

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Васильевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 10.09.2026 10:01:04
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f506c077a480b9a6788b8322323



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет химический
Кафедра аналитической и физической химии

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования»
по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»
направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств
для промежуточной аттестации
по дисциплине**

Электрохимические методы исследования

Направление подготовки (специальность)
04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)
Фундаментальная и прикладная химия

Присваиваемая квалификация (степень)
Химик. Преподаватель химии

Форма обучения
Очная

Год набора **2026**

Челябинск 2026 г.

Структура фондов оценочных средств соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от 27 сентября 2022 №573-1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 2 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
 - 2.1. Компетенции, закрепленные за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
 - 3.1. Виды оценочных средств
 - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
 - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
 - 4.2. Критерии оценивания промежуточной по видам оценочных средств
 - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 3 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»
 Направленность (профиль) – Фундаментальная и прикладная химия

Дисциплина: Электрохимические методы исследования
 Семестр (семестры) изучения: 5
 Форма (формы) промежуточной аттестации: 5 семестр – зачет.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Электрохимические методы исследования»
 направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции со ФГОС	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП ВО	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1: Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК -1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Знать: принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов; Уметь: проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на типовом научном оборудовании; Владеть: теоретическими основами и практическими навыками работы на типовом научном оборудовании.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

Код, наименование компетенции согласно ФГОС	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Контролируемые темы/разделы (номер и название раздела из РПД п.2.2)	Семестр	Номер задания	Наименование оценочного средства
ОПК-1: Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и	Знать: принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объ-	Раздел 1. Постановка электрохимического эксперимента	5	1-5	Задание открытого типа с развернутым ответом

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 4 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

измерений	ектов				
	Уметь: проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на типовом научном оборудовании	Раздел 2. Метод стационарных поляризационных кривых	5	6-15	Задание открытого типа с развернутым ответом
	Владеть: теоретическими основами и практическими навыками работы на типовом научном оборудовании	Раздел 3. Релаксационные методы исследования кинетики электродных	5	16-33	Задание открытого типа с развернутым ответом

3.2 Содержание оценочных средств

Вопросы для зачета:

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту.
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений.
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ.
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода для электрохимических измерений (ЭИ).
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Луггина.
6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика.
7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода.
8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия.
9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в не перемешиваемом электролите при $I = \text{const}$. Возможные варианты.
10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в не перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты.
11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста.

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии		
	Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»		
Версия документа - 1	стр. 5 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля.
13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля.
14. Ток обмена (i_0) и коэффициент переноса (α) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций.
15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов.
16. Метод хроновольтамперометрии.
17. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Шевчика.
18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных
19. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение метода в электроаналитических измерениях.
20. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Определение коэффициента диффузии электроактивного вещества. Метод Хитчмана-Олбери.
21. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов.
22. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики электродного процесса.
23. Каким образом методом ВДЭ можно одновременно определить скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций?
24. Метод ВДЭ с кольцом.
25. Стационарные методы исследования в электрохимии.
26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела.
27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности.
28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова.
29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод).
30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы.
31. Импеданс Варбурга.
32. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных.
33. Основные принципы исследования механизма сложных

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 6 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

электрохимических превращений.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в виде устного опроса (зачет). Зачет проводится в присутствии преподавателя и предполагает развернутый, полный ответ на один теоретический вопрос. Вопросы составляются с учётом материала, пройденного на лекционных занятиях, Время, отводимое на подготовку к ответу 40 минут. Зачет ориентирован на выявление уровня сформированности знаний, умений и навыков, составляющих основу компетенций, обеспечиваемых учебной дисциплиной. Во время зачета студент в течение отведенного времени готовит письменный ответ на вопрос билета. Оценочные средства представлены базой контрольных вопросов.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Дополнительные материалы и оборудование

При выполнении заданий промежуточной аттестации студент имеет право пользоваться:

