

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Теоретическая электрохимия

**Код модуля**  
1158021

**Модуль**  
Теория электрохимических процессов

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Останина Татьяна Николаевна	доктор химических наук, профессор	Профессор	технологии электрохимических производств
2	Рудой Валентин Михайлович	доктор химических наук, профессор	Профессор	технологии электрохимических производств

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

**Авторы:**

- **Останина Татьяна Николаевна, Профессор, технологии электрохимических производств**
- **Рудой Валентин Михайлович, Профессор, технологии электрохимических производств**

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Теоретическая электрохимия**

<b>1.</b>	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	12	
<b>2.</b>	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	
<b>4.</b>	<b>Текущая аттестация</b>	Контрольная работа	3
		Коллоквиум	16
		Домашняя работа	3

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Теоретическая электрохимия**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ПК-1 -Способен осуществлять поиск информации по изучаемой проблеме, составлять план проведения исследования, самостоятельно проводить исследования свойств материалов и параметров технологических процессов по	3-4 - Сформулировать теоретические основы явлений, характерных для электрохимических систем 3-5 - Формулировать основные закономерности электрохимической кинетики, определяющие выбор условий для организации электрохимического процесса П-5 - Иметь практический опыт измерения параметров электрохимических систем в условиях равновесия	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Домашняя работа № 3 Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 10 Коллоквиум № 11 Коллоквиум № 12 Коллоквиум № 13 Коллоквиум № 14 Коллоквиум № 15 Коллоквиум № 16 Коллоквиум № 2 Коллоквиум № 3 Коллоквиум № 4

стандартным методикам	П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов исследования и расчета кинетических параметров электрохимических процессов У-4 - Правильно интерпретировать результаты измерений параметров электрохимических систем У-5 - Анализировать основные закономерности электрохимических процессов для описания свойств и поведения электрохимических систем	Коллоквиум № 5 Коллоквиум № 6 Коллоквиум № 7 Коллоквиум № 8 Коллоквиум № 9 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен
-----------------------	--	---

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.60</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа 1. Электрохимические цепи и электродные потенциалы</i>	5,17	50
<i>домашняя работа 2. Выход по току и кулонометры</i>	5,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.20</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>контрольная работа. Электрохимические равновесия</i>	5,17	50
<i>Решение задач по темам практических занятий</i>	5,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.00</b>		

<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.20</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>коллоквиум 1. Определение чисел переноса</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 2. Определение pH электролита с помощью стеклянного и хингидронного индикаторных электродов</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 8. Кулонометры</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 3. Определение размера иона</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 4. Кондуктометрическое титрование</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 5. Потенциометрическое титрование</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 6. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов первого рода</i>	5,17	5
<i>коллоквиум 7. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов второго рода</i>	5,17	5
<i>Защита отчетов по лабораторным работам</i>	5,17	15
<i>ЛР1. Определение чисел переноса методом измерения ЭДС концентрационных цепей с переносом</i>	5,17	5
<i>ЛР2. Определение pH электролита с помощью стеклянного и хингидронного индикаторных электродов</i>	5,17	5
<i>ЛР3. Измерение pH при помощи сурьмянооксидного электрода</i>	5,17	5
<i>ЛР4. Определение размера иона</i>	5,17	5
<i>ЛР5. Кондуктометрическое титрование</i>	5,17	5
<i>ЛР6. Потенциометрическое титрование</i>	5,17	5
<i>ЛР7. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов 1-го рода</i>	5,17	5
<i>ЛР8. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов второго рода</i>	5,17	5
<i>ЛР9. Кулонометры</i>	5,17	5
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.60</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа. Электрохимическая кинетика</i>	6,17	50
<i>контрольная работа 1. Кинетика электродных процессов</i>	6,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.20</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа 2. Диффузионная кинетика в стационарных режимах на неподвижном и вращающемся электродах</i>	6,17	50
<i>Решение задач по темам практических занятий</i>	6,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.20</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум 1. Виды поляризационных кривых</i>	6,17	5
<i>коллоквиум 2. Концентрационная поляризация</i>	6,17	5
<i>коллоквиум 3. Влияние материала твердого катода на перенапряжение водорода</i>	6,17	5
<i>коллоквиум 4. Определение выхода по току при электроосаждении металлов</i>	6,17	5
<i>коллоквиум 5. Смешанная кинетика</i>	6,17	5
<i>коллоквиум 6. Анодная пассивность никеля</i>	6,17	5

