

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Васильевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.09.2025 10:53:14
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b6cb77a48bb9a8788b8322323



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств по дисциплине «Электрохимические методы исследования», по специальности
04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия», профилю «Органическая и биоорганическая химия»
ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1

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

Электрохимические методы исследования

Направление подготовки (специальность)
04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль)
Органическая и биоорганическая химия

Присваиваемая квалификация (степень)
Химик. Преподаватель химии

Форма обучения
Очная

Челябинск 2025 г.



Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств	3
2. Перечень формируемых компетенций	3
2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной	3
3. Содержание оценочных средств по дисциплине	4
3.1 виды оценочных средств.....	4
3.2 содержание оценочных средств	7
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации	10
4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации.....	10
4.2. Критерии оценивания зачета.....	10
4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций.....	11



1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 04.03.01 Химия

Направленность (профиль) Аналитическая химия и химическая экспертиза

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:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
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

Раздел 1. Постановка электрохимического эксперимента

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Принципы работы электронных потенциостатов и современных лабораторных комплексов, сопряженных с персональными компьютерами	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 1-5
2	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Основные общие принципы работы приборного оборудования. Принципы осуществления контроля тока и потенциала в электрохимическом эксперименте. Электрические схемы	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 1-5
3	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Классификация электрохимических методов исследования электродных процессов по механизму	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 6-8



Раздел 2. Метод стационарных поляризационных кривых

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Кинетика электрохимических реакций с медленной стадией переноса электронов в одну стадию	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 8,13,14
2	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Графические зависимости поляризационных кривых при медленной стадии последовательного переноса нескольких электронов	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 9-12
3	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых для смешанной кинетики: случай медленной стадии разряда и диффузии	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 15,17,22
4	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых при замедленной стадии разряда	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 13,14,19,24



Раздел 3. Релаксационные методы исследования кинетики электродных

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Потенциостатический импульсный метод (хроноамперометрия)	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 16,26
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Гальваностатический импульсный метод (хронопотенциометрия)	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 27-29
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Хроновольтамперометрия. Циклические методы	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 16- 18,25
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Метод переменного тока	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 30-32



ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Общие принципы исследования механизма сложных многостадийных электрохимических процессов	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету №20,21,23,33
--	--	------------------------------------	-------------------------------

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре и являются учебно-методическими материалами ограниченного (конфиденциального) пользования.

3.2 Содержание оценочных средств

Типовые вопросы для зачета:

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту (ОПК-1). *План ответа: материал и конструкция ячейки (инертность, герметичность), чистота электролита, температурный контроль и перемешивание.*
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений (ОПК-1). *План ответа: подготовка электродов (очистка, калибровка), контроль параметров (ток, потенциал, температура).*
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ (ОПК-1). *План ответа: форма электрода (плоский, цилиндрический, сферический), распределение тока и потенциала на поверхности.*
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода для электрохимических измерений (ЭИ) (ОПК-1). *План ответа: Очистка электролита (фильтрация, дегазация), подготовка электрода (шлифовка, полировка, активация).*
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Лuggина (ОПК-1). *План ответа: Вспомогательный электрод: инертность, стабильность, электрод сравнения: стабильность потенциала (например, хлорсеребряный электрод), капилляр Лuggина: минимизация омического падения потенциала.*
6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика (ОПК-1). *План ответа: Стационарные*



методы, динамические методы, релаксационные методы, импедансные методы.

7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода (ОПК-1). *План ответа: трехэлектродная схема (рабочий, вспомогательный, электрод сравнения), принцип работы: контроль тока и потенциала.*

8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия (ОПК-1). *План ответа: Стадии: массоперенос, адсорбция, перенос электронов, лимитирующая стадия: самая медленная стадия процесса.*

9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при $I = \text{const}$. Возможные варианты (ОПК-1). *План ответа: уравнение Фика для диффузии., концентрационный градиент у поверхности электрода.*

10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты (ОПК-1). *План ответа: Контроль потенциала: влияние на скорость диффузии, Формирование диффузионного слоя.*

11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста (ОПК-1). *План ответа: уравнение Нернста для равновесного потенциала, применение для описания диффузионных процессов.*

12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля (ОПК-1). *План ответа: Описание диффузионного слоя, применение в электрохимии*

13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля (ОПК-1). *План ответа: Уравнение Тафеля: связь тока и потенциала, ток обмена и коэффициент переноса.*