– Периодическая система химических элементов им. Д.И. Менделеева

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту

Критерий	Баллы
Указаны требования к материалу ячейки (химическая инертность, термостойкость) и конструкции (герметичность при необходимости)	1
Описаны требования к чистоте электролита (отсутствие примесей, влияющих на электрохимические процессы)	1
Упомянута необходимость деаэрации (удаления кислорода) для исключения побочных реакций	1
Указана важность температурного контроля (термостатирование)	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 7 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Описана роль перемешивания (конвективный массоперенос) и его влияние на диффузионный слой	1
ИТОГО	5

2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений

Критерий	Баллы
Описана процедура подготовки рабочего электрода (очистка, полировка, активация)	1
Указана необходимость электрода сравнения	1
Описан контроль параметров (ток, потенциал, температура) в ходе эксперимента	1
Упомянута важность экранирования от внешних электромагнитных помех	1
Описана процедура регистрации и первичной обработки данных	1
ИТОГО	5

3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ

Критерий	Баллы
Описаны основные формы электродов (плоский, цилиндрический, сферический)	1
Объяснено влияние формы на равномерность распределения тока по поверхности	1
Указано, что плоский электрод обеспечивает равномерное поле при правильном расположении	1
Описаны проблемы краевых эффектов (повышенная плотность тока на краях)	1
Упомянуты способы минимизации неравномерности (экранирование, использование дисковых электродов)	1
ИТОГО	5

4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода для электрохимических измерений

Критерий	Баллы
Описаны методы очистки электролита (фильтрация, перегонка, ионообмен)	1
Указана необходимость дегазации (удаление растворенного кислорода продувкой инертным газом)	1
Описана механическая подготовка электрода (шлифовка, полировка)	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 8 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

до зеркального блеска)	
Упомянуты методы активации поверхности (химическое травление, электрохимическая активация)	1
Описана процедура промывки и сушки электрода перед измерениями	1
ИТОГО	5

5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Луггина

Критерий	Баллы
Указаны требования к вспомогательному электроду (инертность, большая площадь для неполяризуемости)	1
Описаны требования к электроду сравнения (стабильность потенциала, воспроизводимость)	1
Приведен пример электрода сравнения (хлорсеребряный, каломельный)	1
Объяснено назначение капилляра Луггина (подведение электрода сравнения близко к рабочему электроду)	1
Указано, что капилляр Луггина минимизирует омическое падение потенциала в растворе	1
ИТОГО	5

6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика

Критерий	Баллы
Приведена классификация на стационарные и нестационарные (динамические) методы	1
Охарактеризованы стационарные методы (поляризационные кривые, вольтамперометрия)	1
Охарактеризованы релаксационные методы (хроноамперометрия, хроновольтамперометрия)	1
Охарактеризованы импедансные методы (спектроскопия электрохимического импеданса)	1
Указаны области применения каждого класса методов	1
ИТОГО	5

7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода

Критерий	Баллы
Описана двухэлектродная схема (рабочий электрод и электрод	1



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет химический
Кафедра аналитической и физической химии

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования»
по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»
направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 9 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------------	------------------------	---------------

сравнения) и ее ограничения	
Описана трехэлектродная схема (рабочий, вспомогательный, электрод сравнения)	1
Объяснена роль потенциостата (поддержание заданного потенциала рабочего электрода)	1
Объяснена роль гальваностата (поддержание заданного тока)	1
Указано, как измеряется ток и потенциал в схеме	1
ИТОГО	5

8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия

Критерий	Баллы
Перечислены основные стадии электродного процесса (массоперенос, адсорбция, перенос электрона, десорбция)	1
Дано определение лимитирующей стадии (самая медленная стадия, определяющая скорость всего процесса)	1
Описан диффузионный контроль (лимитирующая стадия – массоперенос)	1
Описан кинетический контроль (лимитирующая стадия – перенос электрона)	1
Описан смешанный контроль (соизмеримые скорости стадий)	1
ИТОГО	5

9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при $I = \text{const}$

Критерий	Баллы
Сформулированы законы Фика для диффузии	1
Описано формирование диффузионного слоя при постоянном токе	1
Объяснено изменение концентрационного профиля со временем	1
Указано, что при $I = \text{const}$ потенциал изменяется во времени из-за падения концентрации у поверхности	1
Приведен пример (хронопотенциометрия)	1
ИТОГО	5