коллоквиум 7. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом	6,17	5
коллоквиум 8. Хронопотенциометрия	6,17	5
ЛР 1. Виды поляризационных кривых	6,17	5
ЛР 2. Концентрационная поляризация	6,17	5
ЛР 3. Влияние материала твердого катода на перенапряжение водорода	6,17	5
ЛР 4. Определение выхода по току при электроосаждении металлов	6,17	5
ЛР 5. Смешанная кинетика	6,17	5
ЛР 6. Анодная пассивность никеля	6,17	5
ЛР 7. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом	6,17	5
ЛР 8. Хронопотенциометрия	6,17	5
Защита отчетов по лабораторным работам	6,17	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

**Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### **Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)



5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания	Нет результата
----	---	--	----------------

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Расчет pH растворов
  2. Расчет удельной и эквивалентной электропроводности
  3. Расчет равновесных потенциалов электродов первого и второго рода
  4. Расчет равновесных потенциалов газовых электродов
  5. Основные электрохимические явления при электролизе. Законы Фарадея
  6. Диффузионная кинетика
  7. Обратимая полярография и хронопотенциометрия
  8. Вращающийся дисковый электрод
  9. Перенапряжение водорода
  10. Смешанная кинетика
  11. Электрохимические реакции, осложненные замедленной химической реакцией
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Определение чисел переноса методом измерения ЭДС концентрационных цепей с переносом
2. Определение pH электролита с помощью стеклянного и хингидронного индикаторных электродов
3. Измерение pH при помощи сурьянооксидного электрода
4. Определение размера иона
5. Кондуктометрическое титрование
6. Потенциометрическое титрование
7. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов 1-го рода
8. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов второго рода
9. Кулонометры
10. Виды поляризационных кривых
11. Концентрационная поляризация
12. Влияние материала твердого катода на перенапряжение водорода

13. Определение выхода по току при электроосаждении металлов
  14. Смешанная кинетика
  15. Анодная пассивность никеля
  16. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом
  17. Хронопотенциометрия
- LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Электрохимические равновесия

Примерные задания

##### *Контрольная работа №1. Электрохимические равновесия*

1. Рассчитать равновесный потенциал меди в растворе, содержащем 16 г/л сульфата меди. Стандартный потенциал  $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = 0,337В$ . Коэффициент активности ионов меди 0,15. Температура 20С.
2. Рассчитать равновесный потенциал электрода Ag, AgI/KI. Концентрация иодида калия 0,1 моль/л. Среднеионный коэффициент активности 0,778. Температура 30С. Произведение растворимости иодида серебра  $1,1 \cdot 10^{-16}$ .
3. Найти рН раствора, если эдс цепи, составленной из хингидронного электрода и хлоридсеребряного электрода сравнения равна 0,36В. Хингидронный электрод подключен к положительной клемме высокоомного вольтметра. Стандартный потенциал хингидронного электрода принять равным 0,699В. Температура 25С.
4. Найти эквивалентную электропроводность раствора, содержащего 20 г/л сульфата никеля, если сопротивление раствора равно 50 Ом, а постоянная ячейки 120 м<sup>1</sup>.
5. Найти коэффициент активности катиона и аниона в растворе сульфата натрия, если среднеионный коэффициент активности равен 0,452.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Кинетика электродных процессов

