

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.03.2023 15:21:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Основы электрометаллургического производства

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 6

в том числе:

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 67

часов на контроль 45

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	67	67	67	67
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.т.н., профессор, Лысенко Андрей Павлович; ассистент, Васильева Елена Сергеевна*

Рабочая программа

**Основы электрометаллургического производства**

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 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , 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 В.П.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины – Научить студентов электрометаллургическому процессу получения и получения алюминия и магния, рафинировать цветные металлы, перерабатывать алюминиевые отходы и лом с получением качественных сплавов, а также обучить их закономерностям различных технологических процессов, обеспечивающих получение конечных продуктов требуемого качества и на базе этих знаний развить у студентов способности принимать современные технические решения по технологическому и аппаратурному оформлению различных процессов, обеспечивающих высокую производительность, безвредные условия труда, защиту окружающей среды и низкие расходные коэффициенты на сырье и энергию.
-----	---

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.2	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.3	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.4	Основы теории литейных процессов	
2.1.5	Процессы и оборудование для получения металлических порошков	
2.1.6	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.7	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Преддипломная практика	
2.2.4	Химия окружающей среды	
2.2.5	Металлургия благородных металлов	
2.2.6	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.7	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.2.8	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика	
2.2.16	Преддипломная практика	
2.2.17	Преддипломная практика	
2.2.18	Преддипломная практика	
2.2.19	Преддипломная практика	
2.2.20	Преддипломная практика	
2.2.21	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов	
2.2.22	Производство отливок из стали и чугуна	
2.2.23	Производство ферросплавов	
2.2.24	Разливка стали и спецэлектрометаллургия	
2.2.25	Технологические линии и системы автоматизации в ОМД	
2.2.26	Технология порошковых материалов и изделий	
2.2.27	Технология твердых сплавов	
2.2.28	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД	

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

**ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов**

**Знать:**

ПК-2-31 Теоретические и технологические основы прогрессивных технологий и новейших способов интенсификации металлургических процессов производства цветных, редких и благородных металлов.

**Уметь:**

ПК-2-У1 Определять цели выполняемой работы и последовательность действий при решении поставленных задач

**Владеть:**

ПК-2-В1 Формирование и аргументация собственных суждений и научной позиции в области разработки и исследований процессов производства цветных металлов и их соединений

**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. Основные понятие и расчеты в электрометаллургии</b>							
1.1	Электрохимические процессы в металлургии. Отличие химических реакций от электрохимических. Преимущества и недостатки электрохимических процессов. Типы электрохимических систем. Типы электродных реакций. Суммарный процесс. Элементы электрохимической термодинамики. Связь между химической и электрической формами энергии. /Лек/	6	6	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2		КМ3	
1.2	Основные законы электролиза. Выход по току. Расход количества электричества и количества электроэнергии. /Лек/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.4Л1.6 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2		КМ3	
1.3	Стандартный и равновесный электродные потенциалы. Ряды напряжений. Напряжение разложения. Практическое использование рядов стандартных потенциалов. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2		КМ3	
1.4	Двойной электрический слой. Ток обмена. Потенциал и распределение концентрации ионов на границе электрод-электролит. /Лек/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л2.4 Л2.5 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2		КМ3	
1.5	Скорость электродного процесса. Стадии электродного процесса. Виды электродной поляризации. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л2.4 Л2.5 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2		КМ3	
1.6	Поляризационные кривые (частные и суммарные). Уравнения электрохимической поляризации (уравнения Тафеля). /Лек/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л2.5 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2		КМ3	

1.7	Ток миграции и ток диффузии. Диффузионный слой. Полный катодный ток. Диффузионная плотность тока. Уравнение полного катодного тока в развёрнутом виде. Уравнение предельного тока диффузии. Основное уравнение диффузионной кинетики. Смешанная кинетика. Полная поляризационная кривая. /Лек/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.6 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.8 Э1 Э2		КМ3	
1.8	Решение задач на законы Фарадея /Пр/	6	10	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.6 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2			Р3
1.9	Расчёты напряжения разложения /Пр/	6	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2			Р2
1.10	Расчёты основных термодинамических функций по величине ЭДС /Пр/	6	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л2.4 Л2.5 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2			Р4
1.11	Контрольная работа 1 /Пр/	6	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л2.4 Л2.5 Л1.3Л2.2 Л2.3 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2		КМ1	
1.12	Домашнее задание /Ср/	6	67	ПК-2-В1	Л2.4 Л2.5 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2			Р1
1.13	Расчет количества электролизеров и электролизных серий в цехе для обеспечения его годовой производительности. Расчет срока службы анодов и их удельного расхода на 1т получаемого алюминия. Расчёты основных термодинамических функций по величине ЭДС. Расчет годовой производительности по алюминию одного электролизера и удельного расхода электроэнергии на 1т получаемого металла. /Пр/	6	8	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Э1 Э2			Р4
	<b>Раздел 2. Кинетика электродных процессов</b>							

