

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Теория металлургических процессов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**7 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

252

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 9

аудиторные занятия

204

самостоятельная работа

21

часов на контроль

27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	85	85	85	85
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	85	85	85	85
Итого ауд.	204	204	204	204
Контактная работа	204	204	204	204
Сам. работа	21	21	21	21
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	252	252	252	252

Программу составил(и):

*д.т.н., проф., Богатырева Елена Владимировна; к.т.н., доц., Быстров Сергей Валентинович; к.т.н., проф., Лысенко Андрей Павлович*

Рабочая программа

**Теория металлургических процессов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 16.05.2023 г., №14

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

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также приобретение студентом теоретических знаний и практических умений и навыков в области теории металлургических процессов производства цветных металлов.
1.2	Задачи:
1.3	- изучение термодинамических и кинетических закономерностей процессов, составляющих основу современных металлургических схем производства цветных металлов;
1.4	- овладение принципами научного анализа закономерностей процессов, протекающих в металлургических системах, с целью оптимизации режимов проведения технологических операций, выдачи рекомендаций по интенсификации, а также выбора аппаратов для их осуществления

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.11
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях	
2.1.2	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.1.3	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.1.4	Конструирование литейной оснастки, раздел 2	
2.1.5	Логистика вторичных ресурсов	
2.1.6	Металловедение, часть 2	
2.1.7	Металлургия благородных металлов	
2.1.8	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.1.9	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.1.10	Модельное производство	
2.1.11	Огнеупоры металлургического производства	
2.1.12	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	
2.1.13	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.	
2.1.14	Производство отливок из стали и чугуна	
2.1.15	Производство тяжелых цветных металлов	
2.1.16	Производство ферросплавов	
2.1.17	Разливка стали и спецэлектрометаллургия	
2.1.18	Технологические линии и комплексы ОМД	
2.1.19	Физико-механические свойства металлов	
2.1.20	Химия окружающей среды	
2.1.21	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД	
2.1.22	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.1.23	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.1.24	Конструирование литейной оснастки, раздел 1	
2.1.25	Металловедение, часть 1	
2.1.26	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.27	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.1.28	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.1.29	Метрология и измерительная техника	
2.1.30	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.31	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.1.32	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.1.33	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.1.34	Технологии и оборудование для модификации поверхности	
2.1.35	Технология композиционных материалов	
2.1.36	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.1.37	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.1.38	Металлургия алюминия и магния	
2.1.39	Многокомпонентные диаграммы состояния	

2.1.40	Научные основы нанесения покрытий
2.1.41	Обогащение руд
2.1.42	Оборудование для процессов порошковой металлургии
2.1.43	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов
2.1.44	Основы бизнеса в металлургии
2.1.45	Основы минералогии и петрографии
2.1.46	Основы электрометаллургического производства
2.1.47	Прикладная кристаллография
2.1.48	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.49	Производство стали в конвертерах
2.1.50	Процессы формования и спекания металлических порошков
2.1.51	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением
2.1.52	Рециклинг металлов
2.1.53	Теория индустриальных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.1.54	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента
2.1.55	Технология литейного производства
2.1.56	Физико-химические процессы в литейном производстве
2.1.57	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов
2.1.58	Инженерные расчеты в металлургии
2.1.59	Методы исследования свойств металлов и сплавов
2.1.60	Организация и математическое планирование эксперимента
2.1.61	Органическая химия в металлургии
2.1.62	Основы пиро- и гидрометаллургического производства
2.1.63	Основы теории литейных процессов
2.1.64	Потребительские свойства металлургической продукции
2.1.65	Процессы получения металлических порошков
2.1.66	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий
2.1.67	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации
2.1.68	Термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.1.69	Технологические измерения и приборы
2.1.70	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.1.71	ARTCAD
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.2	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.3	Дизайн литого изделия
2.2.4	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства
2.2.5	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности
2.2.6	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.7	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.8	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей
2.2.9	Моделирование технологических процессов
2.2.10	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.11	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.12	Особенности получения высокоточных отливок
2.2.13	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.14	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.15	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.16	Производство прямовосстановленного железа
2.2.17	Промышленная экология и технологии декарбонизации
2.2.18	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.19	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов

2.2.20	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.21	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.22	СВС-технологии получения неорганических материалов
2.2.23	Современные производственные технологии
2.2.24	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.25	Технологии Big Data
2.2.26	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.27	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.28	Экодизайн и зеленые технологии
2.2.29	Экология литейного производства
2.2.30	Автоматизация процессов экстракции
2.2.31	Аддитивные технологии в литейном производстве
2.2.32	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.33	Аффинаж благородных металлов
2.2.34	Дефекты в отливках, способы выявления и устранения
2.2.35	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение
2.2.36	Инженерия биоповерхностей
2.2.37	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.38	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.39	Материалы на основе углерода
2.2.40	Металловедение, часть 3
2.2.41	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.42	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.43	Моделирование литейных процессов
2.2.44	Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств
2.2.45	Оборудование и технологии специальной электрометаллургии
2.2.46	Обращение со шлаками и шламами
2.2.47	Планирование эксперимента
2.2.48	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.49	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.50	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.51	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства свинца, цинка и сопутствующих элементов
2.2.52	Совмещенные процессы деформационно-термической обработки
2.2.53	Современные методы металлургии и машиностроения
2.2.54	Современные технологические решения в деформационной обработке металлов и сплавов
2.2.55	Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния
2.2.56	Техногенное сырье и вторичные ресурсы
2.2.57	Технологические основы аддитивного производства и специальной электрометаллургии
2.2.58	Технология производства твердых сплавов
2.2.59	Экологическая экспертиза
2.2.60	Научно-исследовательская работа
2.2.61	Научно-исследовательская работа
2.2.62	Научно-исследовательская работа
2.2.63	Научно-исследовательская работа
2.2.64	Научно-исследовательская работа
2.2.65	Научно-исследовательская работа
2.2.66	Научно-исследовательская работа
2.2.67	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.68	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.69	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.70	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.71	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.72	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

2.2.73	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
--------	--

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

<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31 Теоретические и технологические основы типовых процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений	
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 Методы проведения исследований и разработок в области теории металлургических процессов производства цветных металлов	
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-2-У1 Решать нестандартные задачи профессиональной деятельности в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов	
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У1 Применять методы анализа результатов исследований и разработок, интерпретировать результаты и делать выводы в области теории металлургических процессов производства цветных металлов	
<b>ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-2-В1 Навыком критического анализа проблемных ситуаций в производстве цветных металлов на основе системного подхода и выработке стратегии действий	
<b>ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-1-В1 Навыком анализа результатов и наблюдений, интерпретации результатов и формулировки выводов в области теории металлургических процессов производства цветных металлов	

### 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. Теория пирометаллургических процессов. Фазовые диаграммы</b>							
1.1	Фазовые диаграммы в пирометаллургии цветных металлов /Лек/	9	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5 Л1.6Л2.3 Л2.4 Л2.8 Э1 Э2 Э5			
1.2	Применение диаграмм состояния для анализа пирометаллургических процессов и систем /Пр/	9	6	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.6 Л1.11Л2.3 Л2.4 Л2.11 Э1 Э2 Э4			Р3
	<b>Раздел 2. Теория пирометаллургических процессов. Термодинамика основных физико-химических процессов</b>							
2.1	Основы термодинамического анализа процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов. /Лек/	9	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5 Л1.6Л2.8 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3			

2.2	Термодинамические расчеты процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов. Построение потенциальных диаграмм. Термодинамический анализ типичных процессов применительно к пирометаллургии цветных металлов. Контрольная работа №1.1 /Пр/	9	14	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.5 Л1.11Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э5			
2.3	Лабораторная работа №1.1. Определение термодинамических величин химической реакции в интервале температур /Лаб/	9	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.5 Л1.6 Л1.11Л2.3 Л2.5 Л2.9 Л2.13 Э1 Э3 Э5			
2.4	Домашнее задание №1.1. Термодинамические расчеты основных физико-химических процессов процессов в пирометаллургии и построение потенциальных диаграмм для систем без образования растворов. /Ср/	9	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.5 Л1.11Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
	<b>Раздел 3. Теория пирометаллургических процессов. Теория пирометаллургических процессов. Динамика металлургических процессов</b>							
3.1	Динамика физико-химических процессов в металлургии. /Лек/	9	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.11 Э1 Э3 Э5			
3.2	Исследование динамики металлургических процессов в гетерогенных системах /Пр/	9	6	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.6 Л1.11Л2.3 Л2.4 Л2.9 Э1 Э2 Э5			Р5
3.3	Лабораторная работа №1.2. Анализ кинетики процесса окисления сульфидов /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.3 Л2.9 Л2.13 Э1 Э2 Э5			
3.4	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/	9	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5 Л1.6 Л1.11Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			

	<b>Раздел 4. Теория пирометаллургических процессов. Расплавление фаз и потери цветных металлов в пирометаллургических процессах</b>							
4.1	Формы потерь цветных металлов со шлаками. /Лек/	9	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.3 Л2.5 Э1 Э5			
4.2	Влияние физико-химических условий на потери цветных металлов со шлаками. Контрольная работа №1.2 /Пр/	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.5 Л1.6 Л1.11Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э5			
4.3	Лабораторная работа №1.3 Исследование влияния различных факторов на растворимость меди в шлаках /Лаб/	9	3	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.4 Л2.9 Л2.13 Э1 Э5			
4.4	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/	9	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л1.11Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	
	<b>Раздел 5. Теория пирометаллургических процессов. Физико-химические свойства фаз пирометаллургических процессов</b>							
5.1	Общие физико-химические свойства твердых, жидких и газовой фаз. /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.6Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э5			
5.2	Лабораторная работа №1.4. Определение основных физических свойств жидкости /Лаб/	9	5	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.5 Л1.11Л2.4 Л2.9 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2 Э5			Р7
5.3	Расчеты свойств идеальных газов и химических равновесий в системе газ-жидкость-твердое. /Пр/	9	6	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.5 Л2.9 Л2.11 Э1 Э2 Э3 Э5			Р2
5.4	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/	9	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.5 Л1.11Л2.4 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			



	<b>Раздел 6. Теория гидрометаллургических процессов. Выщелачивание</b>							
6.1	Задачи курса. Принципиальная гидрометаллургическая схема переработки сырья, её структура. Термодинамика процесса выщелачивания. Виды выщелачивания. Термодинамика простого растворения. Свойства воды как растворителя. Энергия гидратации ионов. Энергия кристаллической решетки. Методы их определения. Оценка термодинамической вероятности процесса выщелачивания. Методы экспериментального определения и расчета энергии Гиббса и константы равновесия для реакций различных типов. /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4 Л1.8Л2.10 Э1 Э2 Э3 Э6			
6.2	Практическое занятие "Термодинамика процесса выщелачивания". Определение термодинамической вероятности процесса выщелачивания. Расчёт термодинамически необходимого количества реагента /Пр/	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.4 Л1.8 Л1.10			Р11

6.3	Кинетика процесса выщелачивания. Общее уравнение потока выщелачивания, вывод. Области протекания процесса. Понятие лимитирующей стадии. Особенности кинетики процесса с участием газообразного реагента. Закономерности протекания процесса во внешнедиффузионной области. Метод вращающегося диска и преимущества его использования для исследования кинетики взаимодействия в системе "твердое - жидкость". Виды внутридиффузионного сопротивления. Критерий Пиллинга – Бедвордса. Закономерности протекания процесса в кинетической области. Общее дифференциальное уравнение скорости химической реакции. /Лек/	9	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4 Л1.10Л2.10 Э6			
6.4	Практическое занятие "Кинетика процесса выщелачивания". Анализ кинетических закономерностей процесса выщелачивания с целью оптимизации режимов и выдачи рекомендаций по их интенсификации /Пр/	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8			Р12
6.5	Лабораторная работа №2.1. Исследование кинетики процесса выщелачивания /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.10			Р13
6.6	Домашнее задание №2.1. Термодинамика и кинетика процесса выщелачивания /Ср/	9	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.8 Э1 Э2 Э6			Р14
	<b>Раздел 7. Теория гидрометаллургических процессов. Экстракция</b>							
7.1	Общая характеристика. Области использования. Требования к экстрагентам. Классификация экстракционных процессов и типы экстрагентов. Механизмы экстракции. Основное условие разделение металлов экстракцией. Кинетика экстракции. Синергетный эффект. Расчет числа теоретических ступеней экстракции /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4Л2.7 Л2.14 Э1 Э2 Э3 Э6			

7.2	Термодинамические расчеты процесса экстракции. Аналитический и графический расчет теоретических ступеней экстракции. Принципы соединения экстракторов в каскады и их расчёт для извлечения и разделения металлов /Пр/	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8			P15
7.3	Лабораторная работа №2.2. Исследование процесса экстракции редких металлов трибутилфосфатом /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.10Л2.7 Л2.14			P16
7.4	Домашнее задание №2.2. Термодинамические расчеты процесса экстракции /Ср/	9	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8 Э1 Э2 Э3 Э6			
	<b>Раздел 8. Теория гидрометаллургических процессов. Ионный обмен</b>							
8.1	Общая характеристика. Области применения. Типы ионитов, их строение. Основные количественные характеристики. Равновесие и селективность ионного обмена. Кинетика ионного обмена. Ионный обмен в колоннах и из пульпы. Сорбционное выщелачивание. Аппараты ионного обмена. Электродиализ /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4Л2.7 Л2.14 Э1 Э2 Э3 Э6			
8.2	Термодинамические и кинетические расчёты ионообменных процессов /Пр/	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8			P18
8.3	Лабораторная работа №2.3. Исследование процесса ионного обмена /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.10			P16
8.4	Домашнее задание №2.3. Термодинамические и кинетические расчеты процесса ионного обмена /Ср/	9	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8Л2.7 Л2.14 Э1 Э6			P20
	<b>Раздел 9. Теория гидрометаллургических процессов. Осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов и кристаллизация</b>							

9.1	<p>Факторы, влияющие на растворимость малорастворимых соединений (гидролиз аниона или катиона, ионная сила раствора, рН раствора, присутствие комплексообразующих лигандов).</p> <p>Зависимость рН гидратообразования от произведения растворимости гидроксида, активности иона металла в растворе, заряда иона.</p> <p>Условия осаждения основных солей и сульфидов. Разделение металлов осаждением труднорастворимых соединений.</p> <p>Закономерности соосаждения примесей.</p> <p>Термодинамика кристаллизации.</p> <p>Диаграммы двух – и трехкомпонентных систем с участием воды. Способы создания пересыщенных растворов, их количественные характеристики, факторы устойчивости. Гомогенный и гетерогенный механизм образования зародышей.</p> <p>Скорость массовой кристаллизации. /Лек/</p>	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э6			
9.2	<p>Условие осаждение малорастворимых соединений из растворов.</p> <p>Термодинамика кристаллизации соединений металлов из растворов. Диаграммы растворимости двойных и тройных систем с участием воды. Технологические расчеты процессов и аппаратов осаждения малорастворимых соединений и кристаллизации /Пр/</p>	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8			P21
9.3	<p>Лабораторная работа №2.4. Исследование процесса осаждения малорастворимых соединений /Лаб/</p>	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.10 Л1.12			P19
9.4	<p>Домашнее задание №2.4. Кристаллизация и осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов /Ср/</p>	9	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.4 Л1.8 Э1 Э2 Э6			P23

	<b>Раздел 10. Теория гидрометаллургических процессов. Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами. Цементация</b>							
10.1	Термодинамика восстановления водородом. Механизм и кинетика восстановления водородом. Выделение малорастворимых оксидов низшей валентности. Восстановление другими газами.  Термодинамика процесса цементации. Требования к цементатору. Механизм и кинетика цементации: основные стадии процесса, виды поляризации. /Лек/	9	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э6			
10.2	Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементации /Пр/	9	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.8			Р24
	<b>Раздел 11. Теория электрометаллургических процессов</b>							
11.1	Термодинамическая возможность химических реакций. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных химических реакций. Адсорбция на однородных и неоднородных поверхностях, основные типы изотерм. Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы: причина возникновения, уравнение и расчет равновесных потенциалов. Выбор относительной шкалы потенциалов. Диаграмма термодинамической устойчивости воды. /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			

11.2	Явления адсорбции при возникновении двойного электрического слоя (ДЭС). Процессы заряжения и разряда двойного слоя. Теории, строение и методы исследования ДЭС в электролитах различного вида. Кинетика электродных реакций. Основные понятия: поляризации, поляризационные кривые, механизм протекания электрохимических реакций, методы снятия поляризационных кривых. Принцип независимости электрохимических реакций. Различные виды замедленных стадий: электрохимический акт, диффузия, образование новой фазы ( кристаллизация). Основные уравнения диффузионной кинетики с учетом миграции и конвекции и их анализ. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Тафеля и определение электрохимических параметров. /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			
------	--	---	---	-----------------	--------------------------------	--	--	--

11.3	Кинетика реакций при электроосаждении и растворении металлов. Механизм электрокристаллизации и основные уравнения этого процесса. Влияние поверхностно- активных веществ на рост кристаллов. Влияние на структуру и свойства гальванических осадков состава электролита (природы и концентрации ионов основного металла, ионов других металлов, рН, поверхностно-активных веществ), режима электролиза (плотности тока, температуры перемешивания, нестационарных условий), состояния поверхности катода. Причины образования губчатых осадков и методы их устранения. Условия и механизм образования блестящих осадков. Условия совместного разряда ионов металла при получении электролитических покрытий и металлов. Особенности анодного растворения металлов /Лек/	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			
------	---	---	---	-----------------	--------------------------------	--	--	--

11.4	<p>Растворение металлов в активном и пассивном состоянии. Влияние состава раствора на кинетику окисления металлов в активном состоянии. Стадийное протекание электрохимического акта при анодном растворении металла. Кинетика электродных реакций при электрохимическом синтезе, электролизе растворов без выделения металлов и размерной обработке металлов. Характерные особенности процессов электрохимического синтеза, связанные с многостадийностью процессов окисления и восстановления при образовании сложных неорганических и органических соединений. Роль состояния поверхности электрода. Электродный потенциал и селективность процессов электрохимического окисления и восстановления.</p> <p>/Лек/</p>	9	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			
------	---	---	---	-----------------	--------------------------------	--	--	--



11.5	<p>Метод поляризационных кривых. Определение замедленной стадии с помощью вращающегося электрода и температурно-кинетическим методом. Определение тока обмена, коэффициентов переноса и числа электронов, участвующих в электрохимической реакции. Применение релаксационных потенциостатических методов для исследования механизма электрохимической реакции. Основной потенциостатический метод. Метод ступенчатого изменения потенциала. Циклический потенциостатический метод. Релаксационные гальваностатические методы. Основной гальваностатический метод. Циклический гальваностатический метод. Двухимпульсный гальваностатический метод. Хронопотенциометрия. Кулоностатический и кулонометрический методы. Переменноточковые методы. Метод фарадеевского импеданса. Классификация методов испытаний устойчивости конструкционных материалов к различным видам коррозии. Ускоренные испытания их преимущества и ограничения. Методы испытания на газовую коррозию. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах. Метод поляризационного сопротивления. Химические и электрохимические методы оценки устойчивости к межкристаллитной и питтинговой коррозии. Контроль коррозии в условиях эксплуатации. /Лек/</p>	9	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			
------	---	---	---	-----------------	--------------------------------	--	--	--

11.6	<p>Теоретические основы коррозионных процессов, методы защиты от коррозии</p> <p>Определение термина «коррозия», основные задачи и перспективы развития теории и практики. Химический и электрохимический механизм растворения металлов.</p> <p>Электрохимическая коррозия («саморастворение»). Понятие о коррозии с вытеснением водорода и восстановлением кислорода (с «водородной и кислородной деполяризацией»). Другие возможные окислители в коррозионных процессах. Термодинамическая возможность «саморастворения» металлов.</p> <p>Электрохимическая гетерогенность поверхности твердых металлов. Вторичные процессы и продукты коррозии и их роль в коррозионных процессах. Кинетическая теория коррозии металлов. Уравнение потенциала и тока коррозии при различных механизмах протекания коррозионных процессов и их анализ. Теория Де ля Рива – ее прогрессивная роль и недостатки. Коррозия технических металлов. Роль природы примеси в основном металле на скорость коррозии. Диаграммы Эванса. Анодные процессы при коррозии металлов. Диаграммы Пурбе, принцип их построения. Природа пассивности металлов, ее характеристики и их зависимость от природы металла, состава среды, температуры. Методы защиты от коррозии. Теория и аппаратное оформление. Классификация этих методов.</p> <p>/Лек/</p>	9	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			
------	---	---	---	-----------------	--------------------------------	--	--	--

11.7	Основы электрохимии, металловедения, физической и органической химии. Различные типы равновесных потенциалов. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Водородный и кислородный электроды. Термодинамическая оценка возможности электрохимических реакций, включая анодное растворение и катодное осаждение металлов. Расчет равновесных потенциалов для различных реакций и расчет равновесного напряжения электрохимических систем разного вида. Основные особенности кинетики и механизма катодного восстановления кислорода и выделения водорода. Влияние на скорость этих процессов природы металла, состава раствора и строения ДЭС. Электродная поляризация и перенапряжение. Гальванические и потенциостатические методы снятия поляризационных кривых и их анализ. Истинные зависимости скорости процесса от потенциала и поляризационные кривые. Связь скорости электрохимической реакции со скоростью химической. Контрольная работа №3.1 /Пр/	9	17	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6		КМ4	Р25
11.8	Лабораторная работа №3.1 Электрохимическое производство меди /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.7 Л1.9			
11.9	Лабораторная работа №3.2. Электролитическое рафинирование меди /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.7 Л1.9			
11.10	Лабораторная работа №3.3. Электролиз расплава хлорида свинца /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.7 Л1.9			
11.11	Лабораторная работа №3.4. Получение алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.7 Л1.9			
11.12	Домашнее задание №3.1 /Ср/	9	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			Р31

11.13	Метод нанесения электролитических покрытий: катодные и анодные покрытия. Химические способы получения покрытий из водных и расплавленных солевых электролитов. Диффузионный способ получения покрытий. Основные электролитические покрытия: цинковые и цинкосодержащие, кадмиевые, оловянные и свинцовые, никелевые, хромовые, латунные, алюминиевые и другие. Электрохимическая коррозия: термодинамика процесса, равновесные диаграммы состояния системы металл-вода, общая и местная коррозия, пассивность. Газовая коррозия /Лек/	9	3	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			
-------	---	---	---	-----------------	--------------------------------	--	--	--

11.14	<p>Теоретические основы электрохимических производств, их классификация и аппаратное оформление. Электролитические покрытия с функциональными свойствами: твердое и износостойкое хромирование, оксидирование алюминия, серебрение и золочение, латунирование, оловянирование, свинцевание и другие. Электролитическое производство хлора и щелочей. Механизм катодных и анодных процессов при электролизе хлоридов. Процессы, происходящие в объеме раствора и их влияние на направление электродных реакций. Принципы электролиза растворов хлоридов с фильтрующей диафрагмой и твердым катодом. Электродные материалы, диафрагмы, мембраны. Конструкции электролизеров с твердым катодом. Теоретические основы коррозионных процессов, методы защиты от коррозии. Классификация методов испытаний устойчивости конструкционных материалов к различным видам коррозии. и методы определения скорости и потенциала коррозии. Ускоренные испытания их преимущества и ограничения. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах. Методы снятия поляризационных кривых. Контрольная работа №3.2 /Пр/</p>	9	8	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6		КМ4	Р33
11.15	Лабораторная работа №3.5. Электролитическое рафинирование алюминия по трехслойному способу /Лаб/	9	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.7 Л1.9 Э6			
11.16	Домашнее задание №3.2 /Ср/	9	3	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.6 Э6			Р32

**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 №1.1	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	<p>Дайте определение понятию “поверхностное натяжение жидкости”.</p> <p>Сформулируйте основную задачу металлургического производства.</p> <p>На какие два основных типа подразделяются металлургические процессы? Сформулируйте их отличительные черты.</p> <p>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 №1.2	ПК-1-31;ПК-2-31;ПК-1-У1	<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	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	<p>Перечень примерных вопросов по разделам:</p> <p>1. Теория пиromеталлургических процессов:  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.  Какие металлы технически возможно (легче всего) получить из оксидов вакуумированием? Дайте обоснование ответа.  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.  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>).  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?  Для чего необходим окислительный обжиг сульфидных медных концентратов? Напишите реакцию, определяющую его суть.  Объясните с точки зрения механизма взаимодействия кислорода и твердых сульфидных частиц высокую производительность обжига в кипящем слое.  Что такое гетерогенизация шлака? К чему приводит гетерогенизация шлака по кремнезему и магнетиту?  С точки зрения механизма окисления объясните влияние температуры на производительность окислительного обжига сульфидных медных концентратов.  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{Cuшл}</math> от <math>\text{Cuшт}</math>).  Что такое коалесценция капель штейна?  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>.  Какие термодинамические функции определяют сродство металла к кислороду?  Оксид какого края области гомогенности (металлического или кислородного) будет иметь большую величину равновесного <math>\text{PO}_2</math>?  Как изменится величина равновесного давления кислорода при увеличении активности оксида в расплаве и почему?</p> <p>2. Теория гидрометаллургических процессов:  Чем определяется диссоциирующие свойства воды как растворителя ионных соединений?  Почему при значительных отрицательных значениях энергии Гиббса реакция может не протекать? Как экспериментально определить константу равновесия при температурах выше и ниже <math>100^\circ\text{C}</math>?  Почему при повышении температуры энергия активации процесса как правило уменьшается?  Как объяснить отрицательный порядок процесса по реагенту?  Преобразовать общее уравнение потока для заданных характеристиках процесса выщелачивания.  В каких случаях используют выщелачивание в автоклавах?  Какие ионогенные группы входят в состав катионитов, анионитов и амфолитов?  Каковы закономерности пленочной и гелевой кинетики в процессе ионного обмена?  Что такое элюэтная хроматография?  Что такое КПД использования емкости смолы?</p>
-----	------------------	---------------------------------	---



		<p>Что такое ПОЕ, ДОЕ, РОЕ, СОЕ?          Что такое электролиз? Каково его применение?          Каковы области применения жидкостной экстракции?          Перечислить основные количественные характеристики процесса экстракции.          Каковы механизмы процесса экстракции?          Какие стадии могут лимитировать процесс экстракции?          Что такое произведение растворимости и растворимость малорастворимого соединения?          Что такое изоморфизм?          Перечислить возможные варианты соосаждения примесей?          Каковы закономерности осаждения гидроксидов, основных солей, сульфидов?          Каковы количественные характеристики пересыщенных растворов?          В чем отличия условия массовой кристаллизации от условий роста одиночного кристалла?          Какие схемы дробной кристаллизации используют для разделения близких по свойству металлов?          Как изменится потенциал металла, если в раствор ввести комплексообразующий лиганд?</p> <p>3. Теория электрометаллургических процессов:          Технологическая схема получения водорода электролизом воды.          Особенности процесса электролиза расплава          Технологическая схема получения хлора и щелочи с применением диафрагменных электролизеров.          Электролит и электроды при получении хлора и щелочи в диафрагменном электролизере.          Характеристика комплексных электролитов в гальванотехнике.          Основные и побочные реакции при электросинтезе пероксодисерной кислоты.          Первичные реакции при получении хлора и щёлочи в диафрагменном электролизере.          Влияние скорости циркуляции электролита на выход по току хлора и щелочи в диафрагменном электролизере.          Теория процесса электрорафинирования алюминия.          Рассеивающая способность электролитов.          Обоснование температуры электролита и плотности тока при получении водорода электролизом воды.          Теория экстракции цинка электролизом из сульфатного электролита.          Выбор температуры и плотности тока для хлорного диафрагменного электролизера.          Электродные реакции при электролизе криолитоглиноземного расплава. Побочные процессы, включая анодный эффект.          Характеристика простых электролитов в гальванотехнике. Выбор гальванического покрытия.          Закономерности электрокристаллизации металла.          Выбор температуры расплава, плотности тока и криолитового отношения при получении алюминия электролизом.          Структура гальванического осадка, основные закономерности.          Электродные процессы при электролизе воды. Механизм образования газообразного водорода.          Теория процесса электрохимического оксидирования алюминия.          Роль плотности тока, температуры и циркуляции электролита при электроэкстракции цинка.          Электрохимическое полирование металла. Теория процесса, преимущества и</p>
--	--	--

		<p>недостатки метода.</p> <p>Перспективы развития производства водорода электролизом воды.</p> <p>Обоснование и свойства электролита для получения алюминия из криолитоглиноземного расплава.</p> <p>Перспективы развития производства хлора и щелочи альтернативными методами (ДЭ, РЭ, МЭ).</p> <p>Обоснование плотности тока, состава и температуры электролита при электрорафинировании меди.</p> <p>Получение водорода электролизом воды под давлением.</p> <p>Технологические варианты никелирования.</p> <p>Электрорафинирование и электроэкстракция металлов, характерные особенности.</p> <p>Влияние технологических факторов на выход по току металла при электролизе расплава.</p> <p>Влияние ПАВ на свойства гальванических покрытий. Примеры</p> <p>Свойства гальванических покрытий, влияние структуры осадка.</p> <p>Теория электрорафинирования меди. Поведение примесей.</p> <p>Побочные реакции при получении хлора и щелочив диафрагменном электролизере.</p> <p>Пути повышения равномерности толщины гальванического осадка.</p> <p>Обоснование электролита и электродов при получении водорода электролизом воды.</p> <p>Обоснование плотности тока, концентрации и температуры электролита при электросинтезе пероксодисерной кислоты.</p> <p>Выбор состава и концентраций электролита при электроэкстракции цинка из сульфатного электролита.</p> <p>Теория получения хлора и щелочи в мембранном электролизере.</p> <p>Технология получения медного порошка электролизом.</p> <p>Технологическая схема электрорафинирования меди.</p> <p>Типовая технологичная схема нанесения гальванического покрытия на металлическую поверхность.</p> <p>Технологические варианты электроокисидирования алюминия.</p> <p>Гальванопластика , сущность метода и типовая технологическая схема.</p> <p>Теория и технология электрохимического никелирования.</p> <p>Устройство и принцип работы фильтрпрессного (биполярного) электролизера для электролиза воды.</p> <p>Устройство и эксплуатация электролизной ванны для электроэкстракции цинка.</p> <p>Устройство и условия эксплуатации электролизера для электрорафинирования алюминия.</p> <p>Устройство и условия эксплуатации диафрагменного электролизера для получения хлора и щелочи.</p> <p>Устройство и принцип работы электролизной ванны для электрорафинирования меди.</p> <p>Устройство и варианты конструкции гальванической ванны.</p> <p>Устройство и условия эксплуатации мембранного электролизера для получения хлора и щелочи.</p> <p>Устройство и условия эксплуатации электролизера с обожженными анодами для получения алюминия.</p> <p>Устройство и принцип работы щелевого электролизера для получения пероксодисерной кислоты.</p> <p>Устройство и условия эксплуатации электролизной ванны для электроэкстракции цинка</p>
--	--	--



КМ4	Контрольная работа №3.1	ПК-1-31;ПК-2-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кинетика электродных процессов. Связь между скоростью химической и электрохимической реакции. Поляризационная кривая электродного процесса.</li> <li>2. Поляризация электрода. ЭДС поляризации. Понятие о компромиссном (бестоковом) потенциале.</li> <li>3. Стадии электродного процесса. Понятие лимитирующей стадии электродного процесса.</li> <li>4. Механизмы массопереноса вещества к поверхности электрода.</li> <li>5. Методы получения поляризационных кривых и их анализ.</li> <li>6. Понятие о перенапряжении электродного процесса. Виды перенапряжений.</li> <li>7. Понятие о диффузионном перенапряжении. Диффузионный слой.</li> <li>8. Основные уравнения диффузионной кинетики.</li> <li>9. Решений уравнений диффузионной кинетики для условий стационарной диффузии.</li> <li>10. Диффузионное перенапряжение для процесса анодного растворения металлов.</li> <li>Причины, вызывающие появление предельных токов.</li> <li>11. Перенапряжение с учетом миграции.</li> <li>12. Решение уравнений диффузионной кинетики для окислительно-восстановительных реакций.</li> <li>13. Потенциал полуволны. Уравнение полярографической волны и его анализ.</li> <li>14. Способы снижения диффузионного перенапряжения. Роль диффузионного перенапряжения в прикладной электрохимии.</li> <li>15. Теория конвективной диффузии.</li> <li>16. Вращающийся дисковый электрод и вращающийся дисковый электрод с кольцом.</li> <li>17. Перенапряжение электрохимической стадии. Использование принципа Бренстеда в теории электрохимического перенапряжения.</li> <li>18. Основные уравнения теории замедленного разряда.</li> <li>19. Решение уравнения Фольмера для области больших, малых перенапряжений, относительно равновесных условий.</li> <li>20. Коэффициент переноса, плотность тока обмена, стандартная плотность тока обмена, константа скорости электродного процесса. Способы определения и вычисления.</li> <li>21. Поляризационная кривая при замедленной стадии переноса заряда в координатах потенциал- логарифм плотности тока.</li> <li>22. Поляризационная кривая при электрохимическом перенапряжении в координатах Есина - Маркова.</li> <li>23. Влияние строения ДЭС на скорость стадии разряда-ионизации.</li> <li>24. Уравнение Тафеля. Физический смысл констант уравнения Тафеля, способы их определения.</li> <li>25. Стадийность электрохимического акта. Кинетические уравнения для двухэлектронной реакции.</li> <li>26. Стадийные электрохимические реакции с переносом <math>z</math> электронов (<math>Z &gt; 2</math>).</li> <li>27. Кажущиеся коэффициенты переноса. Определение замедленной стадии на основании анализа поляризационной кривой при стадийном переносе электронов.</li> <li>28. Стадийные электродные реакции с кратным повторением замедленной стадии.</li> <li>29. Стехиометрическое число электродной реакции.</li> <li>30. Электрохимические реакции, включающие быстрые химические стадии. Порядок электрохимической реакции.</li> <li>31. Методы определения порядков электрохимических реакций.</li> <li>32. Теория элементарного акта Гориучи - Поляни.</li> <li>33. Влияние материала электрода и природы растворителя на энергию активации стадии разряда – ионизации.</li> <li>34. Недостатки теории элементарного акта Гориучи – Поляни.</li> </ol>
-----	-------------------------	-----------------	---

			34. Теория реорганизации растворителя.
КМ5	Контрольная работа №3.2	ПК-1-31;ПК-2-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Связь между идеальной и реальной энергией активации. Зависимость энергии активации от перенапряжения.</li> <li>2. Безбарьерные и безактивационные электрохимические реакции. Условия их протекания.</li> <li>3. Основные закономерности смешанной кинетики.</li> <li>4. Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения.</li> <li>5. Реакционное перенапряжение при замедленности гетерогенного химического перенапряжения.</li> <li>6. Реакционное перенапряжение при замедленности гомогенного химического перенапряжения. Предельная плотность тока химической реакции.</li> <li>7. Определение порядков химической реакции.</li> <li>8. Возможные пути и стадии катодного выделения водорода.</li> <li>9. Общие закономерности катодного выделения водорода.</li> <li>10. Влияние состава раствора на перенапряжение выделения водорода.</li> <li>11. Рекомбинационная теория водородного перенапряжения.</li> <li>12. Электрохимический механизм удаления адсорбированного водорода.</li> <li>13. Кинетика выделения кислорода из водных растворов.</li> <li>14. Возможные механизмы анодного образования кислорода. Установление природы замедленной стадии.</li> <li>15. Влияние строения ДЭС на кинетику выделения кислорода.</li> <li>16. Роль адсорбции органических веществ в кинетике электродных процессов.</li> <li>17. Кинетика электрохимического восстановления кислорода в кислой среде.</li> <li>18. Кинетика электрохимического восстановления кислорода в щелочной среде.</li> <li>19. Кинетика реакций электрохимического окисления и восстановления.</li> <li>20. Теория процессов электрохимического окисления и восстановления. Присоединение электронов как скорость определяющая стадия.</li> <li>21. Кинетика окислительно-восстановительных процессов с участием адсорбированных атомов водорода.</li> <li>22. Присоединение активированных ионов водорода как скорость определяющая стадию процесса электровосстановления.</li> <li>23. Основные положения совмещенных электродных реакций.</li> </ol>

**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
P1	Домашнее задание №1.1	ПК-1-У1;ПК-2-У1	<p>Варианты домашнего задания</p> <p>Вариант 1. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы Pb-O в координатах <math>\lg PO_2 - T</math> в диапазоне от 800 – 1700 К и 10-20 – 1 атм.</p> <p>Вариант 2. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы Fe-O в координатах <math>\lg PO_2 - T</math> в диапазоне от 800 – 1750 К и 10-20 – 1 атм.</p> <p>Вариант 3. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы Mn-O в координатах <math>\lg PO_2 - T</math> в диапазоне от 850 – 1800 К и 10-25 – 1 атм.</p> <p>Вариант 4. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы Cu-O в координатах <math>\lg PO_2 - T</math> в диапазоне от 500 – 1500 К и 10-30 – 1 атм.</p> <p>Вариант 5. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы Ni-O в координатах <math>\lg PO_2 - T</math> в диапазоне от 800 – 1700 К и 10-20 – 1 атм.</p>
P2	Практическое занятие №1.1	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-31	Расчеты свойств идеальных газов и химических равновесий в системе газ- жидкость-твердое
P3	Практическое занятие №1.2	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-31	Применение диаграмм состояния для анализа пирометаллургических процессов и систем

P4	Практическое занятие №1.3	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-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 №1.4	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Исследование динамики металлургических процессов в гетерогенных системах
P6	Практическое занятие №1.5	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Влияние физико-химических условий на потери цветных металлов со шлаками
P7	Лабораторная работа №1.1	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Определение основных физических свойств жидкости
P8	Лабораторная работа №1.2	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Определение термодинамических величин химической реакции в интервале температур
P9	Лабораторная работа №1.3	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Анализ кинетики процесса окисления сульфидов
P10	Лабораторная работа №1.4	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Исследование влияния различных факторов на растворимость меди в шлаках
P11	Практические занятия "Термодинамика процесса выщелачивания"	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	1. Экспериментальные и расчетные методы определения константы равновесия реакции; 2. Определение термодинамической вероятности процесса выщелачивания; 3. Расчёт термодинамически необходимого количества реагента
P12	Практические занятия "Кинетика процесса выщелачивания"	ПК-1-У1;ПК-2-31	Анализ кинетических закономерностей процесса выщелачивания с целью оптимизации режимов и выдачи рекомендаций по их интенсификации
P13	Лабораторная работа №2.1. Исследование кинетики процесса выщелачивания	ПК-1-В1;ПК-2-В1	1. Освоение методики проведения экспериментов по кинетике выщелачивания для определения лимитирующей стадии; 2. Разработка рекомендаций по интенсификации исследуемого процесса выщелачивания Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P14	Домашнее задание №2.1. Термодинамика и кинетика процесса выщелачивания	ПК-1-У1;ПК-2-У1	1. Рассчитать расход реагента для заданных условий 2. Определение кинетических закономерностей процесса выщелачивания с целью оптимизации режимов и выдачи рекомендаций по их интенсификации
P15	Практические занятия "Экстракция"	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	1. Термодинамические расчеты процесса экстракции; 2. Аналитический и графический расчет теоретических ступеней экстракции; 3. Принципы соединения экстракторов в каскады и их расчёт для извлечения и разделения металлов
P16	Лабораторная работа №2.2. Исследование процесса экстракции редких металлов трибутилфосфатом	ПК-1-В1;ПК-2-В1	1. Экспериментальные исследования особенностей процесса экстракции редких металлов ТБФ; 2. Термодинамические расчеты процесса; 3. Определение закономерностей процесса экстракции редких металлов ТБФ  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.

P17	Домашнее задание №2.2. Термодинамические расчеты процесса экстракции	ПК-1-У1;ПК-2-У1	1. Определение закономерностей процесса экстракции в заданной системы; 2. Рекомендации по оптимизации процесса
P18	Практические занятия "Ионный обмен"	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Термодинамические и кинетические расчёты ионообменных процессов
P19	Лабораторная работа №2.3. Исследование процесса ионного обмена	ПК-1-В1;ПК-2-В1	1. Определение закономерностей ионного обмена исследуемой системы; 2. Разработка рекомендаций по оптимизации процесса  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P20	Домашнее задание №2.3. Термодинамические и кинетические расчеты процесса ионного обмена	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Термодинамические и кинетические расчеты процесса ионного обмена в соответствии с заданием
P21	Практические занятия "Осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов и кристаллизация "	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	1.Условие осаждение малорастворимых соединений из растворов; 2. Термодинамика кристаллизации соединений металлов из растворов; 3. Диаграммы растворимости двойных и тройных систем с участием воды; 4. Технологические расчеты процессов и аппаратов осаждения малорастворимых соединений и кристаллизации
P22	Лабораторная работа №2.4. Исследование процесса осаждения малорастворимых соединений	ПК-1-В1;ПК-2-В1	1. Исследование термодинамических и кинетических особенностей процесса осаждения малорастворимых соединений; 2. Исследование влияния условий осаждения на гранулометрический и химический составы и морфологию осадка  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P23	Домашнее задание №2.4. Кристаллизация и осаждение малорастворимых соединений металлов из водных растворов	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Расчет процессов кристаллизации и осаждения малорастворимых соединений металлов из водных растворов
P24	Практические занятия "Осаждение металлов и оксидов из растворов восстановлением водородом и другими газами. Цементация"	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Расчеты процессов осаждения металлов и оксидов из растворов восстановлением газами и цементации в соответствии с заданием

P25	Практические занятия №3.1	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	1.Решение задач на законы Фарадея. 2. Расчёты параметров электрохимической кинетики. 3. Расчёты напряжения разложения. 4. Расчёты параметров диффузионной кинетики. 5. Расчёт состава сплавов
P26	Лабораторная работа №3.1 Электрохимическое производство меди	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Освоение методики электролитического получения меди и определения выхода по току и по энергии  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P27	Лабораторная работа №3.2. Электролитическое рафинирование меди	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Освоение методики рафинирования меди и оценки выхода по току и энергии  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P28	Лабораторная работа №3.3. Электролиз расплава хлорида свинца	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Получение металлического свинца электролизом расплавленной эвтектики $PbCl_2 - NaCl$ и определение выхода металла по току и энергии  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P29	Лабораторная работа №3.4. Получение алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Освоение способа получения алюминия электролизом расплавов и определения выхода алюминия по току и энергии  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P30	Лабораторная работа №3.5. Электролитическое рафинирование алюминия по трехслойному способу	ПК-1-В1;ПК-2-В1	Освоение способа рафинирования алюминия по трехслойному методу и определение выхода металла по току и энергии  Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.



P31	Домашнее задание №3.1	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Раствор соляной кислоты был подвергнут электролизу в приборе для определения чисел переноса с платиновыми электродами. Катодное отделение содержало до электролиза 0,177, а после электролиза 0,163 г-иона хлора. В серебряном кулонометре, включенном последовательно, выделился осадок серебра, эквивалентный 0,0825 г-ионов хлора. Молярная масса серебра равна 107,9 г. Чему равны числа переноса ионов $H_3O^+$ и $Cl^-$ ? Задача 2. В результате электролиза раствора $CuSO_4$ между медными электродами на катоде отложилось 0,2294 г меди. До электролиза раствор у анода содержал 1,1950 г меди, после электролиза – 1,3600 г меди. Молярная масса меди равна 63,5 г.
P32	Домашнее задание №3.2	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Цинковый электрод погружен в 0,1 н – раствор $ZnSO_4$ при 20о С. Вычислить насколько изменится электродный потенциал цинка, если раствор сульфата цинка разбавить в 10 раз. Учесть, что средний коэффициент активности электролита при этом увеличится от 0,40 до 0,64. Задача 2. Окислительно – восстановительный потенциал системы $Fe^{3+}, Fe^{2+}$ в 0,1 н растворе $HCl$ при отношении концентраций двух - и трехвалентных ионов железа, равном 106, составляет 0,387 В. Вычислить стандартный потенциал окислительно – восстановительной системы при 20о С, если средние коэффициенты активности $FeCl_2$ и $FeCl_3$ в указанном растворе равны, соответственно, 0,33 и 0,08.
P33	Практические занятия №3.2	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-31	Расчёты основных термодинамических функций по величине ЭДС

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

Примеры экзаменационных билетов по разделу "Теория пирометаллургических процессов"

Экзаменационный билет № 1

1. Укажите примерные составы наиболее легкоплавких смесей в системах  $FeO-SiO_2$ ,  $Fe-O$ ,  $Fe-S$  и  $FeO-Fe_2O_3-SiO_2$ .

Поясните ответ.

2. Опишите принцип построения изотермических разрезов потенциальной диаграммы (определение границ областей устойчивости различных конденсированных фаз) системы  $Fe-O$  (в координатах  $pO_2-T$ ) 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 –  $FeO$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe_2O_3$ . Выведите уравнение зависимости равновесного  $PO_2$  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  $PO_2$ , на каких падение, а на каких  $PO_2$  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 заглубления 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 30о.

3. Процесс окисления сульфида железа ( $FeS_2$ ) воздухом исследуется при помощи дифференциально-термического метода. Изобразите общий вид экспериментальной установки, общий вид кинетической кривой и опишите механизм процесса окисления пирита кислородом воздухом.

Пример экзаменационного билета по разделу "Теория гидрометаллургических процессов"

1. Во сколько раз (примерно) энергия водородной связи отличается от энергии гидратации однозарядного иона ?

2. Определить расход реагента в кг  $NaF$  на 1 кг  $CaWO_4$  на 95 %-ное извлечение вольфрама в раствор по реакции:

- $\text{CaWO}_4 \text{ тв} + 2 \text{NaF р-р} = \text{Na}_2\text{WO}_4 \text{ р-р} + \text{CaF}_2 \text{ тв}$ ,  
если  $K_c = 1$ ;  $T:Ж=1:4$ ; ( $M_{Ca}=40$ ,  $MW = 184$ ).
3. Определить термодинамическую вероятность реакции:  
 $\text{UO}_2 \text{ тв} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ р-р} = \text{U}(\text{SO}_4)_2 \text{ р-р} + 2 \text{H}_2\text{O}$ ,  
если растворение  $\text{UO}_2$  ведут при 270С обратным раствором с концентрациями  $\text{H}_2\text{SO}_4=0,001 \text{ М/л}$  и  $\text{U}(\text{SO}_4)_2= 0,01 \text{ М/л}$ , а  $\Delta G_{300\text{K}} = -11,55 \text{ кДж/моль}$  ( $-2,76 \text{ Ккал/моль}$ ).
4. Какая стадия лимитирует процесс, если для реакции:  
 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$   
поток  $j = 10^{-6} \text{ моль/(см}^2\cdot\text{с)}$ , исходная концентрация  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 10 \text{ М/л}$ ,  
 $K_v = 10^{-3} \text{ с}^{-1}$  ?
5. Почему в уравнении: , описывающем растворение  $\text{NaCl}$  в воде,  $\delta$  называют эффективной толщиной диффузионного слоя? Изменится ли её величина при растворении  $\text{KCl}$  в воде?
6. Какими способами (не менее трёх) можно уменьшить внутридиффузионное торможение при выщелачивании, сопровождаем образованием плёнок твёрдых продуктов?
7. Приведите примеры (не менее двух) отрицательного порядка процесса выщелачивания по реагенту. Объясните причины.
8. Предложите способ определения сольватного числа при экстракции  $\text{La}^{3+}$  раствором ТБФ при избытке высаливателя:  
 $\text{La}^{3+} + 3\text{NO}_3^- + q\text{ТБФ} = \text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot q\text{ТБФ}$ .  
Почему в данном случае  $q=3$ ?
9. При каком рН извлечение  $\text{Zn}^{2+}$  в органическую фазу при экстракции карбоновой кислотой достигает 90 %, если  $V_o:V_v=1$ , а  $\text{pH}_1/2= 2$  ?
10. В каком случае при анионообменной экстракции комплексных анионов функция коэффициент распределения  $D$  от концентрации лиганда имеет максимум?

Пример экзаменационного билета по разделу "Теория электрометаллургических процессов"

1. Принципы электролитического рафинирования алюминия. Какие примеси остаются в аноде, а какие остаются в расплаве?
2. Диффузионная поляризация. Предельный ток диффузии?
3. Магнийский электролизер на силу тока 140 кА работает со средним выходом по току -80%. (Принять равным для анодного и катодного процессов). Содержание магния в получаемом металле – сырце 99,5%.  
Сколько магния-сырца и хлора может быть получено за один год его непрерывной работе?

#### 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	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидromеталлургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Богатырева Елена Владимировна, Медведев Александр Сергеевич	Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.4	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидрометаллургических процессов. Теория и практика гидрометаллургических процессов, лежащих в основе производства цветных и редких металлов: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.5	Ванюков А. В., Зайцев В. Я.	Теория пирометаллургических процессов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л1.6	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1987
Л1.7	Ветюков М. М., Цыплаков А. М., Школьников С. Н.	Электрометаллургия алюминия и магния: учебник для вузов по спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1987
Л1.8	Зеликман Абрам Наумович, Медведев Александр Сергеевич, Коршунов Борис Георгиевич, Зеликман Абрам Наумович	Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 11.02, 01.2, 21.03	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1992
Л1.9	Москвитин Владимир Иванович	Теория электрометаллургических процессов: Лаборатор. практикум для студ. спец. 1102 и 2102	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л1.10	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидрометаллургических процессов: Сб. тестов для студ. спец. 1102, 2102, 0903	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002
Л1.11	Серов Геннадий Владимирович, Крашенинников Михаил Георгиевич, Падерин Сергей Никитович, Рыжонков Дмитрий Иванович	Физико-химические методы исследования металлургических процессов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1978
Л1.12	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидрометаллургических процессов: Сб. тестов по процессам выделения металлов и их соединений из водных растворов для студ. спец. 110200, 210200, 090300 N 1834	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2003

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Зайков Ю. П., и др.	Электрохимия расплавленных солей: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л2.2	Ванюков А. В., Уткин Н. И.	Комплексная переработка медного и никелевого сырья: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	Челябинск: Metallurgia, 1988
Л2.3	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Краткий курс физической химии: учебник для металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1979
Л2.4	Соколов В. А., Асабин А. Н., Соколов В. А.	Основы теории металлургических процессов: учеб. пособие для студ. спец. 150102 - Metallurgia цветных металлов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГОУ, 2010
Л2.5	Лукашенко Э. Е., Погодаев А. М., Сладкова И. А.	Ч. 1: Пирометаллургия	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1971
Л2.6	Баймаков Ю. В., Журун А. И.	Электролиз в гидрометаллургии: Учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Metallurgia цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1977
Л2.7	Кулифеев Владимир Константинович, Медведев Александр Сергеевич	Metallurgia редкоземельных и радиоактивных редких металлов и проектирование цехов: Разд.: Аффинажные и разделительные процессы в металлургии редкоземельных и радиоактивных металлов: Курс лекций для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1988
Л2.8	Минаев Юрий Алексеевич	Физическая химия: Разд.: Химическая термодинамика и теория растворов: учеб. пособие для студ. спец. 0403, 0405К, 0408, 0411, 0604, 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981
Л2.9	Сорокин Михаил Леонидович, Асабин Александр Николаевич	Теория пирометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.10	Медведев А. С.	Выщелачивание и способы его интенсификации	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.11	Михайлов Г. Г., Леонович Б. И., Кузнецов Ю. С.	Термодинамика металлургических процессов и систем: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л2.12	Апыхтина Ирина Владимировна, Малютина Галина Леонидовна, Родин Алексей Олегович	Физическая химия: Разд.: Термодинамика: Метод. указания студ. всех спец. для подготовки к рейтинговому тестированию	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2001
Л2.13	Ванюков А. В., Асабин Александр Николаевич, Сыромятникова А. С., Ванюков А. В.	Теория пирометаллургических процессов : Лабораторный практикум для студ. спец. 0402, 0402веч., 0403, 0405, 0407	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1981

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.14	Медведев А. С., Коршунов Б. Г.	Физико-химические основы и технология сорбционно- экстракционных процессов и проектирование: Раздел: Теория экстракции. Учеб. пособие для студ. спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1980

### 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>
Э6	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru">https://www.studmed.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	14 рабочих мест, персональный ЭВМ, подключенных к корпоративной сети НИТУ «МИСиС», сетевой принтер, столы, стулья
К-233	Лаборатория	доска маркерная; дистиллятор GFL; печь муфельная - 2 шт.; весы лабораторные - 2 шт.
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-206	Учебная аудитория	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная ИКА EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL

## 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.