

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана

А. С. Князев

Оценочные материалы по дисциплине

Электрохимические методы анализа

по направлению подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:

Химия

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.В. Шелковников

Председатель УМК

В.В. Шелковников

Томск – 2024

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.

ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК 1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК 1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК 2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК 2.3 Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.

ИОПК 2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

ИПК 1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.

ИПК 1.3 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.

ИПК 1.4 Готовит объекты исследования.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- экспресс-тест;
- контрольная работа;
- коллоквиум;
- индивидуальные задания;
- кейсы.

С целью активизации учебной и научной работы студентов, формирования индивидуального подхода к процессу получения знаний курс «Электрохимические методы анализа» строится на рейтинговой системе, которая основана на систематическом поэтапном изучении теоретического материала курса, выполнении индивидуальных и лабораторных работ и последующей защите полученных знаний на коллоквиуме.

Условия рейтинговой системы оценки

1. По рейтинговой системе оцениваются все виды работ: индивидуальные задания, лабораторные работы, лекционные экспресс-опросы, коллоквиумы.
2. По решению Ученого Совета ХФ посещение лекций обязательно для всех студентов. Студент, пропустивший лекцию, обязан в часы консультаций преподавателя защитить самостоятельно изученный материал.

3. Оценка лабораторной работы складывается из подготовки студента к работе (обязательное собеседование перед работой), организации и правильности ее выполнения, качества оформления отчета и его защиты.
4. Индивидуальные задания, отчеты по лабораторным работам и коллоквиумы студент должен сдать не позднее указанных в учебном плане сроков. Работы, сданные позднее указанного срока, оцениваются с понижающим коэффициентом 0.8.
5. Работа или ее раздел считается принятой, если она выполнена не менее, чем на 60%.
6. Студент, набравший не менее 90 % от общего числа баллов за текущий и промежуточный контроль (сумма баллов 1000, 90%=900 баллов), получает оценку «отлично» без сдачи итогового экзамена.
7. За оригинальность выполнения работы предусматривается поощрительный балл.

План лабораторных занятий (36 часов)

№ п/п	Тема занятия	Часы	Баллы
1.	Вводная беседа	1	
2.	Потенциометрия и потенциометрическое титрование. Потенциометрическое титрование I^- и Cl^- -ионов при совместном присутствии.	4	40
3.	Потенциометрические измерения с ион – селективными электродами. (Определение O_3^- , V^- , F^- , Cl^- , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mo^{2+}). Определение коэффициента селективности ион – селективного электрода.	4	30
4.	Кулонометрическое титрование Определение Zn^{2+} методом кулонометрического титрования электрогенерированным $Fe(C)_6^{4+}$. Сравнение различных способов индикации точки эквивалентности (химический, амперометрический, потенциометрический). Определение фенолов.	4	30
5.	Амперометрическое титрование с одним поляризованным электродом Определение цинка на Pt – вращающемся электроде методом амперометрического титрования.	4	35
6.	Классическая полярография Техника полярографического анализа. Исследование уравнения Ильковича. Построение калибровочного графика. Анализ неизвестного раствора методом полярографии. Полярографический спектр.	6	50
7.	Определение координационного числа и константы нестойкости иодидного комплекса кадмия (расчетная задача).	3	20
8.	Инверсионная вольтамперометрия Техника ИВ – анализа. Изучение различных способов устранения остаточного тока, обусловленного присутствием растворенного кислорода. Изучение влияния потенциала, времени электролиза, концентрации ионов на величину анодных пиков определяемых ионов. Анализ неизвестного образца на содержание тяжелых металлов методом инверсионной вольтамперометрии.	6	35
9.	Индивидуальное задание Выбор и обоснование методики анализа. Анализ реального объекта электрохимическими методами.	4	70

КОЛЛОКВИУМЫ

№ п/п	Т е м а	Срок сдачи (нед)	Баллы
1.	Электрохимические методы, не связанные с поляризацией электродов. Потенциометрия, кондуктометрия.	4,5	120

2.	Электрохимическая кинетика. Концентрационная, электрохимическая, фазовая поляризация. Методы электролиза и кулонометрии.	8,9	175
3.	Вольтамперометрические методы анализа	16	175

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

№ п/п	Т е м а	Срок сдачи (нед)	Баллы
1.	Кондуктометрические методы анализа.	2,3	30
2.	Потенциометрические методы анализа. Ионометрия.	4,5	40
3.	Электролиз и кулонометрический анализ.	7,8	30
4.	Вольтамперометрические методы анализа. Амперометрическое титрование.	15	60

ЛЕКЦИОННЫЙ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ

№ п/п	Т е м а	Баллы
1.	Потенциометрические методы анализа. Ионометрия.	30
2.	Электролиз и кулонометрический анализ.	30
3.	Вольтамперометрические методы анализа. Амперометрическое титрование.	30

Вопросы для подготовки к коллоквиуму 3 по теме «Вольтамперометрические методы анализа», проводимому в форме деловой игры (ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 2.1, ИПК 1.1)

1. Амперометрическое титрование с одним поляризованным электродом
2. Классическая полярография
3. Осциллографическая вольтамперометрия
4. Инверсионная вольтамперометрия на ртутных электродах
5. Переменноточковая вольтамперометрия
6. Циклическая вольтамперометрия
7. Квадратно-волновая вольтамперометрия
8. Импульсная нормальная вольтамперометрия
9. Импульсная дифференциальная вольтамперометрия
10. Инверсионная вольтамперометрия на твердых электродах
11. Линейная диффузия к растущему капельному электроду
12. Следствия из уравнения Ильковича
13. Уравнение обратимой полярографической волны
14. Уравнение необратимой полярографической волны
15. Определение координационного числа и константы нестойкости комплексных ионов методом классической полярографии
16. Определение константы нестойкости комплексных ионов методом амперометрического титрования
17. Емкостный ток. Электрокапиллярная кривая
18. Миграционный ток. Причины возникновения. Способы устранения влияния миграции на величину предельного тока.
19. Полярографические максимумы, их типы. Причины возникновения и способы устранения
20. Уравнение диффузионного тока к сферическому электроду
21. Параметрическая теория метода инверсионной вольтамперометрии
22. Определение произведения растворимости по кривым амперометрического титрования

23. Влияние концентрации ионов, времени электролиза, объема анализируемого раствора и ртутной капли на величину анодного тока в методе инверсионной вольтамперометрии
24. Факторы, влияющие на разрешающую способность метода инверсионной вольтамперометрии
25. Факторы, влияющие на потенциал пика в методе инверсионной вольтамперометрии
26. С помощью поляризационных кривых объясните вид кривой амперометрического титрования

Примеры билетов коллоквиума по теме «Электрохимические методы анализа, не связанные с поляризацией электродов» (ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 2.3, ИПК 1.2)

БИЛЕТ 1

1. Термодинамический вывод уравнения Нернста
2. Применение кондуктометрических методов для физико-химических методов исследования (на одном из методов остановиться подробнее).
3. Эквивалентная электропроводность $1,03 \cdot 10^{-3}$ М раствора уксусной кислоты при 25°C равна $48,15 \text{ Смг-экв}^{-1}\cdot\text{см}^2$. Определить константу диссоциации уксусной кислоты, если электропроводность уксусной кислоты при бесконечном разбавлении равна $390,6 \text{ Смг-экв}^{-1}\cdot\text{см}^2$.
4. На сколько мВ изменится потенциал водородного электрода относительно насыщенного каломельного, если к 50 мл 0,1 М раствора HCl прилить 20 мл 0,2 М раствора аммиака. Температура опыта 25°C .

Примеры кейсов

Предложите и дайте теоретическое обоснование методик определения ионов Fe^{2+} методами потенциометрического, амперометрического с двумя и с одним поляризованными электродами, кондуктометрического и кулонометрического титрования. При обосновании методик:

- методом потенциометрического титрования проведите расчет потенциала в точке эквивалентности и величины скачка на кривой титрования;
- методом амперометрического титрования вид кривой объясните на основании поляризационных кривых;
- методом кондуктометрического титрования вид кривых объясните на сопоставлении подвижностей ионов;
- методом кулонометрического титрования предложите методы фиксирования конечной точки титрования.