10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ

Критерий	Баллы
Описана постановка потенциостатического эксперимента (скачок потенциала)	1
Объяснено, что при постоянном потенциале ток падает со временем (уравнение Коттрелла)	1



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет химический
Кафедра аналитической и физической химии

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования»
по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»
направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 10 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------------	------------------------	---------------

Описан концентрационный профиль при контроле потенциала	1
Указана зависимость тока от $t^{-1/2}$	1
Приведен пример (хроноамперометрия)	1
ИТОГО	5

11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста

Критерий	Баллы
Изложена модель Нернста (диффузионный слой конечной толщины δ)	1
Записано уравнение для стационарного диффузионного тока $i = nF D (C_0 - C_s) / \delta$	1
Объяснено, что в модели Нернста градиент концентрации линейен	1
Указаны ограничения модели (не описывает реальный профиль концентрации)	1
Приведена связь с уравнением Нернста для потенциала	1
ИТОГО	5

12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля

Критерий	Баллы
Изложена гидродинамическая модель Прандтля (вязкий подслой, турбулентное ядро)	1
Объяснено формирование диффузионного слоя в условиях конвекции	1
Указана зависимость толщины диффузионного слоя от скорости перемешивания	1
Приведено соотношение $\delta \sim \nu^{1/6} D^{1/3}$ (для вращающегося диска)	1
Описано применение модели для вращающегося дискового электрода	1
ИТОГО	5

13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля

Критерий	Баллы
Изложена суть теории замедленного разряда (скорость определяется переносом электрона)	1
Записано уравнение Тафеля $\eta = a + b \cdot \lg i$	1
Объяснен физический смысл коэффициента b (тафелевский наклон)	1
Указана связь b с коэффициентом переноса α : $b = 2,3RT/(\alpha F)$	1
Объяснен физический смысл a (связан с током обмена)	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 11 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

ИТОГО	5
-------	---

14. Ток обмена (i_0) и коэффициент переноса (α). Физический смысл

Критерий	Баллы
Дано определение тока обмена (скорость прямой и обратной реакции при равновесии)	1
Объяснен физический смысл i_0 (мера кинетической активности электрода)	1
Дано определение коэффициента переноса (доля энергии, идущая на активацию прямой реакции)	1
Указано, что α лежит в интервале $0 < \alpha < 1$, обычно около 0,5	1
Приведена связь i_0 и α с уравнением Батлера-Фольмера	1
ИТОГО	5

15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов

Критерий	Баллы
Дано определение смешанной кинетики (скорости переноса заряда и массопереноса соизмеримы)	1
Записано общее уравнение для плотности тока в условиях смешанной кинетики	1
Объяснено влияние концентрации у поверхности электрода	1
Указано, как разделить кинетический и диффузионный вклады (метод ВДЭ, экстраполяция)	1
Приведен пример анализа данных в координатах $1/i - 1/\omega^{1/2}$	1
ИТОГО	5

16. Метод хроновольтамперометрии

Критерий	Баллы
Дано определение метода (измерение тока при линейной развертке потенциала)	1
Описан потенциостатический режим (контроль потенциала)	1
Описан гальваностатический режим (контроль тока)	1
Объяснена форма циклической вольтамперограммы для обратимого процесса	1
Указаны параметры, определяемые из вольтамперограммы (ток пика, потенциал пика)	1
ИТОГО	5

17. Изменение концентрационного профиля при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Шевчика

Критерий	Баллы
----------	-------



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Факультет химический
Кафедра аналитической и физической химии

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования»
по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»
направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 12 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------------	------------------------	---------------

Описано изменение концентрации у поверхности электрода при развертке потенциала	1
Объяснено возникновение пика тока (конкуренция роста тока и истощения приэлектродного слоя)	1
Записано уравнение Рендлса-Шевчика для обратимого процесса	1
Указана зависимость тока пика от скорости развертки ($i_p \sim v^{1/2}$)	1
Объяснен физический смысл коэффициентов в уравнении	1
ИТОГО	5

18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика

Критерий	Баллы
Описано построение графика $i_p - v^{1/2}$	1
Объяснено, что линейность графика свидетельствует об обратимости процесса	1
Указаны границы применимости (отсутствие адсорбции, чисто диффузионный контроль)	1
Описано, как по наклону определить коэффициент диффузии	1
Указаны отклонения от линейности для квазиобратимых и необратимых процессов	1
ИТОГО	5

19. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение в электроаналитических измерениях

Критерий	Баллы
Описана конструкция вращающегося дискового электрода	1
Объяснено формирование стационарного диффузионного слоя	1
Записано уравнение Левича для предельного тока	1
Указаны применения: определение концентрации, коэффициента диффузии	1
Описаны преимущества: стационарность, контролируемый массоперенос	1
ИТОГО	5

20. Метод ВДЭ. Определение коэффициента диффузии. Метод Хитчмана-Олбери

Критерий	Баллы
Записано уравнение Левича $i_{pr} = 0,62 nF S D^{2/3} v^{-1/6} C_0 \omega^{1/2}$	1
Описана процедура измерения i_{pr} при разных ω	1
Объяснен метод Хитчмана-Олбери (анализ зависимости $1/i$ от $1/\omega^{1/2}$)	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 13 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Указано, как из наклона определить D	1
Приведен пример расчета	1
ИТОГО	5

21. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов

Критерий	Баллы
Описано, как по зависимости тока от ω определить число электронов	1
Объяснено использование ВДЭ для идентификации промежуточных продуктов	1
Указано, как различить последовательные и параллельные реакции	1
Описано определение констант скорости химических стадий, предшествующих переносу заряда	1
Приведены примеры исследования сложных процессов (выделение водорода, восстановление кислорода)	1
ИТОГО	5

22. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики

Критерий	Баллы
Описано проявление смешанной кинетики (отклонение от линейности в координатах $i - \omega^{1/2}$)	1
Записано уравнение для смешанной кинетики: $1/i = 1/i_k + 1/i_d$	1
Описано построение графика в координатах $1/i - 1/\omega^{1/2}$	1
Объяснено, как по экстраполяции к $1/\omega^{1/2} = 0$ определить кинетический ток i_k	1
Указано, как из наклона определить D, а из i_k – константу скорости	1
ИТОГО	5

23. Определение методом ВДЭ скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций

Критерий	Баллы
Описана ситуация двух параллельных реакций (например, восстановление двух ионов)	1
Объяснено, что общий ток $i_{\text{общ}} = i_1 + i_2$	1
Указано, что анализ зависимости $i_{\text{общ}}(\omega)$ позволяет разделить вклады при разных потенциалах	1
Описано использование разных потенциалов для селективного определения	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 14 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Приведен пример (определение Cu^{2+} и Pb^{2+} в смеси)	1
ИТОГО	5

24. Метод ВДЭ с кольцом

Критерий	Баллы
Описана конструкция дискового электрода с кольцом (два электрода, разделенные изолятором)	1
Объяснен принцип работы: на диске генерируются продукты, на кольце они регистрируются	1
Введено понятие коэффициента эффективности сбора N	1
Описано применение для обнаружения промежуточных продуктов реакции	1
Приведены примеры (изучение механизма выделения кислорода, коррозии)	1
ИТОГО	5

25. Стационарные методы исследования в электрохимии

Критерий	Баллы
Дано определение стационарных методов (параметры не зависят от времени)	1
Описан метод стационарных поляризационных кривых (зависимость i от E)	1
Описана вольтамперометрия на ВДЭ как стационарный метод	1
Указаны достоинства (простота, наглядность) и недостатки (ограниченная информация о механизме)	1
Приведены примеры определения кинетических параметров из стационарных измерений	1
ИТОГО	5

26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела

Критерий	Баллы
Описан принцип метода (скачок потенциала, регистрация спада тока)	1
Записано уравнение Котрела $i(t) = nF S D^{1/2} C_0 / (\pi^{1/2} t^{1/2})$	1
Объяснен физический смысл уравнения (диффузионный контроль)	1
Указана область применимости (неперемешиваемый раствор, плоский электрод)	1
Описано использование для определения D и C_0	1
ИТОГО	5

27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 15 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Характеристика, возможности

Критерий	Баллы
Дано определение релаксационных методов (изучение перехода системы к новому состоянию после возмущения)	1
Перечислены основные методы: хроноамперометрия, хронопотенциометрия, импедансная спектроскопия	1
Описаны возможности: изучение быстрых реакций, определение кинетических параметров	1
Указано преимущество перед стационарными методами (разделение вкладов разных стадий)	1
Приведены примеры применения	1
ИТОГО	5

28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова

Критерий	Баллы
Описан принцип метода (подача ступеньки тока, регистрация изменения потенциала)	1
Записано уравнение Санда-Караогланова для переходного времени τ	1
Объяснен физический смысл τ (время достижения нулевой концентрации у поверхности)	1
Приведено соотношение $i \cdot \tau^{1/2} = \text{const}$ (инвариант Санда)	1
Описано использование для определения D и концентрации	1
ИТОГО	5

29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод)

Критерий	Баллы
Описана постановка эксперимента (малые возмущения, измерение начального наклона $\eta(t)$)	1
Записано уравнение для начального участка $\eta(t) = (RT)/(nF i_0) \cdot (i t)$	1
Объяснено, как из наклона $\eta(t)$ определить i_0	1
Указано, что метод применим при отсутствии диффузионных ограничений	1
Приведен пример расчета i_0	1
ИТОГО	5

30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы

Критерий	Баллы
Описан принцип метода (наложение малого синусоидального	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 16 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

сигнала, измерение импеданса)	
Введено понятие импеданса как комплексного сопротивления	1
Описаны элементы эквивалентных схем: сопротивление раствора R_s , емкость двойного слоя C_{dl} , импеданс Фарадея Z_f	1
Приведена простейшая схема Рандлса	1
Объяснено, как по частотной зависимости импеданса определяют параметры системы	1
ИТОГО	5

31. Импеданс Варбурга

Критерий	Баллы
Дано определение импеданса Варбурга (импеданс, связанный с диффузией)	1
Записано выражение для импеданса Варбурга: $Z_W = \sigma \omega^{-1/2} (1 - j)$	1
Объяснен физический смысл σ (коэффициент Варбурга)	1
Описано проявление импеданса Варбурга на диаграмме Найквиста (линия под 45°)	1
Указано использование для определения коэффициента диффузии	1
ИТОГО	5

32. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных

Критерий	Баллы
Описаны методы измерения: мостовые схемы, частотные анализаторы	1
Объяснено построение диаграммы Найквиста (Z'' от Z')	1
Объяснено построение диаграммы Боде ($\log Z$ и φ от $\log \omega$)	1
Описано моделирование эквивалентными схемами	1
Указано, как из анализа импедансных данных получают кинетические параметры	1
ИТОГО	5

33. Основные принципы исследования механизма сложных электрохимических превращений

Критерий	Баллы
Описана необходимость комбинирования различных методов (стационарных, релаксационных, спектроскопических)	1
Указана важность идентификации промежуточных продуктов	1
Описано определение лимитирующей стадии	1

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 17 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Объяснено использование вращающегося дискового электрода с кольцом для изучения механизма	1
Приведен пример исследования сложного процесса (восстановление кислорода, коррозия металлов)	1
ИТОГО	5

Критерии оценивания зачета

Зачтено (3-5 балла)	Незачтено (0-2 балла)
Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично (зачтено):

- систематизированные, глубокие и полные знания по вопросам программы;
- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- полное и глубокое усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины, свободное владение информацией из источников дополнительной литературы;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет химический Кафедра аналитической и физической химии			
Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Электрохимические методы исследования» по направлению подготовки (специальности) 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» направленности (профилю) «Фундаментальная и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			
Версия документа - 1	стр. 18 из 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

2. Средний уровень соответствует оценке хорошо (зачтено):

- достаточно полные систематизированные знания;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответов на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины.

3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно (зачтено):

- достаточный минимальный объем знаний;
- усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием, умение его использовать в решении типовых задач.

4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно (незачтено).

- фрагментарные знания;
- отказ от ответа;
- знание отдельных рекомендованных источников;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок.

При отсутствии зачета студент повторно получает контрольное задание.