Примерные задания

### ***Контрольная работа №2. Кинетика электродных процессов***

1. На катодной поляризационной кривой предельный ток равен  $250 \text{ А/м}^2$ . Определить концентрацию катионов меди в растворе (г/л), если толщина диффузионного слоя равна  $10^{-4} \text{ м}$ . Коэффициент диффузии ионов меди  $2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ . Число переноса ионов меди 0,4.
2. Определить перенапряжение восстановления ионов никеля при плотности тока  $2 \text{ А/дм}^2$ , если ток обмена равен  $0,15 \text{ А/м}^2$ , коэффициент переноса 0,12. На поляризационной кривой нет площадки тока. Температура 25С.
3. Определить коэффициент диффузии ионов меди в растворе. Исследования проводили методом хронопотенциометрии при постоянном токе. При плотности тока  $7 \text{ А/дм}^2$  переходное время было равно 1,5с. Концентрация ионов меди 0,25 моль/л.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.3. Контрольная работа № 3**

Примерный перечень тем

1. Диффузионная кинетика в стационарных режимах на неподвижном и вращающемся электродах

Примерные задания

Пример задания на контрольную работу 3

1. ЭДС цепи, составленной из насыщенного каломельного электрода сравнения и катода, на котором при 25 °С выделяется медь из раствора  $\text{CuSO}_4$  с активностью ионов меди 0,1 моль/л, равна 0,12 В. Чему равно перенапряжение катодного процесса? Электрод сравнения, потенциал которого в данных условиях равен 0,245 В, в момент измерения был присоединен к положительной клемме высокоомного вольтметра, а стандартный потенциал медного электрода  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,337 \text{ В}$ .

2. Электроосаждение цинка ведут при 25 °С из электролита, содержащего 0,1 моль/л  $\text{ZnSO}_4$  и 2 моль/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при плотности тока 1,5 А/дм<sup>2</sup>. Рассчитать толщину диффузионного слоя (см), если концентрация ионов цинка у поверхности катода в 4 раза меньше, чем в растворе, а коэффициент диффузии ионов цинка равен  $0,72 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ . Условия диффузии считать стационарными.

3. Электроосаждение меди из электролита, содержащего 0,1 моль-экв/л сульфата меди и 1 моль-экв/л серной кислоты, проводят при 20 °С на медную пластину с размерами погруженной части электрода 2x2 (см) с силой тока  $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ . Рассчитать величину диффузионного перенапряжения, если коэффициент диффузии ионов меди в этих условиях равен  $0,7 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ , а толщина диффузионного слоя составляет  $1,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ .

4. Определить концентрационную поляризацию (В) при осаждении меди из раствора 0,1 моль-экв/л  $\text{CuSO}_4$  и 1 моль-экв/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при 25 °С. Осаждение проводят на медный диск, поверхность которого равна 60 см<sup>2</sup>, при постоянной силе тока, равной 0,5 А, и скорости вращения электрода 60 об/мин. Кинематическая вязкость раствора равна  $1,62 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$ , а коэффициент диффузии ионов меди  $0,72 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$ .

5. Найти отношение предельных токов диффузии вращающегося дискового электрода для двух скоростей вращения: 1040 об/с и 960 об/мин.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Коллоквиум № 1

Примерный перечень тем

1. Определение чисел переноса

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Движущая сила процесса миграции

2. Числа переноса и их практическое значение в электрохимии

3. Виды концентрационных цепей и расчет их ЭДС

4. Понятие диффузионного потенциала и методы его элиминирования. Зависимость диффузионного потенциала от подвижности ионов.

5. Методика определения чисел переноса с помощью измерения ЭДС концентрационных цепей с переносом

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.5. Коллоквиум № 2

Примерный перечень тем

1. Определение рН электролита с помощью стеклянного и хингидронного индикаторных электродов

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Принцип измерения рН с помощью индикаторных электродов.

2. Природа хингидронного электрода. Потенциалопределяющая окислительно-восстановительная реакция. Зависимость потенциала хингидронного электрода от рН.

3. Схема измерения при определении рН с помощью хингидронного электрода. Область применимости хингидронного электрода.

4. Стеклянный электрод. Схема. Зависимость потенциала стеклянного электрода от рН раствора. Область применимости стеклянного электрода.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.6. Коллоквиум № 3

Примерный перечень тем

1. Определение размера иона

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Понятие активности и коэффициента активности.