2.1	Электроосаждение металлов из водных растворов. Уравнение Кельвина. Условия образования кристаллов различной крупности. Совместный разряд ионов. Сопряженные и несопряженные системы. Влияние сплавообразования. Анодный процесс при электроэкстракции металлов. Пассивность металлов. Условия устойчивости пассивных анодов. Ионы-активаторы. /Лек/	6	6	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2		КМ3	
2.2	Соотношения Брэнстеда. Основные уравнения электрохимической кинетики. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2		КМ3	
2.3	Расчёты параметров электрохимической кинетики. Расчёты параметров диффузионной кинетики. Расчёт состава сплава. /Пр/	6	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.6 Л1.4Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			Р6
2.4	Контрольная работа 2 /Пр/	6	2	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Э1 Э2		КМ2	

### 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	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>1 Кинетика электродных процессов. Связь между скоростью химической и электрохимической реакции. Поляризационная кривая электродного процесса.</p> <p>2 Поляризация электрода. ЭДС поляризации. Понятие о компромисном (бестоковом) потенциале.</p> <p>3 Стадии электродного процесса. Понятие лимитирующей стадии электродного процесса.</p> <p>4 Механизмы массопереноса вещества к поверхности электрода.</p> <p>5 Методы получения поляризационных кривых и их анализ.</p> <p>6 Понятие о перенапряжении электродного процесса. Виды перенапряжений.</p> <p>7 Понятие о диффузионном перенапряжении. Диффузионный слой.</p> <p>8 Основные уравнения диффузионной кинетики.</p> <p>9 Решений уравнений диффузионной кинетики для условий стационарной диффузии.</p> <p>10 Диффузионное перенапряжение для процесса анодного растворения металлов.</p> <p>Причины, вызывающие появление предельных токов.</p> <p>11 Перенапряжение с учетом миграции.</p> <p>12 Решение уравнений диффузионной кинетики восстановительных реакций.</p> <p>13 Потенциал полувольты. Уравнение полярографической волны и его анализ.</p> <p>14 Способы снижения диффузионного перенапряжения. Роль диффузионного перенапряжения в прикладной электрохимии.</p> <p>15 Теория конвективной диффузии.</p> <p>16 Вращающийся дисковый электрод и вращающийся дисковый электрод с кольцом.</p> <p>17 Перенапряжение электрохимической стадии. Использование принципа Бренстеда в теории электрохимического перенапряжения.</p> <p>18 Основные уравнения теории замедленного разряда.</p> <p>19 Решение уравнения Фольмера для области больших, малых перенапряжений, относительно равновесных условий.</p> <p>20 Коэффициент переноса, плотность тока обмена, стандартная плотность тока обмена, константа скорости электродного процесса. Способы определения и вычисления.</p> <p>21 Поляризационная кривая при замедленной стадии переноса заряда в координатах потенциал-логарифм плотности тока.</p> <p>22 Поляризационная кривая при электрохимическом перенапряжении в координатах Есина - Маркова.</p> <p>23 Влияние строения ДЭС на скорость стадии разряда-ионизации.</p> <p>24 Уравнение Тафеля. Физический смысл констант уравнения Тафеля, способы их определения.</p> <p>25 Стадийность электрохимического акта. Кинетические уравнения для двухэлектронной реакции.</p> <p>26 Стадийные электрохимические реакции с переносом <math>z</math> электронов (<math>Z &gt; 2</math>).</p> <p>27 Кажущиеся коэффициенты переноса. Определение замедленной стадии на основании анализа поляризационной кривой при стадийном переносе электронов.</p> <p>28 Стадийные электродные реакции с кратным повторением замедленной стадии.</p> <p>Стехиометрическое число электродной реакции.</p>
-----	----------------------	-------------------------	---

КМ2	Контрольная работа 2	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>1 Электрохимические реакции, включающие быстрые химические стадии. Порядок электрохимической реакции.</p> <p>2 Методы определения порядков электрохимических реакций.</p> <p>3 Теория элементарного акта Гориучи - Поляни.</p> <p>4 Влияние материала электрода и природы растворителя на энергию активации стадии разряда – ионизации.</p> <p>5 Недостатки теории элементарного акта Гориучи – Поляни.</p> <p>6 Теория реорганизации растворителя.</p> <p>7 Связь между идеальной и реальной энергией активации. Зависимость энергии активации от перенапряжения.</p> <p>8 Безбарьерные и безактивационные электрохимические реакции. Условия их протекания.</p> <p>9 Основные закономерности смешанной кинетики.</p> <p>10 Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения.</p> <p>11 Реакционное перенапряжение при замедленности гетерогенного химического перенапряжения.</p> <p>12 Реакционное перенапряжение при замедленности гомогенного химического перенапряжения. Предельная плотность тока химической реакции.</p> <p>13 Определение порядков химической реакции.</p> <p>14 Возможные пути и стадии катодного выделения водорода.</p> <p>15 Общие закономерности катодного выделения водорода.</p> <p>16 Влияние состава раствора на перенапряжение выделения водорода.</p> <p>17 Рекомбинационная теория водородного перенапряжения.</p> <p>18 Электрохимический механизм удаления адсорбированного водорода.</p> <p>19 Кинетика выделения кислорода из водных растворов.</p> <p>20 Возможные механизмы анодного образования кислорода. Установление природы замедленной стадии.</p> <p>21 Влияние строения ДЭС на кинетику выделения кислорода.</p> <p>22 Роль адсорбции органических веществ в кинетике электродных процессов.</p> <p>23 Кинетика электрохимического восстановления кислорода в кислой среде.</p> <p>24 Кинетика электрохимического восстановления кислорода в щелочной среде.</p> <p>25 Кинетика реакций электрохимического окисления и восстановления.</p> <p>26 Теория процессов электрохимического окисления и восстановления. Присоединение электронов как скорость определяющая стадия.</p> <p>27 Кинетика окислительно-восстановительных процессов с участием адсорбированных атомов водорода.</p> <p>28 Присоединение активированных ионов водорода как скорость определяющая стадия процесса электровосстановления.</p> <p>29 Основные положения совмещенных электродных реакций.</p>
-----	----------------------	-------------------------	--