14. Ток обмена (i_0) и коэффициент переноса (α) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций (ОПК-1). *План ответа: ток обмена: скорость реакции при равновесии, коэффициент переноса: доля энергии, идущая на перенос электрона*

15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов (ОПК-1). *План ответа: Сочетание кинетического и диффузионного контроля, уравнения для описания смешанной кинетики.*

16. Метод хроновольтамперометрии (ОПК-1). *План ответа: гальваностатический режим, потенциостатический режим.*

17. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение



Рендлса-Севчика (ОПК-1). *План ответа: Концентрационный профиль: зависимость от времени, Уравнение Рендлса-Шевчика: связь тока и концентрации.*

18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных (ОПК-1). *План ответа: преобразование данных для линейной зависимости, границы применимости: обратимость процесса.*

19. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение метода в электроаналитических измерениях (ОПК-1). *План ответа: Принцип метода: вращающийся диск; применение: определение коэффициента диффузии.*

20. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Определение коэффициента диффузии электроактивного вещества. Метод Хитчмана-Олбери (ОПК-1). *План ответа: Уравнение Левича для вращающегося диска; метод Хитчмана-Олбери: анализ данных*

21. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов (ОПК-1). *План ответа: идентификация стадий процесса, определение кинетических параметров.*

22. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики электродного процесса (ОПК-1). *План ответа: Сочетание кинетического и диффузионного контроля; анализ данных: ток и потенциал.*

23. Определение методом ВДЭ скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций? (ОПК-1) *План ответа: разделение токов для каждой реакции; анализ данных: зависимость тока от скорости вращения.*

24. Метод ВДЭ с кольцом (ОПК-1). *План ответа: конструкция: диск и кольцо; применение: исследование промежуточных продуктов*

25. Стационарные методы исследования в электрохимии (ОПК-1). *План ответа: поляризационные кривые, вольтамперометрия.*

26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела (ОПК-1). *План ответа: принцип метода: наложение потенциала и измерение тока; уравнение Котрела: описание тока во времени.*

27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности (ОПК-1). *План ответа: импульсные методы: хроноамперометрия, хроновольтамперометрия; применение: исследование кинетики.*

28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова (ОПК-1). *План ответа: принцип метода: подача тока и*



измерение потенциала; уравнение Санда-Караогланова: описание потенциала во времени.

29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод) (ОПК-1). *План ответа: измерение тока обмена; анализ данных: зависимость тока от времени.*

30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы (ОПК-1). *План ответа: принцип метода, эквивалентные схемы импеданса*

31. Импеданс Варбурга (ОПК-1). *План ответа: импеданс, связанный с диффузией; применение: анализ диффузионных процессов.*

32. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных (ОПК-1). *План ответа: спектроскопия импеданса, построение диаграмм Найквиста.*

33. Основные принципы исследования механизма сложных электрохимических превращений (ОПК-1). *План ответа: Идентификация стадий процесса. Использование различных методов для анализа*

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.

4.2. Критерии оценивания зачета

Максимальный балл за ответ на теоретический вопрос — 10 баллов.

Отлично/ зачтено/ 9-10 баллов	Хорошо/ зачтено/ 7-8 баллов	Удовлетворительно/ зачтено/ 5-6 баллов	Неудовлетворительно/ незачтено/ 0-4 балла
Высокий уровень освоения проверяемых	Средний уровень освоения проверяемых	Базовый уровень освоения проверяемых	Недостаточный уровень освоения проверяемых



компетенций	компетенций	компетенций	компетенций
Обучающийся отлично знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся практически не допускает ошибок.	Обучающийся хорошо знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся допускает незначительные ошибки.	Обучающийся знаком с материалом, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом. Обучающийся допускает фактические и языковые ошибки, не оперирует лексическим запасом по теме.	Обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими и языковыми ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Текущая аттестация проводится в виде письменного опроса. Студент в течение 60 минут должен подготовить правильный развернутый письменный ответ на два теоретических вопроса. Критерии оценивания письменного опроса при текущей аттестации аналогичны критериям оценивания промежуточной аттестации. Максимальное количество баллов - 10.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными при прохождении промежуточной аттестации:

Для получения зачета необходимо набрать не менее 12 баллов из 20 возможных (за текущую и промежуточную аттестацию).

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья



обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

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.
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.