2. Определение коэффициента активности с помощью второго приближения Дебая-Гюккеля.

3. Понятие радиуса ионной атмосферы и размера ионов.

4. Зависимость размера иона от концентрации раствора.

5. Методика определения размера ионов с помощью измерения равновесного потенциала электрода первого и второго рода

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.7. Коллоквиум № 4

Примерный перечень тем

1. Кулонометры

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Законы Фарадея. Понятие электрохимического эквивалента.

2. Назначение кулонометров. Условие, при котором электрохимическая система может быть кулонометром.

3. Газовый кулонометр. Электрохимическая система: электроды, состав раствора. Реакции на электродах. Способ определения количества электричества.

4. Весовые кулонометры: медный и серебряный. Электрохимическая система: электроды, состав раствора. Реакции на электродах. Способ определения количества электричества.

5. Титрационный кулонометр – иодный и Кистяковского. Электрохимическая система: электроды, состав раствора. Реакции на электродах. Способ определения количества электричества.

6. Схема измерения количества электричества с помощью нескольких кулонометров.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.8. Коллоквиум № 5

Примерный перечень тем

1. Кондуктометрическое титрование

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Понятие удельной электропроводности. Зависимость удельной электропроводности от концентрации раствора и природы вещества.

2. Принцип кондуктометрического титрования.

3. Схема установки кондуктометрического титрования.

4. Вид кривых титрования и определение эквивалентной точки при титровании сильной кислоты, щелочи, сульфата меди (никеля), смеси сульфата меди и серной кислоты. Выбор титранта.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.9. Коллоквиум № 6

Примерный перечень тем

1. Потенциометрическое титрование

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Принцип потенциометрического титрования.

2. Виды индикаторных электродов и требования к ним. Условия использования реакции в потенциометрическом титровании.

3. Схема установки для потенциометрического титрования. Индикаторный электрод, электрод сравнения, титрант.

4. Вид кривых титрования сильной кислоты, слабой кислоты, соли металла.

5. Дифференциальные кривые титрования и определение по ним эквивалентной точки.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.10. Коллоквиум № 7

Примерный перечень тем

1. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов первого рода

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Электроды первого рода. Понятие, обратимая реакция на границе раздела фаз.

2. Уравнение Нернста для электродов первого рода.

3. Зависимость равновесного потенциала электрода первого рода от концентрации катионов металла в растворе.

4. Электроды сравнения. Требования к ним. Хлоридсеребряный электрод сравнения.
5. Схема и методика измерения равновесного потенциала электрода первого рода.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.11. Коллоквиум № 8

Примерный перечень тем

1. Измерение и расчет равновесных электродных потенциалов электродов второго рода

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Электроды второго рода. Понятие, обратимая реакция на границе раздела фаз.
2. Уравнение Нернста для электродов второго рода. Стандартный потенциал электрода второго рода.
3. Зависимость равновесного потенциала электрода второго рода от концентрации анионов в растворе.
4. Примеры электродов второго рода: хлоридсеребряный электрод, ртутно-сульфатный и др.
5. Схема и методика измерения равновесного потенциала электрода второго рода.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.12. Коллоквиум № 9

Примерный перечень тем

1. Виды поляризационных кривых

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Понятие удельной скорости электрохимического процесса. Понятие перенапряжения электродного процесса. Понятие поляризационной кривой.
2. Основные стадии электродного процесса. Понятие лимитирующей стадии электродного процесса. Зависимость вида поляризационной кривой от природы лимитирующей стадии.
3. Вид поляризационной кривой в условиях замедленной доставки вещества к электроду. Понятие предельной диффузионной плотности тока. Основное уравнение кривой.
4. Вид поляризационной кривой в условиях замедленной передачи электронов на границе раздела фаз. Основное уравнение кривой.
5. Схема установки для проведения поляризационных исследований. Электроды: рабочий, сравнения и вспомогательный. Пересчет потенциала из шкалы электрода сравнения на шкалу нормального водородного электрода.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.13. Коллоквиум № 10

Примерный перечень тем

1. Концентрационная поляризация

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Изменение концентрации у поверхности электрода в случае, когда лимитирующей стадией электродного процесса является доставка разряжающихся ионов к поверхности электрода. Понятие толщины диффузионного слоя.