Примеры тестовых заданий для лекционного экспресс-контроля

Укажите правильный ответ

1. Для кислородного электрода уравнение Нернста при стандартных условиях имеет вид:
 - А) $E = E^0 - 0,059 \lg a_{\text{OH}^-}$
 - Б) $E = E^0 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{a_{\text{O}_2}}{a_{\text{OH}^-}^4}$

$$B) E = E^0 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{a_{OH^-}^4}{a_{O_2} a_{H_2O}}$$

$$Г) E = E^0 - 0,059 pH$$

2. При потенциометрическом титровании ионов Fe^{2+} раствором $K_2Cr_2O_7$ в качестве индикаторного электрода следует использовать:

А) хлоридсеребряный электрод

Б) платиновый электрод

В) ртутный пленочный электрод

Г) каломельный электрод

Примеры индивидуальных заданий (ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 2.2, ИПК 1.2)

Объясните вид кривых титрования для следующих систем

Вариант	Определяемое вещество	Титрант
1	H_3PO_4	NaOH
2	NaOH+ NH_4OH	HCl
3	$Cu(NO_3)_2$	KOH
4	$K_4[Fe(CN)_6]$	$Pb(NO_3)_2$
5	$Ca(NO_3)_2$	Na_2Y (ЭДТА)
6	$Zn(NO_3)_2$	NaOH
7	Na_2CO_3	HCl
8	CH_3COOH	NaOH
9	$AlCl_3$	NaOH
10	$HCOOH+NH_4Cl$	NaOH
11	$HCl+FeCl_3$	KOH
12	$NiCl_2$	NH_4OH

Вычислить потенциал металлического электрода относительно электрода сравнения при условиях, приведенных

Вариант	Электроды	Объем электролита, мл	Растворенное вещество и его количество	Температура, °С	Электрод сравнения
1	Медный	1000	$CuSO_4$, 16 г	18	водородный
2	Цинковый	500	$ZnSO_4$, 0.1 г-экв	18	Каломельный, 0.1 Н
3	Никелевый	1000	$NiCl_2$, 0.5 г-экв	30	Каломельный насыщ.
4	Алюминиевый	200	$AlCl_3$, 27 г	30	Каломельный насыщ.
5	Серебряный	400	$AgNO_3$, 0.2 г-экв	25	Каломельный 1 Н
6	Кадмиевый	1000	$Cd(NO_3)_2$, 18.8 г	25	водородный
7	Железный	100	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 20.5 г	30	Каломельный, 0.1 Н

8	Кобальтовый	200	CoCl ₂ , 0.5 г-экв	25	Хлоридсеребряный 1Н КСl
9	Ртутный	500	Hg(NO ₃) ₂ , 46 г	20	водородный
10	Свинцовый	250	Pb(NO ₃) ₂ , 0.2 М	25	Каломельный насыщ.
11	Оловянный	1000	SnCl ₂ , 59 г	30	Хлоридсеребряный 0.1 Н
12	Хромовый	300	Cr(NO ₃) ₃ , 1 М	20	водородный

Определите содержание указанного иона (в мг) методом кулонометрического титрования при постоянной силе тока.

Таблица 3.2.

Вариант	Определяемый ион или вещество	Генерируемый ион или вещество	Сила тока, мА	Время, мин
1	Fe ²⁺	Br ₂	100	3,5
2	H ⁺	ОН ⁻	300	5
3	Se(IV)	Г ⁻	200	7
4	Mo(V)	Fe ²⁺	150	15
5	BO ₃ ³⁻	ОН ⁻	100	10
6	Пиридин	H ⁺	120	5,5
7	Теобромин	Г ⁻	250	3
8	Zn ²⁺	K ₄ [Fe(CN) ₆]	300	4,1
9	CrO ₄ ²⁻	Cu ⁺	250	2
10	Г ⁻	Hg ₂ ²⁺	180	3,5
11	AsO ₃ ³⁻	Br ₂	240	4
12	[Fe(CN) ₆] ⁴⁻	MnO ₄ ⁻	300	2

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Экзамен в седьмом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 2 часа.

Структура экзамена соответствует компетентностной структуре дисциплины.

Первая часть представляет собой тест из 20 вопросов, проверяющих ИОПК-1.3, ИПК-1.2. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных.

Вторая часть содержит три вопроса, проверяющие ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-2.1, ИОПК-2.3, РОПК-1.1, ИПК-1.4 Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме.

Третья часть содержит 2 задачи, проверяющих ИОПК-2.3, ИОПК-2.4, ИПК-1.1. Ответы на вопросы третьей части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примеры тестовых заданий, размещенных в УМК «Электрохимические методы анализа»

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА - Mozilla Firefox

http://ido.tsu.ru/top_res1/electrohimmetod/

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Тестовые задания

Содержание

- Введение
- Глава 1. Кондуктометрические методы анализа
- Глава 2. Потенциометрия и потенциометрические методы анализа
- Глава 3. Основные закономерности электрохимических процессов
- Глава 4. Электролиз. Электрохимическое осаждение
- Глава 5. Кулонометрия
- Глава 6. Потенциометрическое титрование
- Глава 7. Лабораторные работы
- Тестовые задания
- Глоссарий
- Литература
- Методические рекомендации
- Приложение

Вопросы:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Вопрос 1 из 20

Выберите один правильный ответ из числа предложенных вариантов.

Какую реакцию можно использовать при кондуктометрическом определении муравьиной кислоты

Окисления-восстановления
 Комплексообразования
 Нейтрализации
 Осаждения

Ответить

Баллов за правильный ответ: 1

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА - Mozilla Firefox

http://ido.tsu.ru/top_res1/electrohimmetod/

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Тестовые задания

Содержание

- Введение
- Глава 1. Кондуктометрические методы анализа
- Глава 2. Потенциометрия и потенциометрические методы анализа
- Глава 3. Основные закономерности электрохимических процессов
- Глава 4. Электролиз. Электрохимическое осаждение
- Глава 5. Кулонометрия
- Глава 6. Потенциометрическое титрование
- Глава 7. Лабораторные работы
- Тестовые задания
- Глоссарий
- Литература
- Методические рекомендации
- Приложение

Вопросы:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Вопрос 16 из 20

Восстановите последовательность.

Расположите вещества в том порядке, в котором их можно селективно определить методом электрогравиметрии при их совместном содержании в анализируемом растворе

1. (вариант не выбран) [Выбрать](#)

[Al](#) (вариант не выбран) [Выбрать](#)

[Mn](#) (вариант не выбран) [Выбрать](#)

[Fe](#) (вариант не выбран) [Выбрать](#)

[Cu](#) (вариант не выбран) [Выбрать](#)

Ответить

Баллов за правильный ответ: 1

Примеры экзаменационных билетов

Экзаменационный билет № 2

1. Способы определения конечной точки титрования в методе потенциометрического титрования.
2. Ток обмена. Кинетический вывод уравнения Нернста.
3. Полярографическое восстановление комплексных ионов. Определение координационного числа и константы нестойкости комплекса методом классической полярографии.
4. Навеску сплава 0,4923 г растворили и через полученный раствор в течение 7 минут пропускали ток 0,4 А, в результате чего на катоде полностью выделился никель. Определите процентное содержание никеля в сплаве, если выход по току составил 80 %.
5. С помощью поляризационных кривых объясните вид кривой амперометрического титрования с двумя поляризованными электродами I₂ раствором Na₂S₂O₃.

Экзаменационный билет № 14

1. Следствия из уравнения Ильковича.
2. Требования, предъявляемые к мембранам, используемым в качестве чувствительных элементов в твердых и жидкостных ионоселективных электродах.
3. Электрохимическая поляризация. Уравнение Тафеля.
4. Проведите обоснование методики определения цинка методом потенциометрического титрования.
5. При определении содержания фторид-ионов методом добавок, в стакан для измерения было помещено 40 см³ сточной воды. Значение потенциала фторид-селективного электрода оказалось равным 244 мВ. К анализируемому раствору добавили 3 см³ стандартного раствора с концентрацией 0,01 моль/дм³, при этом значение потенциала оказалось равным 147 мВ. Определите содержание фторид-ионов в анализируемой воде.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Каждый вопрос оценивается баллами. Баллы, полученные на экзамене суммируются с баллами, полученными в течение семестра. Если студент набрал более 90% баллов от максимально возможного, оценка «Отлично», от 75 до 89% - оценка «Хорошо», от 60 до 74% - оценка «Удовлетворительно».

Информация о разработчиках

Шелковников Владимир Витальевич, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, заведующий кафедрой.

Носкова Галина Николаевна, д-р. хим. наук, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор