

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Избранные главы электрохимического анализа СЗ.ДВ.1

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Аналитическая химия

Квалификация выпускника:

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Евтюгин Г.А.

Рецензент(ы):

Будников Г.К.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой:

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2013

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Евтюгин Г.А. Кафедра аналитической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова ,
Gennady.Evtugyn@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Избранные главы электрохимического анализа" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с использованием электрохимических методов анализа в медицине, пищевой промышленности, эколого-аналитическом контроле, при проведении исследований в области разработки и применения химически модифицированных электродов, а также смежных областях, включая теоретические и прикладные основы электрохимии. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о факторах, определяющих аналитический сигнал современных методов вольтамперометрии, о принципах планирования электрохимического эксперимента и определения механизма электродных реакций различных соединений. Кроме того, при освоении дисциплины студенты получают обзорные знания о комбинированных методах электрохимического анализа, включая спектроэлектрохимию, электролюминесценцию и пьезокварцевое микровзвешивание.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "СЗ.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Избранные главы электрохимического анализа" относится к вариативной части учебного цикла СЗ "Профессиональные (специальные) дисциплины" профиля "Аналитическая химия" (курсы по выбору студентов). Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов базовой части цикла СЗ "Неорганическая химия" (ионные равновесия в растворе, окислительно-восстановительные реакции), "Аналитическая химия" (электрохимические методы анализа) и "Органическая химия" (механизмы окисления органических соединений различного строения). Кроме того, студенты должны иметь общие представления об электрохимических методах анализа в объеме требований курса "Основы электроанализа" профиля "Аналитическая химия". Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение других курсов по выбору вариативной части профиля "Аналитическая химия"

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	понимает сущность и социальную значимость профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности
ПК-13 (профессиональные компетенции)	владеет навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Знать основные механизмы окисления/восстановления низкомолекулярных соединений и пути исследования этих механизмов методами вольтамперометрии, обсуждать физико-химические аспекты электродных реакций определяемых соединений, ориентироваться в современной литературе и вести дискуссию по электрохимическим методам анализа

2. должен уметь:

Уметь самостоятельно планировать электрохимические исследования с целью установления механизма электродных реакций и рабочих условий определения соединений различного строения для решения конкретных аналитических задач

3. должен владеть:

Владеть навыками расчетов кинетических параметров электродных реакций и определения стехиометрических параметров переноса электрона и ионов водорода, оценки метрологических и иные операционных характеристик биосенсоров

способность владеть основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической и аналитической химии), применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость	7	1	0	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия	7	2	0	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых	7	3	0	2	0	дискуссия
4.	Тема 4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии	7	4	0	2	0	устный опрос
5.	Тема 5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода	7	5	0	2	0	тестирование
6.	Тема 6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза	7	6	0	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола	7	7	0	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Потенциостатические методы	7	8	0	2	0	устный опрос
9.	Тема 9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"	7	9	0	2	0	коллоквиум
10.	Тема 10. Спектроскопия электрохимического импеданса	7	10	0	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постоянноточковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса	7	11	0	2	0	дискуссия
12.	Тема 12. Пьезокварцевое микровзвешивание	7	12	0	2	0	устный опрос
13.	Тема 13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микровзвешивание с регистрацией вольтамперных кривых	7	13	0	2	0	устный опрос
14.	Тема 14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция	7	14	0	2	0	тестирование
15.	Тема 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.	7	15	0	2	0	контрольная работа
16.	Тема 16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ	7	16	0	2	0	тестирование
17.	Тема 17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами	7	17	0	2	0	устный опрос
18.	Тема 18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).	7	18	0	2	0	дискуссия

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Итого			0	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость

практическое занятие (2 часа(ов)):

1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость. Стадии электрохимического процесса. Электродная реакция и химические реакции интермедиатов. Общая характеристика природы промежуточных частиц в реакциях переноса электрона, иона водорода, димеризации и разложения. Понятие "хорошей" уходящей группы. Общие подходы к выявлению природы и последовательности стадий электрохимического процесса на примере ЕС, СЕ и ЕСЕ-процессов.

Тема 2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия

практическое занятие (2 часа(ов)):

2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия. Характеристика вольтамперной кривой. Окно рабочих потенциалов. Процессы, ограничивающие ширину рабочего "окна" потенциалов и способы его изменения. Вольтамперный пик. Описание формы пика для обратимого и необратимого электродного процесса. Влияние неферрадеевских стадий на форму вольтамперного пика. Адсорбция. Реакции протонирования-депротонирования. Полимеризация и "отравление" электрода. Электрокатализ. Характеристика изменения пиков на циклических вольтамперограммах в зависимости от соотношения стадий химического превращения интермедиатов и переноса электрона.

Тема 3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых

практическое занятие (2 часа(ов)):

3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых. Стадии массопереноса и переноса электрона. Электрохимический вариант законов Фика. Дифференциальные уравнения и граничные условия, описывающие концентрационные зависимости электродной реакции при различной геометрии электрода. Примеры реализации компьютерной симуляции кривых. Программы Electrochemist.com, Polarograph.com, ESP. Особенности реализации интерфейса и примеры использования для расчета кинетических параметров переноса электрона.

Тема 4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии

практическое занятие (2 часа(ов)):

4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии. Химические стадии, инициируемые электронным переносом. Депротонирование и димеризация как основные стадии анодных реакций, протонирование, отщепление устойчивых анионов и димеризация в катодных процессах. Характеристика вольтамперограмм и способы расчета кинетических параметров априорных стадий ЕСЕ процессов. Надежность установления механизма электродной реакции по данным вольтамперометрии. Использование сверхбыстрой развертки потенциала и бипотенциостатических методов анализа.

Тема 5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода

практическое занятие (2 часа(ов)):

5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода. Влияние стадий переноса электрона и иона водорода в анодном окислении замещенных фенолов, полиспиртов и ароматических аминов. Окисление пирокатехинов. Диаграммы E - pH и установление лимитирующих стадий процесса по константам кислотности.

Тема 6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза

практическое занятие (2 часа(ов)):

6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза. Характеристика органических соединений, способных к электрополимеризации, в соответствии с редокс-активностью и электропроводностью продуктов. Методы проведения электрополимеризации: потенциостатический электролиз, потенциодинамический электролиз, пульс-методы. Характеристика циклических вольтамперограмм в реакциях электрохимического осаждения продуктов олигомеризации на электроде. Влияние ионного состава электролита на характеристики полимера. Влияние материала электрода на эффективность полимеризации и природу продукта.

Тема 7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола

практическое занятие (2 часа(ов)):

7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола. Особенности получения и проявления электрохимической активности полианилина, политиофена и полипиррола. Виды вольтамперограмм и условия получения продуктов реакции. Проведение электролиза в органических и мицеллярных средах. Кислотно-основные свойства полианилина. Влияние противоиона на процесс полимеризации, ионообменные и окислительно-восстановительные свойства полианилина. Особенности электрополимеризации тиофена. Характеристика 3,4-диоксиэтилентиофена и октилтиофена. Оптические свойства политиофена и PEDOT. Сравнительная характеристика полипиррола и других полимеров как основы для иммобилизации биохимических компонентов. Сверхокисленный полипиррол в биосенсорах.

Тема 8. Потенциостатические методы

практическое занятие (2 часа(ов)):

8. Потенциостатические методы. Условия потенциостатического измерения окислительно-восстановительных характеристик деполяризатора. Понятие реакционного слоя. Уравнение Коттрелла. Сравнительная характеристика чувствительности потенциостатических и потенциодинамических (вольтамперометрических) методов анализа. Анализ хроноамперограммы. Определение площади поверхности, коэффициента диффузии и количества реагирующего вещества по хроноамперограмме. Влияние адсорбции и растворения электрода на вид хроноамперограмм.

Тема 9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"

практическое занятие (2 часа(ов)):

9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"

Тема 10. Спектроскопия электрохимического импеданса

практическое занятие (2 часа(ов)):

10. Спектроскопия электрохимического импеданса. Основы метода. Способы представления гармонических колебаний. Импеданс и адмиттанс. Диаграммы Найквиста. Понятие эквивалентной ячейки (эквивалентной схемы расчетов). Ячейка Рейнолдса как основной способ импедиметрии при исследовании поверхностных реакций. Эквивалентные ячейки при исследовании толстых и пористых пленок, коррозии и электрополимеризации. Альтернативные способы представления импедиметрических данных. Диаграммы Лове.

Тема 11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постоянноточковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса

практическое занятие (2 часа(ов)):

11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постоянноточковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса. Окисление фенотиазиновых красителей. Влияние строения на механизм окисления. Установление соотношения числа переносимых ионов водорода и электронов в лимитирующей стадии. Определение заряда промежуточных частиц. Исследование адсорбции фенотиазинов на электродах различной природы. Сравнение поведения фенотиазинов со свободной аминогруппой (тионин) и диалкиламиногруппами (Метиленовый зеленый), фенотиазинов и феназинов (Нейтральный красный). Обнаружение и изучение вклада процессов электрополимеризации фенотиазинов и фенкосазинов.

Тема 12. Пьезокварцевое микровзвешивание

практическое занятие (2 часа(ов)):

12. Пьезокварцевое микровзвешивание. Пьезоэффект. Материалы, обладающие пьезоэффектом. Кварц. Строение пьезокварцевого резонатора. Принципиальная схема измерения пьезокварцевого эффекта. Измерение на воздухе. Уравнение Зауэрбрея. Измерение в жидкой среде. Стационарные условия. Проточно-инжекционный режим. Особенности применения уравнения Зауэрбрея. Примеры реализации пьезокварцевого микровзвешивания в биоанализе.

Тема 13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микровзвешивание с регистрацией вольтамперных кривых

практическое занятие (2 часа(ов)):

13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микровзвешивание с регистрацией вольтамперных кривых. Реализация метода пьезокварцевого микровзвешивания с одновременной регистрацией вольтамперных кривых. Феноменологическое описание электродных процессов по данным EQCM. Изучение катодных реакций выделения водорода. Изучение электродного восстановления адсорбированного молекулярного кислорода. Демонстрация возможности метода на примере электрополимеризации. Достоинства и ограничения EQCM.

Тема 14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция

практическое занятие (2 часа(ов)):

14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция. Механизм электролюминесценции. Основные механизмы генерирования люминесценции. Спектры люминесценции. Активация и тушение электролюминесценции. Электролюминесценция в тонких пленках и в растворе. Электролюминесценция в определении неорганических и органических соединений. Основные реагенты, применяемые в электролюминесцентных вариантах электроанализа. Органические комплексы рутения, люминол, пероксид водорода. Оборудование для регистрации электролюминесценции.

Тема 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.

практическое занятие (2 часа(ов)):

15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия. Электроды для регистрации изменения оптических характеристик в процессе электродных реакций. Тонкие пленки золота, оксиды индия и олова (электроды ИТО). ИК-Спектры отражения. Примеры использования спектроэлектрохимии в изучении электродных реакций красителей и полимеров с электропроводящими свойствами. Спектроэлектрохимия полианилина.

Тема 16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ

практическое занятие (2 часа(ов)):

16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ. Требования, предъявляемые к индикаторным электродам в проточном анализе. Проточно-инжекционный и проточный непрерывный электроанализ. Особенности работы с потенциометрическими и амперометрическими сенсорами. Способы ввода пробы. Аналитический сигнал и его обработка. Проведение дополнительных стадий (маскирование, концентрирование, дериватизация) анализа. Проточный анализ и миниатюризация сенсоров. Проблема электрода сравнения. Сравнительная характеристика проточных и стационарных методов анализа с одним индикаторным электродом.

Тема 17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами

практическое занятие (2 часа(ов)):

17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами. Современные технологии изготовления микрофлюидных устройств. Травление, литография, методы полимеризации. Способы организации потоков в микрофлюидных устройствах. Микронасосы пьезоэлектрического, микроанометрического действия. Системы ввода пробы. Электрохимические детекторы микрофлюидных устройств. Примеры реализации электрохимических микрофлюидных систем. Лаборатория на чипе.

Тема 18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).

практическое занятие (2 часа(ов)):

18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость	7	1	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос
2.	Тема 2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия	7	2	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос
3.	Тема 3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых	7	3	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	дискуссия
4.	Тема 4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии	7	4	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода	7	5	Подготовка к рассмотрению конкретных случаев (case study). подготовка к тестированию	2	тестирование
6.	Тема 6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза	7	6	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос
7.	Тема 7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола	7	7	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос
8.	Тема 8. Потенциостатические методы	7	8	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос
9.	Тема 9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"	7	9	подготовка к коллоквиуму	2	коллоквиум
10.	Тема 10. Спектроскопия электрохимического импеданса	7	10	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постоянноточковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса	7	11	Подготовка к рассмотрению конкретных случаев (case study).	2	дискуссия
12.	Тема 12. Пьезокварцевое микровзвешивание	7	12	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)	2	устный опрос
13.	Тема 13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микровзвешивание с регистрацией вольтамперных кривых	7	13	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Комбинированные методы электроанализа. Электрорлюминесценция	7	14	подготовка к тестированию	2	тестирование
15.	Тема 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.	7	15	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
16.	Тема 16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ	7	16	подготовка к тестированию	2	тестирование
17.	Тема 17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами	7	17	Проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература)у	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
18.	Тема 18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).	7	18	Подготовка к рассмотрению конкретных случаев (case study).	2	дискуссия
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- компьютерные презентации лекций;
- интерактивный опрос по разделам 1-4
- интерактивный опрос по разделам 12-15;
- компьютерная симуляция вольтамперных кривых (раздел 3);
- разбор конкретной ситуации (case study) по разделу 5 "Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода";
- разбор конкретной ситуации (case study) по разделу 11 "Планирование электрохимического эксперимента"

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение. Место электрохимических методов анализа в аналитической химии. Понятие механизма электрохимической реакции. Химическая и электрохимическая обратимость

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: какие методы относятся к электрохимическим методам анализа? Каковы основные особенности вольтамперометрии по сравнению с потенциометрией? В чем различие кондуктометрии и спектроскопии электрохимического импеданса? В чем различия кулонометрии и электрогравиметрии? Что такое "механизм электрохимической реакции" В чем сходство и различие трактовки понятий обратимости в термодинамике и электрохимии? Объясните смысл понятий химической и электрохимической обратимости реакций.

Тема 2. Феноменологическое изучение механизма электрохимической реакции: циклическая вольтамперометрия

устный опрос , примерные вопросы:

Чем объясняется морфология пика на вольтамперограмме? Что такое "диффузионный шлейф"? Какова связь между пиком и уравнениями Тафеля и Котрелла? Как выглядят вольтамперограммы в случае: обратимого и необратимого электронного переноса, обратимой и необратимой химической стадии реакции? Зачем нужны данные циклической вольтамперометрии в анализе?

Тема 3. Компьютерная симуляция вольтамперных кривых

дискуссия , примерные вопросы:

Примерные темы для дискуссии: Что лежит в основе компьютерного моделирования вольтамперограммы в программе DigiSim? Каковы исходные данные и как их модифицировать в интерфейсе программы? Почему вольтамперная кривая допускает две формы представления? Что дает изменение коэффициента переноса и константы скорости переноса электрона? Как моделирование может помочь анализу реальной вольтамперной кривой?

Тема 4. Анализ химических стадий электрохимических процессов по данным вольтамперометрии

устный опрос , примерные вопросы:

Какие стадии выделяют в электрохимической реакции. приведите примеры реальных реакций, отвечающих аббревиатурам ЕС, СЕ, ЕСЕ, Есат. По каким диагностическим критериям можно выделить присутствие химической стадии? Как определить константу скорости химической реакции по данным вольтамперометрии? Как изменится вольтамперограмма, если скорость промежуточной химической реакции уменьшить? Как разделить вклад химической стадии от реакции димеризации? от адсорбции промежуточного продукта переноса электрона? В чем может быть причина каталитического увеличения тока?

Тема 5. Case study: Сопряженные реакции переноса электрона и иона водорода

тестирование , примерные вопросы:

Примеры вопросов теста: Что включает в себя понятие "механизм электродной реакции"? Что такое лимитирующая стадия процесса применительно к электродным реакциям? Что может являться продуктом переноса электрона? Зачем знать механизм электродной реакции? Каков нижний предел константы скорости переноса электрона, отвечающий обратимому процессу? В чем различие понятий квазиобратимый и необратимый электродный процесс? Для каких условий справедливо уравнение Лавирона? Что можно использовать в качестве критерия обратимости? Как определить число ионов водорода, переносимых в реакции? Что можно сделать для улучшения разрешения плохо разрешённых пиков, отвечающих независимому окислению (восстановлению) веществ? Как установить поверхностную концентрацию деполяризатора? С чем связано допущение о равенстве коэффициентов диффузии распространенных деполяризаторов?

Тема 6. Реакции электрополимеризации в электроанализе: контроль характеристик продукта полимеризации на стадии электролиза

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: Какие реакции инициируются первичным окислением субстрата? К какому типу полимеризации относятся большинство процессов электрополимеризации? Как инициировать полимеризацию субстрата? Как установить возможное образование олигомерного продукта по данным циклической вольтамперометрии, кулонометрии, спектроскопии электрохимического импеданса, пьезокварцевого микровзвешивания? Какова классификация продуктов электрополимеризации?

Тема 7. Электрохимия полианилина, политиофена и полипиррола

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: В чем различие условий электрополимеризации анилина, тиофена и пиррола? Почему тиофен можно полимеризовать только из раствора в органическом растворителе? Почему необходима сильная кислота при полимеризации анилина? Почему число пар пиков на вольтамперограммах полианилина, политиофена и полипиррола не совпадает? Проведите отнесение пиков полианилина к конкретным продуктам полимеризации.

Тема 8. Потенциостатические методы

устный опрос , примерные вопросы:

В каких условиях использование потенциостатического метода электрополимеризации предпочтительнее потенциодинамического? Каково основное уравнение хроноамперометрии? В чем преимущества потенциостатических методов в анализе механизма электрохимической реакции? Как определить поверхностную концентрацию адсорбированного вещества по данным хроноамперометрии?

Тема 9. Коллоквиум "Анализ механизма электродных реакций"

коллоквиум , примерные вопросы:

Примерные вопросы коллоквиума: 1. Предскажите, каким образом может выглядеть циклическая вольтамперограмма, отвечающая приведенному механизму. Обоснуйте ваше мнение и объясните, в каких случаях будут наблюдаться те или иные варианты вольтамперограмм. 2. Для механизмов с участием ионов водорода, приведенных в 1, укажите предположительно характер влияния pH на высоту и положение пиков на вольтамперограммах. 3. Предложите алгоритм исследования механизмов 1 для установления среднего числа переносимых электронов и относительной высоты пиков на вольтамперограммах.

Тема 10. Спектроскопия электрохимического импеданса

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: В чем отличие по технике измерения кондуктометрии от измерения электрохимического импеданса? Объясните внешний вид диаграммы Найквиста. Какой смысл имеет коэффициент шероховатости и как это связано с постоянно-фазовым элементом? Как рассчитать сопротивление переноса заряда? Как соотносится строение двойного электрического слоя и эквивалентная ячейка Рэндлса? каким образом интерпретируют параметры электрохимического импеданса в случае химически модифицированных электродов и электрохимических биосенсоров? Зачем нужны диаграммы Боде и как они соотносятся с диаграммой Найквиста?

Тема 11. Case study: планирование электрохимического эксперимента для расшифровки механизма электродной реакции по данным постоянноточковой вольтамперометрии и спектроскопии электрохимического импеданса

дискуссия , примерные вопросы:

Примерные темы осуждения: Из каких стадий состоит планирование электрохимического эксперимента? каковы задачи изучения механизма электрохимической реакции? Какие экспериментальные параметры меняют при исследовании электрохимического процесса? Какова последовательность изучения механизма электрохимической реакции? Как соотносятся данные электрохимического импеданса и циклической вольтамперометрии в случае электродов, модифицированных медиаторами электронного переноса.

Тема 12. Пьезокварцевое микровзвешивание

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: что такое прямой и обратный пьезоэффект? Что такое АТ-срез кварца. используемый для изготовления пьезосенсоров? Каково назначение возбуждающих электродов? Какие химические соединения обладают пьезоэффектом? В каких случаях применимо уравнение Зауэрбрея? Что такое режим измерения deer-and-dry? Каким образом можно проводить измерения в жидкостях и как модифицировать для этого уравнение Зауэрбрея? Как меняется чувствительность сигнала пьезосенсора при увеличении собственной резонансной частоты кристалла? Что такое срыв пьезоэффекта и когда он наблюдается?

Тема 13. Комбинированные методы электроанализа. Пьезокварцевое микровзвешивание с регистрацией вольтамперных кривых

устный опрос , примерные вопросы:

Как можно регистрировать электрохимические характеристики и одновременно производить пьезокварцевое микровзвешивание? Приведите примеры характеристических изменений сигнала EQCM для реакций: допирования полимера (на примере полипиррола или полианилина), образования электрополимеризованного покрытия, сорбции/десорбции деполяризатора, образования газообразного продукта реакции (каталитическое выделение водорода на платине).

Тема 14. Комбинированные методы электроанализа. Электролюминесценция

тестирование , примерные вопросы:

Что такое электролюминесценция? как технически проводить измерение электролюминесценции? Какие прозрачные электропроводные материалы используют в электролюминесценции? Каковы области приложения электролюминесценции. Что такое квантовый выход? Приведите примеры органических комплексов металлов, применяемых для регистрации электрохемилюминесценции. Какие задачи можно решать с помощью указанных соединений? .

Тема 15. Комбинированные методы электроанализа. Спектроэлектрохимия.

контрольная работа , примерные вопросы:

Примерные вопросы на контрольную работу: 1. Форма вольтамперной кривой при различных сочетаниях химических стадий и стадий переноса электрона. 2. Анализ механизма окисления гидрохинона: влияние pH и среды. 3. Влияние внутрисферного переноса электрона на электрохимическое поведение органических комплексов мультивалентных ионов металлов (на примере фталоцианинов и порфиринов переходных металлов). 4. Нетрадиционные механизмы переноса заряда на электродах, модифицированных электропроводящими материалами (прыжковый механизм) 5. Влияние условий синтеза на электрохимические характеристики электропроводящих материалов. 6. Теория замедленного разряда. Уравнение Баттлера-Фольмера. 7. Определение коэффициента переноса и его физический смысл в свете теории замедленного заряда. 8. Токи обмена и влияние величины тока обмена на электрохимическую обратимость процесса. 9. Химическая и электрохимическая обратимость стадий электродных реакций. 10. Уравнение Тафеля и его применение в исследовании механизма электрохимической реакции. 11. Влияние геометрии электрода на вольтамперные кривые. Диффузионные токи на стационарных сферическом и полусферическом электродах. 12. Массоперенос к ультрамикроэлектродам. 13. Практическое применение ультрамикроэлектродов и батарей ультрамикроэлектродов для решения специальных задач электроанализа. 14. Практические аспекты применения ультрамикроэлектродов. 15. Граничные условия задачи моделирования вольтамперных кривых. 16. Моделирование многостадийных процессов с включением химических стадий. Особенности формулирования граничных условий. 17. Компьютерное моделирование поведения электродов, модифицированных пленками полимеров. 18. Электроанализ в потоке. Системы типа wall-jet. 19. Электрохимические микрофлюидные устройства 20. Проблемы, связанные с применением имплантируемых сенсоров (на примере определения газового состава крови) 21. Нанозлектрохимия и наносенсоры. 22. Микроэлектронные устройства на основе гребенчатых электродов. 23. Мультисенсорные устройства. Концепция вольтамперометрического "электронного языка".

Тема 16. Комбинированные методы электроанализа. Проточный электроанализ

тестирование , примерные вопросы:

Примерные вопросы: В чем различие проточно-инжекционного и непрерывного проточного анализа? Каковы требования к электродам для проточного анализа? Конструкции ячеек: тонкослойные ячейки, ячейка типа "поток на стенку". От чего зависит сигнал вольтамперометрических сенсоров в проточных вариантах анализа?

Тема 17. Микрофлюидные устройства с электрохимическими детекторами

устный опрос , примерные вопросы:

Примерные вопросы: Что такое микрофлюидика и микрофлюидные устройства? Каким образом изготавливают ячейки для микрофлюидного анализа? Каким образом организованы прокачка растворов, их смешение и введение проб в микрофлюидных устройствах? Каковы преимущества микрофлюидных устройств по сравнению со стандартными электрохимическими ячейками? каким образом микрофлюидные устройства используются в медицине и в биосенсорике?

Тема 18. Перспективы развития методов электроанализа (круглый стол с приглашением специалистов).

дискуссия , примерные вопросы:

Примерные темы дискуссии: каковы области применения электрохимических методов анализа в реальном секторе экономики и медицине? какие требования предъявляют к операционным характеристикам электрохимических сенсоров? В чем перспектива применения электрохимических сенсоров в медицине, экологии и биотехнологии?

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Тестирование по темам 1-4

Тестирование по темам 12-15

Коллоквиум

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС) включает следующие виды работ:

- изучение теоретического лекционного материала, подготовка к интерактивному опросу по материалам лекций;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература);
- проведение имитационного моделирования с использованием бесплатных версий программ в Интернет;
- подготовка к рассмотрению конкретных случаев (case study).

Экзамен

Вопросы к экзамену

1. Морфология вольтамперных кривых обратимых, квазиобратимых и необратимых электродных реакций.
2. Общие подходы к анализу многостадийных электродных реакций. ECE процессы (на примере окисления ароматических спиртов и аминофенолов). CE процессы (окисление альдегидов), EE процессы (окисление фуллерена).
3. Влияние условий измерения вольтамперных кривых на форму и положение пиков. Интерпретация зависимостей тока и потенциала пика от скорости сканирования потенциала и pH.
4. Сопряжение стадии переноса электрона и иона водорода.
5. Постановка задачи компьютерной симуляции вольтамперной кривой. Исходные данные и граничные условия.
6. Электрополимеризация анилина: интерпретация вольтамперной кривой и влияние условий получения на характеристики полианилина.
7. Электрополимеризация пиррола и тиофена. Применение электродов, модифицированных электрополимеризованными покрытиями, в анализе конкретных объектов.
8. Потенциостатические методы электрохимического анализа. Уравнение Котрелла. Потенциостатическая инверсионная вольтамперометрия.
9. Электрохимический импеданс: основные термины и постановка эксперимента.
10. Электрохимический импеданс в исследовании продуктов электрополимеризации.
11. Пьезокварцевые резонаторы в определении низкомолекулярных соединений. Уравнение Зауэрбрея и его интерпретация.
12. Пьезокварцевые резонаторы в определении высокомолекулярных соединений. Применение EQCM.
13. Электрохимические поверхностные процессы с участием органических комплексов переменной валентности металлов.
14. Влияние адсорбции на вольтамперограммы электрохимически активных соединений.
15. Механизмы окисления фталоцианинов и порфиринов переходных металлов.
15. Компьютерное моделирование вольтамперограмм. Влияние условий диффузии и геометрии электрода
16. Ультрамикроэлектроды: изготовление и особенности применения.
17. Электроанализ в потоке. Микрофлюидные устройства
18. Батареи вольтамперометрических сенсоров. Способы обработки сигнала в системах типа "электронный язык".
19. Электролюминесцентные системы: примеры решения конкретных задач электроанализа.
20. Исследование механизмов электродных реакций в спектроскопических методах исследований.

7.1. Основная литература:

1. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир-Бином ЛЗ, 2003. - 592 с.

2. Будников Г.К., Евтюгин Г.А., Майстренко В.Н. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине (Методы в химии). М.: Изд-во "Бином. Лаборатория знаний", 2009.- 416 с.
3. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. М.: Техносфера, 2008.- 424 с.
4. Хенце Г. Полярография и вольтамперометрия. М.: Бином - ЛЗ, 2008.- 288 с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М. Техносфера, 2005.- 336 с.
2. Колпакова Н.А., Анисимова Л.С., Пикула Н.П., Заичко Л.Ф., Белихмаер Я.А. Сборник задач по электрохимии. М.: Высшая школа, 2003.- 144 с.
3. Миомандр Ф., Садки С., Одебер П. Электрохимия. М.: Техносфера, 2008.- 360 с.
4. Пети М. Молекулярная электроника. Пер. с англ. М.: Интеллект, 2009. - 480 с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Интернет-университет современных технологий. Курс - <http://www.intuit.ru/department/hardware/intensors/>

Новые справочники по аналитической химии. Проточно-инжекционный анализ -

http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/03_analiticheskaya_khimiya_cha

Сайт полезной информации по химии - <http://khimie.ru/>

Сайт разработчика DigiSim - обучение интерфейсу программы -

<http://www.basinc.com/products/ec/digisim/tutorials/>

Химический портал ChemPort. Раздел - <http://www.chemport.ru/electrochemistry.shtml>

Энциклопедия ХиМиК. Сайт о химии. Раздел - <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/5344.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Избранные главы электрохимического анализа" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Аналитическая химия .

Автор(ы):

Евтюгин Г.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Будников Г.К. _____

"__" _____ 201__ г.