2. Объяснение хода поляризационной кривой в случае концентрационной поляризации. Причина достижения на кривой площадки предельного диффузионного тока.

3. Уравнение для расчета предельного диффузионного тока и предельного тока в случае наличия миграционной составляющей.

4. Зависимость перенапряжения при постоянной плотности тока и предельной плотности тока от концентрации разряжающихся ионов и концентрации индифферентного электролита.

5. Зависимость плотности тока от перенапряжения в случае концентрационной поляризации. Методика определения природы замедленной стадии электродного процесса с помощью анализа поляризационной кривой.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.14. Коллоквиум № 11

Примерный перечень тем

1. Влияние материала твердого катода на перенапряжение водорода

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Реакции электролитического выделения водорода в кислой и щелочной среде.

2. Основные стадии электродного процесса выделения водорода. Различные механизмы процесса выделения водорода.

3. Вид катодной поляризационной кривой при получении водорода. Понятие и расчет перенапряжения водорода.

4. Уравнение Тафеля для перенапряжения водорода. Физический смысл постоянных уравнения Тафеля.

5. Зависимость перенапряжения водорода от природы металла и состава раствора.

6. Методика определения постоянных уравнения Тафеля, плотности тока обмена и коэффициента переноса по экспериментальным поляризационным кривым

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.15. Коллоквиум № 12

Примерный перечень тем

1. Определение выхода по току при электроосаждении металлов

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Первый и второй законы Фарадея. Причины отклонения от законов Фарадея. Параллельные реакции.

2. Понятие выхода по току. Определение выхода по току с учетом массы выделившегося вещества, по количеству пропущенного электричества.

3. Расчет выхода по току с помощью парциальных поляризационных кривых.

4. Влияние плотности тока и наличия добавок на выход по току металла.



5.Схема установки для определения выхода по току. Методика проведения эксперимента и расчета выхода по току

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.16. Коллоквиум № 13**

Примерный перечень тем

1. Смешанная кинетика

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1.Природа лимитирующих стадий электродного процесса в случае смешанной кинетики

2.Объяснение хода поляризационной кривой в случае смешанной кинетики. Понятие диффузионных и кинетических параметров процесса.

3.Зависимость перенапряжения при постоянной плотности тока и предельной плотности тока от концентрации разряжающихся ионов, плотности тока обмена и коэффициента переноса.

4. Зависимость плотности тока от перенапряжения в случае смешанной кинетики. Выбор на кривой области смешанной кинетики.

5.Методика определения природы замедленной стадии и кинетических параметров электродного процесса с помощью анализа поляризационной кривой.

6.Установка для проведения поляризационных измерений.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.17. Коллоквиум № 14**

Примерный перечень тем

1. Анодная пассивность никеля

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1.Анодное растворение металлов при отсутствии пассивных пленок. Природа замедленной стадии. Вид поляризационной кривой при активном растворении металла.

2.Природа явления пассивности металлов на аноде. Вид поляризационной кривой.

3.Характеристика отдельных участков кривой: область активного растворения, область перехода в пассивное состояние, область пассивности, область депассивации.

Характерные потенциалы, реакции.

4.Понятие депассиваторов. Наиболее сильные депассиваторы. Вещества, способствующие наступлению пассивности.

5.Практическое значение явления пассивности.

6.Установка для съема анодных поляризационных кривых

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.18. Коллоквиум № 15**

Примерный перечень тем

1. Изучение кинетики электрохимических реакций температурно-кинетическим методом

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Влияние температуры на перенапряжение электродного процесса и ход поляризационных кривых в случае смешанной кинетики.

2. Энергия активации электродного процесса. Использование уравнения Аррениуса для расчета плотности тока в зависимости от температуры при постоянном перенапряжении.

3. Методика определения энергии активации электродного процесса по серии поляризационных кривых, полученных при разных температурах электролита.

4. Зависимость энергии активации от перенапряжения. Определение природы лимитирующей стадии по величине энергии активации и зависимости от перенапряжения.

5. Установка для съема поляризационных кривых при разных температурах электролита

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.19. Коллоквиум № 16

Примерный перечень тем

1. Хронопотенциометрия

Примерные задания

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Релаксационные поляризационные методы исследования электродных процессов. Основные принципы метода хронопотенциометрии. Зависимость потенциала от времени при постоянном токе.

2. Изменение концентрации разряжающихся ионов у поверхности электрода во времени и по мере удаления от границы раздела фаз. Уравнение Караогланова-Санда.

3. Зависимость поверхностной концентрации на границе раздела фаз от времени (уравнение Санда). Понятие переходного времени.

4. Определение природы замедленной стадии электродного процесса по зависимости переходного времени от плотности тока.

5. Определение кинетических параметров процессам (плотности тока обмена и коэффициента переноса) по экспериментальным хронопотенциограммам

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.20. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Электрохимические цепи и электродные потенциалы

Примерные задания

## Домашняя работа 1. Электрохимические цепи и электродные потенциалы

1. Вычислить потенциал хингидронного электрода в буферном растворе с  $pH = 4$  и ЭДС между этим электродом и насыщенным хлоридсеребряным электродом сравнения. Температура  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $E_{\text{НХСЭ}} = 0,202\text{ В}$ .

2. Рассчитать с точностью до 4-го знака величину равновесного потенциала в системе  $\text{Cu}|\text{CuSO}_4$  при температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и концентрации  $\text{CuSO}_4 = 1\text{ мол-экв/л}$ . Справочные данные:

$E_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}}^0 = 0,337\text{ В}$	$f_{\pm}$	$C_{\text{CuSO}_4}, \text{ моль/л}$
	0,0620	0,5
	0,0423	1,0

3. Рассчитать с точностью до 4-го знака величину равновесного потенциала в системе  $\text{Ag}|\text{AgCl}, \text{KCl}$  при температуре  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $C_{\text{KCl}} = 0,6\text{ моль/л}$ . Справочные данные:

$E_{\text{Ag}^+ \text{Ag}}^0 = 0,779\text{ В}$	$f_{\pm}$	$C_{\text{KCl}}, \text{ моль/л}$
$\text{ПР}_{\text{AgCl}} = 1,78 \cdot 10^{-10}$	0,637	0,6
	0,683	0,3

4. Определить размер ионов двухвалентного металла, если потенциал его в растворе  $0,05\text{ моль/л MeCl}_2 + 0,2\text{ моль/л HCl}$  составляет  $0,289\text{ В}$  относительно нормального водородного электрода. Постоянная B в знаменателе уравнения второго приближения Дебая и Гюккеля равна  $5,03 \cdot 10^{11}\text{ м}$ , постоянная  $A = 4,0207 \cdot 10^6$ ,  $\epsilon = 79$  и  $T = 298$ .

5. Электропроводности ионов  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  соответственно равны  $47$  и  $70\text{ См}\cdot\text{см}^2/\text{моль}$ . Вычислить ЭДС концентрационного элемента, составленного из двух цинковых электродов в  $0,05$  и  $0,005\text{ моль/л}$  растворах сульфата цинка. Коэффициент активности в  $0,05\text{ моль/л}$  растворе принять равным  $0,36$ , а в  $0,005\text{ моль/л}$  растворе –  $0,62$ . Температура  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

6. Вычислить диффузионный потенциал, возникающий на границе двух водородных электродов с соляной кислотой активностью  $0,1$  и  $0,01\text{ моль/л}$  при  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Число переноса иона водорода равно  $0,84$ .