КМЗ	Экзамен	ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-2-У1	<p>1. Определите, какой из электродов является катодом в гальваническом элементе, образованном стандартными электродами:</p> <p><math>\text{Ag} \text{Ag}^+</math> или <math>\text{Mn} \text{Mn}^{2+}</math> ;</p> <p><math>\text{Co} \text{Co}^{2+}</math> или <math>\text{Na} \text{Na}^+</math>.</p> <p>Решение.</p> <p>Катодом (т.е. электродом, на котором протекает процесс восстановления) в гальваническом элементе будет электрод, имеющий большее значение стандартного электродного потенциала (см. таблицу 4 приложения).</p> <p><math>E^0\text{Ag} \text{Ag}^+ = 0,799 \text{ В}</math>; <math>E^0\text{Mn} \text{Mn}^{2+} = -1,179 \text{ В}</math>. В данной паре катодом является <math>\text{Ag} \text{Ag}^+</math>.</p> <p>Схема гальванического элемента:</p> <p><math>\text{A} (-) \text{Mn} \text{Mn}^{2+}    \text{Ag}^+ \text{Ag} (+) \text{K}</math></p> <p><math>E^0\text{Co} \text{Co}^{2+} = -0,277 \text{ В}</math>; <math>E^0\text{Na} \text{Na}^+ = -2,714 \text{ В}</math>. В данной паре катодом является <math>\text{Co} \text{Co}^{2+}</math>.</p> <p>Схема гальванического элемента:</p> <p><math>\text{A} (-) \text{Na} \text{Na}^+    \text{Co}^{2+} \text{Co} (+) \text{K}</math></p> <p>2. На основании стандартных электродных потенциалов (таблица 4 приложения) определите, какой из следующих гальванических элементов имеет наибольшую ЭДС:</p> <p>а) <math>\text{Zn} \text{Zn}^{2+}    \text{Ni}^{2+} \text{Ni}</math>; б) <math>\text{Cd} \text{Cd}^{2+}    \text{Ni}^{2+} \text{Ni}</math></p> <p>в) <math>\text{Al} \text{Al}^{3+}    \text{Ni}^{2+} \text{Ni}</math> ; г) <math>\text{Mg} \text{Mg}^{2+}    \text{Ni}^{2+} \text{Ni}</math> .</p> <p>Решение.</p> <p>ЭДС гальванического элемента можно рассчитать как разность потенциалов:</p> <p><math>\text{ЭДС} = E_{\text{K}} - E_{\text{А}}</math></p> <p>Данные гальванические элементы составлены из стандартных электродов, поэтому:</p> <p>а) <math>\text{ЭДС} = E^0 \text{Ni} \text{Ni}^{2+} - E^0\text{Zn} \text{Zn}^{2+} = -0,250 - (-0,763) = 0,513 \text{ В}</math>;</p> <p>б) <math>\text{ЭДС} = E^0 \text{Ni} \text{Ni}^{2+} - E^0\text{Cd} \text{Cd}^{2+} = -0,250 - (-0,403) = 0,153 \text{ В}</math>;</p> <p>в) <math>\text{ЭДС} = E^0 \text{Ni} \text{Ni}^{2+} - E^0\text{Al} \text{Al}^{3+} = -0,250 - (-1,663) = 1,413 \text{ В}</math>;</p> <p>г) <math>\text{ЭДС} = E^0 \text{Ni} \text{Ni}^{2+} - E^0\text{Mg} \text{Mg}^{2+} = -0,250 - (-2,363) = 2,113 \text{ В}</math>.</p> <p>В случае г) ЭДС гальванического элемента будет наибольшей.</p> <p>3. Вычислите электродный потенциал магния погруженного в раствор <math>\text{MgSO}_4</math> с концентрацией ионов <math>\text{Mg}^{2+}</math>, равной 0,01 моль/л.</p> <p>Решение:</p>
-----	---------	-------------------------	---

Вычисление электродного потенциала металла при любой концентрации его ионов (моль/л) в растворе производится по уравнению Нернста. Для магниевого электрода:

$$E = E_0 + \frac{RT}{zF} \ln c = -2,363 + \frac{0,059}{2} \lg 1 = -2,422 \text{ В.}$$

4. Вычислите ЭДС гальванического элемента, состоящего из двух электродов:  $\text{Ti} | \text{Ti}^{2+} (0,01 \text{ моль/л}) || \text{Ni}^{2+} (1 \text{ моль/л}) | \text{Ni}$ .

Решение:

ЭДС гальванического элемента можно рассчитать как разность потенциалов:

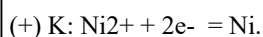
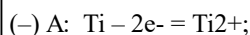
$$\text{ЭДС} = E_K - E_A$$

В данном гальваническом элементе катод -  $\text{Ni}^{2+} | \text{Ni}$ , а анод -  $\text{Ti} | \text{Ti}^{2+}$ .

Схема гальванического элемента:



Процессы на электродах:



По уравнению Нернста рассчитываем значение электродного потенциала анода.

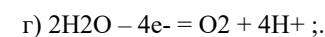
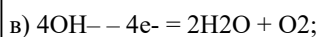
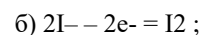
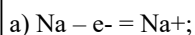
$$E_{\text{Ti} | \text{Ti}^{2+}} = E_0_{\text{Ti} | \text{Ti}^{2+}} + \frac{RT}{zF} \ln c = -1,630 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = -1,689 \text{ В};$$

Значение электродного потенциала катода равно величине стандартного электродного потенциала никелевого электрода, так как концентрация ионов  $\text{Ni}^{2+}$  в растворе составляет 1 моль/л.

$$E_{\text{Ni} | \text{Ni}^{2+}} = E_0_{\text{Ni} | \text{Ni}^{2+}} = -0,250 \text{ В};$$

$$\text{ЭДС} = -0,250 - (-1,689) = 1,439 \text{ В.}$$

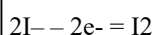
5. Какой из следующих процессов протекает при электролизе водного раствора  $\text{NaI}$  на графитовом аноде?



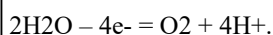
Решение:

При электролизе водных растворов солей в нейтральной среде на аноде возможны два процесса окисления:

1. процесс окисления анионов соли (кислотного остатка) :



2. процесс электрохимического окисления молекул воды:



В данном случае на аноде при электролизе будут окисляться иодид-анионы, т.к. для электрохимического окисления воды необходима

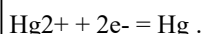
большая положительная поляризация анода.

Ответ:  $2I - 2e = I_2$

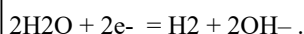
6. Какое вещество и в каком количестве выделится на катоде при электролизе раствора  $Hg(NO_3)_2$  (анод графитовый) в течение 10 минут при силе тока 8А?

Решение:

При электролизе водных растворов солей в нейтральной среде на катоде возможно протекание двух восстановительных процессов. Один из них – восстановление катионов металла:



Другой возможный процесс – восстановление водорода из молекул воды:



В данном случае на катоде будут восстанавливаться катионы ртути, т.к. этот металл входит в группу малоактивных металлов, и для его восстановления необходима меньшая отрицательная поляризация электрода, чем для восстановления водорода.

На катоде:  $Hg^{2+} + 2e = Hg$ ;

Количество выделившейся ртути, согласно законам Фарадея, равно:

$$m_{Hg} = I t (\text{сек}) \cdot 8 \cdot 600 = 5 \text{ г.}$$

1 Кинетика электродных процессов. Связь между скоростью химической и электрохимической реакции. Поляризационная кривая электродного процесса.

2 Поляризация электрода. ЭДС поляризации. Понятие о компромиссном (бестоковом) потенциале.

3 Стадии электродного процесса. Понятие лимитирующей стадии электродного процесса.

4 Механизмы массопереноса вещества к поверхности электрода.

5 Методы получения поляризационных кривых и их анализ.

6 Понятие о перенапряжении электродного процесса. Виды перенапряжений.

7 Понятие о диффузионном перенапряжении. Диффузионный слой.

8 Основные уравнения диффузионной кинетики.

9 Решений уравнений диффузионной кинетики для условий стационарной диффузии.

10 Диффузионное перенапряжение для процесса анодного растворения металлов.

Причины, вызывающие появление предельных токов.

11 Перенапряжение с учетом миграции.

12 Решение

уравнений

диффузионной

кинетики

восстановительных реакций.

13 Потенциал полуволны. Уравнение полярографической волны и его анализ.

14 Способы снижения диффузионного перенапряжения. Роль диффузионного перенапряжения в прикладной электрохимии.

15 Теория конвективной диффузии.

		<p>16 Вращающийся дисковый электрод и вращающийся дисковый электрод с кольцом.</p> <p>17 Перенапряжение электрохимической стадии. Использование принципа Бренстеда</p> <p>в теории электрохимического перенапряжения.</p> <p>18 Основные уравнения теории замедленного разряда.</p> <p>19 Решение уравнения Фольмера для области больших, малых перенапряжений, от-носительно равновесных условий.</p> <p>20 Коэффициент переноса, плотность тока обмена, стандартная плотность тока обмена, константа скорости электродного процесса. Способы определения и вычисления.</p> <p>21 Поляризационная кривая при замедленной стадии переноса заряда в координатах потенциал- логарифм плотности тока.</p> <p>22 Поляризационная кривая при электрохимическом перенапряжении в координатах Есина - Маркова.</p> <p>23 Влияние строения ДЭС на скорость стадии разряда-ионизации.</p> <p>24 Уравнение Тафеля. Физический смысл констант уравнения Тафеля, способы их определения.</p> <p>25 Стадийность электрохимического акта. Кинетические уравнения для двухэлектронной реакции.</p> <p>26 Стадийные электрохимические реакции с переносом <math>z</math> электронов (<math>Z &gt; 2</math>).</p> <p>27 Кажущиеся коэффициенты переноса. Определение замедленной стадии на основании анализа поляризационной кривой при стадийном переносе электронов.</p> <p>28 Стадийные электродные реакции с кратным повторением замедленной стадии.</p> <p>Стехиометрическое число электродной реакции.</p> <p>Изменить Удалить КМ2 Контрольная работа</p> <p>2 1 Электрохимические реакции, включающие быстрые химические стадии. Порядок электрохимической реакции.</p> <p>2 Методы определения порядков электрохимических реакций.</p> <p>3 Теория элементарного акта Гориучи - Поляни.</p> <p>4 Влияние материала электрода и природы растворителя на энергию активации стадии разряда – ионизации.</p> <p>5 Недостатки теории элементарного акта Гориучи – Поляни.</p> <p>6 Теория реорганизации растворителя.</p> <p>7 Связь между идеальной и реальной энергией активации. Зависимость энергии активации от перенапряжения.</p> <p>8 Безбарьерные и безактивационные электрохимические реакции. Условия их протекания.</p> <p>9 Основные закономерности смешанной кинетики.</p> <p>10 Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения.</p> <p>11 Реакционное перенапряжение при замедленности гетерогенного химического перенапряжения.</p> <p>12 Реакционное перенапряжение при замедленности гомогенного химического перенапряжения. Предельная плотность тока химической реакции.</p> <p>13 Определение порядков химической реакции.</p> <p>14 Возможные пути и стадии катодного выделения водорода.</p> <p>15 Общие закономерности катодного выделения водорода.</p> <p>16 Влияние состава раствора на перенапряжение выделения водорода.</p> <p>17 Рекомбинационная теория водородного перенапряжения.</p> <p>18 Электрохимический механизм удаления адсорбированного водорода.</p> <p>19 Кинетика выделения кислорода из водных растворов.</p> <p>20 Возможные механизмы анодного образования кислорода.</p> <p>Установление природы</p>
--	--	--

			<p>замедленной стадии.</p> <p>21 Влияние строения ДЭС на кинетику выделения кислорода.</p> <p>22 Роль адсорбции органических веществ в кинетике электродных процессов.</p> <p>23 Кинетика электрохимического восстановления кислорода в кислой среде.</p> <p>24 Кинетика электрохимического восстановления кислорода в щелочной среде.</p> <p>25 Кинетика реакций электрохимического окисления и восстановления.</p> <p>26 Теория процессов электрохимического окисления и восстановления. Присоединение электронов как скорость определяющая стадия.</p> <p>27 Кинетика окислительно-восстановительных процессов с участием адсорбированных атомов водорода.</p> <p>28 Присоединение активированных ионов водорода как скорость определяющая стадия процесса электровосстановления.</p> <p>29 Основные положения совмещенных электродных реакций.</p>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашнее задание	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Домашняя работа «Химическая кинетика» Вариант № 1</p> <p>1. Записать закон действующих масс для прямой и обратной реакций. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, в каком направлении сместится равновесие при увеличении давления в системе в 2 раза? В каком направлении сместится равновесие при повышении температуры? Записать выражение константы равновесия для каждой системы. Система первая: <math>2\text{NO}_2(\text{г}) = \text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) + \text{Q}</math> Система вторая: <math>\text{CO}_2(\text{г}) + \text{C}(\text{к}) = 2\text{CO}(\text{г}) - \text{Q}</math></p> <p>2. Константа химического равновесия для реакции <math>\text{CO}(\text{г}) + \text{C}(\text{к}) = \text{COC}(\text{г})</math> равна 39,4. Вычислить начальную концентрацию хлора, если в состоянии равновесия концентрации <math>\text{CO}</math> и <math>\text{COC}</math> были равны соответственно 0,2 и 0,8 моль/л.</p> <p>Домашняя работа «Химическая кинетика» Вариант №2</p> <p>1. Записать закон действующих масс для прямой и обратной реакций. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, в каком направлении сместится равновесие при увеличении давления в системе в 2 раза? В каком направлении сместится равновесие при повышении температуры? Записать выражение для константы равновесия для каждой системы. Система первая: <math>2\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) + \text{Q}</math> Система вторая: <math>2\text{Mg}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г}) = 2\text{MgO}(\text{к}) + \text{C}(\text{к}) - \text{Q}</math></p> <p>2. Начальные концентрации веществ А и В, участвующих в реакции <math>\text{A}(\text{г}) + 2\text{B}(\text{г}) = 2\text{C}(\text{г})</math>, равны соответственно 0,3 и 0,5 моль/л. Константа скорости реакции равна 0,4. Найти начальную скорость реакции и скорость по истечении некоторого времени, когда концентрация А уменьшится на 0,1 моль/л.</p> <p>Домашняя работа «Химическая кинетика» Вариант №3</p> <p>1. Записать закон действующих масс для прямой и обратной реакций. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, в каком направлении сместится равновесие при увеличении давления в системе в 2 раза? В каком направлении сместится равновесие при повышении температуры? Записать</p>

выражение для константы равновесия для каждой системы.  
 Система первая:  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г}) + \text{Q}$   
 Система вторая:  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{к}) = \text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г}) - \text{Q}$   
 2. В каком направлении сместится равновесие реакции  $\text{A}(\text{г}) + 2\text{B}(\text{г}) = 2\text{C}(\text{г})$ , если давление увеличить в 2 раза и одновременно повысить температуру на 20 градусов?  
 Температурные коэффициенты скоростей прямой и обратной реакции равны соответственно 2 и 3.  
 Домашняя работа «Химическая кинетика»  
 Вариант №4

1. Записать закон действующих масс для прямой и обратной реакций. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, в каком направлении сместится равновесие при увеличении давления в системе в 2 раза? В каком направлении сместится равновесие при повышении температуры? Записать выражение для константы равновесия для каждой системы.  
 Система первая:  $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{Q}$   
 Система вторая:  $\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{C}(\text{к}) = \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) + \text{Q}$   
 2. Две реакции протекают с одинаковой скоростью при температуре 30 °С. Температурный коэффициент скорости первой реакции равен 2, а второй реакции равен 3. Найти отношение этих скоростей при 10 и при 60 °С.

Домашняя работа «Химическая кинетика»  
 Вариант №5

1. Записать закон действующих масс для прямой и обратной реакций. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, в каком направлении сместится равновесие при увеличении давления в системе в 2 раза? В каком направлении сместится равновесие при повышении температуры? Записать выражение для константы равновесия для каждой системы.  
 Система первая:  $\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}(\text{г}) + \text{Q}$   
 Система вторая:  $\text{PbO}(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) = \text{Pb}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г}) + \text{Q}$   
 2. Равновесие в системе  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  установилось при следующих концентрациях веществ:  $[\text{N}_2]_{\text{р}} = 0,01$  моль/л;  $[\text{H}_2]_{\text{р}} = 2$  моль/л;  $[\text{NH}_3]_{\text{р}} = 0,4$  моль/л. Вычислить исходные концентрации азота и водорода, а также константу равновесия.

Домашняя работа «Химическая кинетика»  
 Вариант №6

1. Записать закон действующих масс для прямой и обратной реакций. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, в каком направлении сместится равновесие при увеличении давления в системе в 2 раза? В каком направлении сместится равновесие при повышении температуры? Записать выражение для константы равновесия для каждой системы.  
 Система первая:  $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{Q}^*$   
 Система вторая:  $\text{C}(\text{к}) + 2\text{N}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{N}_2(\text{г}) + \text{Q}$   
 Считать, что закон действующих масс выполняется.  
 2. В каком направлении сместится равновесие реакции  $\text{A}_2(\text{г}) + \text{B}_2(\text{г}) = 2\text{AB}(\text{г})$ , если давление увеличить в 2 раза и одновременно повысить температуру на 10°? Температурные коэффициенты прямой и обратной реакций 2 и 3 соответствен

Домашняя работа по теме: «Электрохимия. Свойства металлов».  
 Вариант №1

1. Составить схему гальванического элемента из  $\text{Mg}$  ( $E^\circ = -2,36$  В) и  $\text{Sn}$  ( $E^\circ = -0,14$  В), опущенных в растворы их собственных солей с активностью

ионов соответственно  $10^{-3}$  и  $10^{-2}$  моль / л. Записать процессы на электродах. Рассчитать ЭДС для указанных концентраций растворов, а также величину стандартной ЭДС.

2. Составить схему ГЭ из тех же металлов в растворе HCl. Записать процессы на электродах.

3. Составить ГЭ, в котором оба электрода изготовлены из Mg и рассчитать ЭДС этого элемента.

4. Составить схему коррозионного элемента с нарушенным покрытием во влажном воздухе.  
Основа - сталь ( $E^\circ = -0,44$  В). Покрытие - Co ( $E^\circ = -0,28$  В); оно используется для реф-лекторов и зеркал вследствие стойкости к истиранию. Указать толщину и тип покрытия.

5. Электролиз проводили в двух последовательно соединенных электролизерах. В одном электролизере на аноде выделилось 11,2 л при н.у. кислорода. Сколько при этом выделилось хлора в другом электролизере?

Домашняя работа по теме: “Электрохимия. Свойства металлов”.

Вариант №2

1. Составить схему гальванического элемента из Al ( $E^\circ = -1,66$  В) и Ni ( $E^\circ = -0,25$  В), опущенных в растворы их собственных солей с активностью ионов соответственно  $10^{-2}$  и  $10^{-3}$  моль / л. Записать процессы на электродах. Рассчитать ЭДС для указанных концентраций растворов, а также величину стандартной ЭДС.

Составить схему ГЭ из тех же металлов в растворе HCl. Записать процессы на электродах.

3. Составить ГЭ, в котором оба электрода изготовлены из Mn и рассчитать ЭДС этого элемента.

4. Составить схему коррозионного элемента с нарушенным покрытием во влажном воздухе.  
Основа - сталь ( $E^\circ = -0,44$  В). Покрытие - In ( $E^\circ = -0,33$  В); оно используется для придания антифрикционных свойств. Указать толщину и тип покрытия.

5. Сколько выделится цинка из раствора ZnSO<sub>4</sub>, если на катоде в течение 10 минут при силе тока 10 А одновременно выделилось 0,035 л водорода при н.у.?

Домашняя работа по теме: “Электрохимия. Свойства металлов”.  
Вариант №3

1. Составить схему гальванического элемента из  $Mn$  ( $E^\circ = -1,18 \text{ В}$ ) и  $Cd$  ( $E^\circ = -0,40 \text{ В}$ ), опущенных в растворы их собственных солей с активностью ионов соответственно  $10^{-4}$  и  $10^{-2}$  моль / л. Записать процессы на электродах. Рассчитать ЭДС для указанных концентраций растворов, а также величину стандартной ЭДС.
2. Составить схему ГЭ из тех же металлов в растворе  $HCl$ . Записать процессы на электродах.
3. Составить ГЭ, в котором оба электрода изготовлены из  $Zn$  и рассчитать ЭДС этого элемента.
4. Составить схему коррозионного элемента с нарушенным покрытием во влажном воздухе. Основа -  $Mo$  ( $E^\circ = -0,20 \text{ В}$ ). Покрытие -  $Re$  ( $E^\circ Re^{3+} / Re = +0,30 \text{ В}$ ); оно используется для покрытия термопар и нитей накаливания. Указать толщину и тип покрытия.
5. При электролизе соли некоторого металла за 4 часа 10 секунд выделилось 40,975 г металла при силе тока 5 А и выходе по току 98 %. Что это за металл?

Домашняя работа по теме: “Электрохимия. Свойства металлов”.

Вариант №4

1. Составить схему гальванического элемента из  $Zn$  ( $E^\circ = -0,76 \text{ В}$ ) и  $In$  ( $E^\circ = -0,34 \text{ В}$ ), опущенных в растворы их собственных солей с активностью ионов соответственно  $10^{-3}$  и  $10^{-2}$  моль / л. Записать процессы на электродах. Рассчитать ЭДС для указанных концентраций растворов, а также величину стандартной ЭДС.
2. Составить схему ГЭ из тех же металлов в растворе  $HCl$ . Записать процессы на электродах.
3. Составить ГЭ, в котором оба электрода изготовлены из  $Fe$  и рассчитать ЭДС этого элемента.
4. Составить схему коррозионного элемента с нарушенным покрытием во влажном воздухе. Основа - сталь ( $E^\circ = -0,44 \text{ В}$ ). Покрытие -  $Ga$  ( $E^\circ Ga^{2+} / Ga = -0,46$ ); оно используется для подшипников качения, работающих при высоких температурах. Указать толщину и тип покрытия.
5. Определить выход по току водорода, если при токе силой 5 А из раствора  $NiSO_4$  на катоде выделилось 5,9 г никеля в течение 67 минут.



Домашняя работа по теме: “Электрохимия. Свойства металлов”.

Вариант №5

1. Составить схему гальванического элемента из Fe ( $E^\circ = -0,44$  В) и Co ( $E^\circ = -0,28$  В), опущенных в растворы их собственных солей с активностью ионов соответственно  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  моль / л. Записать процессы на электродах. Рассчитать ЭДС для указанных концентраций растворов, а также величину стандартной ЭДС.
2. Составить схему ГЭ из тех же металлов в растворе HCl. Записать процессы на электродах.
3. Составить ГЭ, в котором оба электрода изготовлены из Cd и рассчитать ЭДС этого элемента.
4. Составить схему коррозионного элемента с нарушенным покрытием в кислой среде.  
Основа - медь ( $E^\circ = +0,34$  В). Покрытие - Ge ( $E^\circ \text{ Ge}^{2+} / \text{Ge} = +0,01$  В); оно используется для придания поверхности полупроводниковых свойств. Указать толщину и тип покрытия.
5. Через раствор CuCN пропускали ток силой 0,1 а в течение 2 часов. На катоде выделилось 0,375 г меди. Определить выход по току.

Домашняя работа по теме: “Электрохимия. Свойства металлов”.

Вариант №6

1. Составить схему гальванического элемента из Cu ( $E^\circ = +0,34$  В) и Pd ( $E^\circ = +0,99$  В), опущенных в растворы их собственных солей с активностью ионов соответственно  $10^{-4}$  и  $10^{-2}$  моль / л. Записать процессы на электродах. Рассчитать ЭДС для указанных концентраций растворов, а также величину стандартной ЭДС.
2. Составить схему ГЭ из тех же металлов в растворе HCl. Записать процессы на электродах.
3. Составить ГЭ, в котором оба электрода изготовлены из Co и рассчитать ЭДС этого элемента.
4. Составить схему коррозионного элемента с нарушенным покрытием в кислой среде.  
Основа - сталь ( $E^\circ = -0,44$  В). Покрытие - Mo ( $E^\circ \text{ Mo}^{3+} / \text{Mo} = -0,20$  В); оно используется для защиты в средах соляной и серной кислот. Указать толщину и тип покрытия.

			5. Сколько щелочи выделится в прикатодном пространстве при электролизе раствора LiCl в течение 3 часов 10 минут 10 секунд током силой 8 А?
P2	Практические занятия 2	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчёты напряжения разложения
P3	Практические занятия 1	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Решение задач на законы Фарадея
P4	Практические занятия 3	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчёты основных термодинамических функций по величине ЭДС
P5	Практические занятия 4	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчет количества электролизеров и электролизных серий в цехе для обеспечения его годовой производительности. Расчет срока службы анодов и их удельного расхода на 1т получаемого алюминия. Расчёты основных термодинамических функций по величине ЭДС. Расчет годовой производительности по алюминию одного электролизера и удельного расхода электроэнергии на 1т получаемого металла.
P6	Практические занятия 5	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Расчёты параметров электрохимической кинетики. Расчёты параметров диффузионной кинетики. Расчёт состава сплава.

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

По курсу предусмотрен экзамен. Экзаменационный билет состоит из 3-х теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

Примеры экзаменационных вопросов

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Принципы электролитического рафинирования алюминия. Какие примеси остаются в аноде, а какие остаются в расплаве?
2. Диффузионная поляризация. Предельный ток диффузии?
3. Магнийвый 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)

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

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	Москвитин В. И., Николаев И. В., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: учебник для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Интермет инжиниринг, 2005
Л1.2	Николаев И. В., Москвитин В. И., Фомин Б. А.	Металлургия легких металлов: Учебник для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия', спец. 'Металлургия цвет. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1997
Л1.3	Ветюков М. М., Цыплаков А. М., Школьников С. Н.	Электрометаллургия алюминия и магния: учебник для вузов по спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1987

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Москвитин В. И.	Теория электрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий для спец. 0402, 0635	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л1.5	Гульдин И. Т., Сидорин Г. Н.	Металлургия легких металлов: Учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Левин А. И.	Теоретические основы электрохимии: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1963
Л2.2	Зайков Ю. П., и др.	Электрохимия расплавленных солей: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л2.3	Булидорова Г. В., Галяметдинов Ю. Г., Ярошевская Х. М., Барабанов В. П.	Электрохимия и химическая кинетика: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014
Л2.4	Скорчеллетти В. В.	Теоретическая электрохимия	Библиотека МИСиС	Л.: Химия, 1970
Л2.5	Антропов Л. И.	Теоретическая электрохимия: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984
Л2.6	Баймаков Ю. В., Журин А. И.	Электролиз в гидрометаллургии: Учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1977
Л2.7	Томилин И. А., Белашенко Д. К., Минаев Ю. А., др., Томилин И. А.	Физическая химия: (Термохимия, электрохимия, электропроводность растворов электролитов): Лаб. практикум для студ. спец. 0204, 0401-0407, 0413, 0414, 0604, 0629, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1984
Л2.8	Андреев Ю. Я.	Физико-химия металлов и неметаллических материалов: Разд.: Электрохимия металлов и сплавов: Курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1993
Л2.9	Андреев Л. А., Новикова Е. А., Малютина Г. Л., Бокштейн Б. С.	Физическая химия: Разд.: Электрохимия: Метод. указания по выполнению дом. задания для студ. спец. 090300, 110200, 110500, 111000, 330100, 330200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1			<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>	
Э2			<a href="https://www.fips.ru/">https://www.fips.ru/</a>	
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit			
П.2	Microsoft Office			
П.3	LMS Canvas			
П.4	MS Teams			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И.1	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a>			

И.2	<a href="https://www.fips.ru/">https://www.fips.ru/</a>	
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
К-541	Учебная аудитория/Лабораторная:	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
М-102	Аудитория для самостоятельной работы студентов и курсового проектирования:	Комплект учебной мебели на 12 рабочих мест, ноутбуки с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
К-541	Учебная аудитория/Лабораторная:	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
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, ПКс 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, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Практические занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов "название дисциплины".

Предусматриваются домашние задания по различным разделам курса в форме подготовки мультимедийных докладов.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);
- использование при проведении занятий специализированной лаборатории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме;
- использование при проведении занятий активных форм обучения - учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.

Дисциплина относится к основополагающим и требует значительного объема самостоятельной работы.

Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.

При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

В связи с использованием во время занятий мультимедийных технологий для проведения практических занятий требуется специализированная мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудиосопровождением и доступом к сети Интернет. Аудитория выбирается в зависимости от количества студентов, изучающих в текущем семестре данную дисциплину, при численности студентов до 30 человек рекомендуется аудитория 541, при численности менее 14 человек - 541.