7. Раствор соляной кислоты титруется при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$   $0,1\text{ моль-экв/л}$  раствором  $\text{NaOH}$  с помощью хингидронного индикаторного электрода ( $E_{\text{ХГ}}^0 = 0,699\text{ В}$ ). Пренебрегая разбавлением, оценить потенциал индикаторного электрода в конце титрования, когда изучаемая система содержит избыток рабочего раствора.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.21. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Выход по току и кулонометры

Примерные задания

## Пример домашней работы 2.

1. На катоде медного кулонометра выделилось 2,5 г меди, а изменение массы катода в электролизере, где проводили электролиз раствора сульфата цинка, составило 1,98 г. Определить выход по току цинка (в долях единицы).

2. При электролизе раствора нитрата натрия были получены следующие продукты катодного восстановления: 0,1336 г нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ), 0,0326 г аммиака и 1876  $\text{cm}^3$  водорода при нормальных условиях. Вычислить выход по току (%) для каждого из полученных веществ, если в кулонометре выделилось 20,08 г серебра.

3. Какой силы ток (А) нужно пропускать через газовый кулонометр в течение 1,05 часа, чтобы выделить из раствора  $\text{NaOH}$  1 л гремучего газа при 20 °С и давлении 750 мм рт. ст.?

4. В электрической схеме последовательно включены медный и серебряный кулонометры. Найти привес катода серебряного кулонометра, если медный катод изменился в весе на 0,4 г.

5. Сплав меди с сурьмой анодно растворяли при силе тока 0,02 А в течение 1 часа. Найти количество меди и сурьмы, перешедшее в раствор, если на аноде протекают только процессы ионизации меди и сурьмы, а выход по току меди равен 53 %. Молярные массы меди и сурьмы соответственно – 0,0635 и 0,122 кг/моль. Ответы представить в граммах.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.22. Домашняя работа № 3

Примерный перечень тем

1. Электрохимическая кинетика

Примерные задания

Примерное задание на домашнюю работу №3.

1. Электролиз воды проводили с электродами из материала, для которого известны следующие значения параметров уравнения Тафеля:  $a = 0,76 \text{ В}$ ;  $b = 0,116 \text{ В}$ . Определить катодную плотность тока ( $\text{А/м}^2$ ), если наблюдаемое перенапряжение катодного процесса составило  $640 \text{ мВ}$ .

2. Ток обмена восстановления цинка из комплексного раствора составляет  $13,68 \text{ А/м}^2$ . Коэффициент переноса ионов цинка  $\alpha = 0,28$ . Коэффициент диффузии ионов цинка  $2,25 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ . Электрод представляет собой пластину размером  $25 \times 40 \text{ мм}$ . Определить заданный ток, если концентрация ионов цинка в растворе равна  $14,45 \text{ г/л}$  и перенапряжение  $\eta = -0,158 \text{ В}$ . Толщину диффузионного слоя принять равной  $10^{-4} \text{ м}$ .

3. Рассчитать переходное время (с) при включении тока  $22 \text{ мА}$  на дисковый электрод диаметром  $30 \text{ мм}$  при электрокристаллизации кадмия из сульфата кадмия концентрацией  $0,02 \text{ моль/л}$ . Температура электролита  $25 \text{ }^\circ\text{С}$ , коэффициент диффузии ионов кадмия равен  $0,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ .

4. Произведение  $i\sqrt{t}$  составляет  $12 \text{ мА} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{1/2}$  для восстановления однозарядного иона, коэффициент диффузии которого составляет  $0,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ . Рассчитать концентрацию раствора ( $\text{моль/м}^3$ ).

*Энергия активации*

5. При обработке поляризационных кривых, снятых при разных температурах, получены зависимости  $\ln i - 1/T$  для нескольких значений катодного перенапряжения. При перенапряжении  $-0,4 \text{ В}$  прямая прошла через точки с приведенными координатами. Определить энергию активации процесса ( $\text{кДж/моль}$ ).

$\ln i (\text{А/см}^2)$	-2,304	-1,823
$(1/T) \cdot 10^3$	3,413	3,195

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Понятие об электрохимической системе. Основные электрохимические явления при электролизе

2. Законы Фарадея. Электрохимические эквиваленты. Вторичные и побочные процессы при электролизе

3. Скачки потенциала на границе фаз. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Гальвани и Вольта потенциалы

4. Природа и механизм возникновения электродного потенциала. Токи обмена.

Равновесный потенциал. Термодинамическая формула для равновесного электродного потенциала

5. Условность величины электродного потенциала. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах. Водородная шкала потенциалов. Стандартные потенциалы, ряд активностей металлов
6. Электроды сравнения. Классификация электродов
7. Теория стеклянного электрода. Электрохимические методы определения концентрации водородных ионов
8. Диаграмма областей электрохимической устойчивости воды. Диаграммы Пурбэ
9. Электрохимические системы (цепи). Классификация электрохимических систем. Гальванический элемент - простые и сложные химические цепи
10. Термодинамика гальванического элемента; уравнение Гиббса-Гельмгольца. Термодинамическое уравнение для обратимой ЭДС электрической системы
11. Физические цепи: гравитационные и аллотропические
12. Концентрационные цепи первого и второго рода. Термодинамика концентрационных цепей
13. Диффузионный потенциал, методы его элиминирования
14. Электрокапиллярные явления. Электрокапиллярные кривые на ртути
15. Зависимость межфазного натяжения и заряда поверхности ртути от потенциала. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса
16. Общее уравнение электрокапиллярности Фрумкина. Уравнение Липпмана. Влияние поверхностно-активных веществ на электрокапиллярные кривые
17. Нулевые точки металлов и методы их определения. Роль заряда поверхности в адсорбционных явлениях на электродах. Приведенная или  $j$ -шкала потенциалов по Антропову
18. Емкость двойного электрического слоя, дифференциальная и интегральная емкости. Зависимость емкости от потенциала электрода, состава раствора и его концентрации. Кривые заряжения
19. Строение двойного электрического слоя на границе электрод-электролит. Модель двойного электрического слоя Гельмгольца и Гуи-Чапмена.
20. Теории двойного слоя Штерна и Грэма. Дальнейшее развитие представлений о строении двойного электрического слоя.
21. Плотность тока как характеристика скорости электрохимических реакций. Стадии электродных процессов, понятие о лимитирующей стадии
22. Электродная поляризация, классификация поляризационных явлений. Виды перенапряжений. Поляризационные кривые
23. Диффузионное перенапряжение. Концентрационные изменения в приэлектродном слое при электролизе. Механизм массопереноса: диффузия, миграция и конвекция.
24. Стационарная диффузия при разряде ионов. Общее уравнение диффузионного перенапряжения
25. Предельная плотность тока диффузии. Роль миграции при разряде катионов и анионов. Роль перемешивания в массопереносе реагирующих веществ.
26. Теория стационарной конвективной диффузии. Естественная конвекция. Дисковый вращающийся электрод
27. Зависимость диффузионного перенапряжения от времени для нестационарной диффузии при заданной плотности тока. Переходное время. Уравнение Караогланова. Уравнение Сэнда. Хронопотенциометрия.
28. Основные положения теории полярографического метода

29. Электрохимическое перенапряжение. Основные положения теории замедленного разряда. Элементарный акт стадии разряда-ионизации по модели Гориучи-Поляни и на основе теории реорганизации растворителя. Энергия активации

30. Влияние двойного электрического слоя на электрохимическое перенапряжение. Уравнение Фрумкина. Кинетические параметры электрохимических реакций: ток обмена, коэффициент переноса.

31. Определение кинетических параметров электрохимических реакций

32. Основные закономерности смешанной кинетики. Наложение перенапряжения диффузии на перенапряжение перехода, уравнение Есина.

33. Химическое перенапряжение. Роль стадий химических превращений в электрохимических процессах. Замедленное протекание гомогенной и гетерогенной химических стадий. Уравнение химического перенапряжения

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-1	У-5 П-5 П-6	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Домашняя работа № 3 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия