

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. Талорский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
**Электроаналитическая химия Б1.В.ОД.11**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Аналитическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Будников Г.К.

**Рецензент(ы):**

Шайдарова Л.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Евтюгин Г. А.

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 759017

Казань  
2017

## 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) профессор, д.н. (профессор) Будников Г.К. Кафедра аналитической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Herman.Budnikov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины "Электроаналитическая химия" состоят в следующем: овладеть теорией и практикой применения одного из важнейших методов химического анализа и исследования, основанного на использовании фундаментальных свойств веществ и соединений участвовать в реакциях переноса заряда на границе раздела фаз. Обучающийся должен ориентироваться в многообразии электрохимических методов анализа с целью использования для решения конкретной аналитической задачи.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.11 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.03.01 Химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина 'Электроаналитическая химия' относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению Химия, по профилю 'Аналитическая химия'.

Электрохимические методы анализа (ЭМА) занимают одно из первых мест среди других методов аналитической химии по частоте их применения. Их применение обеспечивает развитие ряда естественных наук, например, физики, геологии, агрохимии, биологии, медицины. ЭМА способствуют развитию самой химической науки, автоматизации производственных процессов. Электрохимические сенсоры, датчики, детекторы и вообще первичные электрохимические преобразователи информации находят самое широкое применение в охране окружающей среды, а также контроле состояния здоровья человека. Отечественные ученые внесли значительный вклад в развитие ЭМА. Изучение исторического развития ЭМА в нашей стране и за рубежом имеет не только методологическое значение, но и способствует воспитанию патриотических взглядов.

Преподавание спецкурса ЭМА на кафедре аналитической химии КФУ является основным звеном в общей программе подготовки специалистов-химиков высокой квалификации и, в частности, в области электроаналитической химии. Оно направлено на усвоение ими теоретических основ ЭМА и областей их практического применения, на умение выявлять преимущества и возможности того или иного метода электроаналитической химии. Содержание курса опирается на знания, полученные при изучении главных химических дисциплин: аналитической, неорганической, органической, физической химии и химия высокомолекулярных соединений.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	владением навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	знанием норм техники безопасности и умением реализовать их в лабораторных и технологических условиях
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов
ПК-7 (профессиональные компетенции)	владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

классификацию и теоретические основы наиболее важных электрохимических методов анализа (природу аналитического сигнала, способы повышения чувствительности и разрешающей способности), области их применения на практике (в том числе и в научных исследованиях), современное состояние этих методов (в том числе их активное применение в биомедицине, в частности, химических сенсоров и биосенсоров с электрохимическим откликом), перспективы и способы совершенствования методов электроанализа, этапы их развития и научные достижения наиболее выдающихся зарубежных и российских электроаналитиков.

2. должен уметь:

осуществить отбор необходимых аксессуаров, электродов и средств измерения на электрохимической аппаратуре, составить электрическую цепь и подобрать рабочие условия в электрохимической ячейке.

3. должен владеть:

теоретическими основами наиболее важных электрохимических методов анализа

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать способность и готовность провести измерения на современной учебно-научной аппаратуре для электроанализа и представить результаты их обработки.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 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. Тема: Роль и место ЭМА в современной аналитической химии.	7	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Тема: Потенциометрический метод анализа. Прямая потенциометрия. Электроды.	7	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Тема: Потенциометрическое титрование.	7	3	2	0	0	
4.	Тема 4. Тема: Ионметрия. Мембранные электроды.	7	4	2	0	0	
5.	Тема 5. Тема: Возможности и применение ионметрии.	7	5	4	0	0	
6.	Тема 6. Тема: Общие принципы вольтамперометрии.	7	6	4	2	8	
7.	Тема 7. Тема: Вольтамперометрия с быстрым изменением потенциала.	7	7	4	0	8	Контрольная работа
8.	Тема 8. Тема: Способы повышения чувствительности полярографии. Уравнение Ильковича для диффузионной кинетики в полярографии.	7	8	4	0	8	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Тема: Полярграфия органических соединений.	7	9	4	2	8	
10.	Тема 10. Тема: Современные пути повышения чувствительности и селективности методов вольтамперометрии.	7	10	4	0	8	
11.	Тема 11. Тема: Амперометрия. Метод мертвой конечной точки (титрование с двумя поляризованными электродами).	7	11	2	0	0	
12.	Тема 12. Тема: Кулонометрия и кулонометрическое титрование.	7	12	2	0	0	
13.	Тема 13. Тема: Зонный капиллярный электрофорез. Принципы. Детекторы. Предел обнаружения.	7	13	2	0	0	
14.	Тема 14. Контрольная работа	7	14	2	0	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			40	4	40	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Тема: Роль и место ЭМА в современной аналитической химии.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

1. Электрохимические методы анализа (электроаналитика, электроанализ, аналитическая электрохимия, ЭМА). Основные определения. Роль и место ЭМА в современной аналитической химии. Краткая история ЭМА. Роль советских и российских электроаналитиков в становлении и развитии ЭМА. ЭМА-конференции в мире и в СССР и РФ.

##### Тема 2. Тема: Потенциометрический метод анализа. Прямая потенциометрия.

###### **Электроды.**

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

2. Потенциометрический метод анализа. Виды и классификация методов потенциометрии. Прямая потенциометрия. Электроды. Функция отклика. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Требования к индикаторным электродам. Механизмы отклика. Примеры. Точность потенциометрических измерений. Теоретическая оценка.

### **Тема 3. Тема: Потенциометрическое титрование.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

3. Потенциометрическое титрование. Основные типы реакций, требование к ним. Величина скачка при титровании и факторы, определяющие его величину. Кривые титрования, их форма. Точка эквивалентности и симметрия кривой. Метод Грана для обработки кривых титрования.

### **Тема 4. Тема: Ионметрия. Мембранные электроды.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

4. Ионметрия и ионоселективные электроды. Краткая история ИСЭ. Роль отечественных ученых в развитии теории и практики ИСЭ. Мембранные электроды: жидкостные и твердотельные. Примеры. Схемы отклика, факторы, определяющие пределы обнаружения. Общие требования к электродам этого типа. Уравнение Никольского. Мембранное равновесие и параметры селективности. Способы определения константы селективности. Стеклоанный электрод и рН-метрия. История появления метода. Типы стеклянных электродов. Природа ошибок при измерении со стеклянным электродом.

### **Тема 5. Тема: Возможности и применение ионметрии.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

5. Возможности и применение ионметрии. Электроды на органические субстраты. Методы оценки селективности отклика. Константа селективности. Ферментные электроды - биосенсоры с потенциометрическим откликом. Схема конструкции и механизм отклика. Применение полевых транзисторов. Потенциометрические сенсоры в экоаналитическом контроле и в фармацевтическом анализе.

### **Тема 6. Тема: Общие принципы вольтамперометрии.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

6. Общие принципы полярографии и вольтамперометрии. Типы микроэлектродов и ультрамикроэлектродов. Использование различных материалов при создании электродов. Способы обновления поверхности электродов. Фоновые соли и растворители. Электрохимическое окно. Ионные жидкости как потенциальные материалы для ЭМА. Химическое модифицирование поверхности. Имобилизация органического реагента. Способы модификации: адсорбция модификатора, ковалентная пришивка, использование полимерной пленки. Электрополимеризация. Мономеры для покрытия. Требования к модифицирующим слоям. Способы оценки слоев.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинар на тему: "Модифицирование поверхности электродов".

#### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

1. Различные варианты вольтамперометрии. Получение вольтамперограмм ионов металлов, используя различные варианты вольтамперометрии

### **Тема 7. Тема: Вольтамперометрия с быстрым изменением потенциала.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

7. Вольтамперометрия при постоянном потенциале (полярография) и с быстрым изменением потенциала. Время электролиза. Форма кривой поляризации. Характеристики кривой. Чувствительность метода. Критерии оценки природы токов. Циклическая вольтамперометрия. Использование для оценки обратимости электродных реакций. Контрольная работа.

#### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

2. Инверсионная вольтамперометрия 2.1. Совместное определение ионов металлов методом инверсионной вольтамперометрии на ртутно-графитовом электроде 2.2. Вольтамперометрическое определение серосодержащих соединений (сульфида, тиомочевина, цистеина) на стационарном ртутно-пленочном электроде

### **Тема 8. Тема: Способы повышения чувствительности полярографии. Уравнение Ильковича для диффузионной кинетики в полярографии.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**



8. Способы повышения чувствительности полярографии. Кинетические и каталитические токи. Примеры. Концепция реакционного слоя. Уравнение Ильковича для диффузионной кинетики в полярографии. Стационарная и нестационарная диффузия. Неорганическая полярография. Применение в анализе реакций комплексообразования.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

3. Вольтамперометрия органических соединений 3.1. Вольтамперометрическое определение фурацилина (фурагина) в таблетках на стационарном ртутно-пленочном электроде 3.2. Вольтамперометрическое определение гидрохинона (дофамина) на стационарном графитовом электроде 3.3. Вольтамперометрическое определение пестицида карбатиона на твердых электродах 3.4. Вольтамперометрическое определение органических соединений по каталитическому току выделения водорода

**Тема 9. Тема: Полярография органических соединений.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

9. Полярография органических соединений. Электрохимическая активность и структура органической молекулы ( по основным классам соединений). Особенности органической полярографии и вольтамперометрии: роль адсорбции, многостадийность процессов, роль протонизации. Высаливание и чувствительность определения.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинар на тему: "Структура и электрохимическая активность органических соединений"

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

4. Химически модифицированные электроды 4.1. Вольтамперометрическое определение щавелевой кислоты с помощью электродов на основе переносчиков электронов 4.2. Определение глюкозы в крови с помощью глюкометра 5. Проточные методы анализа 5.1. Амперометрическое детектирование иодид-ионов на графитовых материалах.

**Тема 10. Тема: Современные пути повышения чувствительности и селективности методов вольтамперометрии.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

10. Современные пути повышения чувствительности и селективности методов вольтамперометрии. Инверсионная вольтамперометрия (ИВА), история метода, роль отечественных электроаналитиков. Способы концентрирования аналита на электродах: реакция с материалом электрода, адсорбция на поверхности электрода, использование реагентов в растворе. Стадия растворения. Аналитический сигнал Форма кривой растворения. Использование пленочного ртутного электрода и разрешающая способность ИВА. Применение ИВА в экоаналитическом контроле, определение тяжелых металлов. Явление катализа в вольтамперометрии. Принцип временной селекции диффузионного и емкостного токов. Аппаратурные способы понижения предела определения в вольтамперометрии. Роль отечественных ученых в этих разработках.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

6. Вольтамперометрия как метод исследования 6.1. Определение числа электронов, участвующих в электрохимической реакции 6.2. Определение критериев обратимости электрохимической реакции методом вольтамперометрии с линейной и треугольной разверткой потенциала 6.3. Определение природы электрохимического процесса 6.4 Расчет коэффициента диффузии по полярографической волне 6.5 Определение коэффициента диффузии по ниспадающей ветви циклической вольтамперограммы

**Тема 11. Тема: Амперометрия. Метод мертвой конечной точки (титрование с двумя поляризованными электродами).**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

11. Амперометрия. Сущность метода. Метод мертвой конечной точки (титрование с двумя поляризованными электродами). Примеры обратимых реакций. Выбор потенциала и типы кривых титрования.

**Тема 12. Тема: Кулонометрия и кулонометрическое титрование.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**



12. Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Электровесовой метод (закон Фарадея) как предшествующий кулонометрии метод анализа. Типы реакций в кулонометрическом титровании. Методы определения конца титрования. Использование различных кулонометрических титрантов в органическом анализе. Универсальность оценки результатов. Краткая история кулонометрии. Роль отечественных ученых в разработке метода. Использование кулонометрии для определения антиоксидантов.

**Тема 13. Тема: Зонный капиллярный электрофорез. Принципы. Детекторы. Предел обнаружения.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

13. Зонный капиллярный электрофорез. Схема установки. Принципы работы. Детекторы. Предел обнаружения. Области применения в анализе (экология, анализ вод, фарманализ).

**Тема 14. Контрольная работа**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Контрольная работа

#### 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
3.	Тема 3. Тема: Потенциометрическое титрование.	7	3	Просмотр конспекта лекций	6	Домашнее задание
5.	Тема 5. Тема: Возможности и применение ионометрии.	7	5	Просмотр конспекта лекций	6	Домашнее задание
6.	Тема 6. Тема: Общие принципы вольтамперометрии.	7	6	Оформление лабораторных работ	4	Проверка оформленных лабораторных работ
				Просмотр конспекта лекций	4	Домашнее задание
7.	Тема 7. Тема: Вольтамперометрия с быстрым изменением потенциала.	7	7	Оформление лабораторных работ	4	Проверка оформленных лабораторных работ
				Подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа
8.	Тема 8. Тема: Способы повышения чувствительности полярографии. Уравнение Ильковича для диффузионной кинетики в полярографии.	7	8	Оформление лабораторных работ	4	Проверка оформленных лабораторных работ
				Просмотр конспекта лекций	4	Домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Тема: Полярография органических соединений.	7	9	Оформление лабораторных работ	4	Проверка оформленных лабораторных работ
				Просмотр конспекта лекций	4	Домашнее задание
10.	Тема 10. Тема: Современные пути повышения чувствительности и селективности методов вольтамперометрии.	7	10	Оформление лабораторных работ	4	Проверка оформленных лабораторных работ
				Просмотр конспекта лекций	4	Домашнее задание
11.	Тема 11. Тема: Амперометрия. Метод мертвой конечной точки (титрование с двумя поляризованными электродами).	7	11	Просмотр конспекта лекций	2	Домашнее задание
12.	Тема 12. Тема: Кулонометрия и кулонометрическое титрование.	7	12	Просмотр конспекта лекций	2	Домашнее задание
14.	Тема 14. Контрольная работа	7	14	Подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа
	Итого				60	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

1. Интерактивный опрос.

2. Семинары - обсуждение проблемных вопросов, соответствующих разделов (см. вопросы в таблице).

Проведение семинаров и контроль знаний, приобретенных в ходе самостоятельного изучения разделов, имеющих общий методологический и мировоззренческий характер, органично встраивается в систему активного прохождения материала. Кроме этого, в часы лекционного курса проводится контроль итогов контрольной работы и самостоятельного изучения материала.

3. Проведение лабораторных работ.

Перечень лабораторных работ:

1. Различные варианты вольтамперометрии.

Получение вольтамперограмм ионов металлов, используя различные варианты вольтамперометрии

2. Инверсионная вольтамперометрия

2.1. Совместное определение ионов металлов методом инверсионной вольтамперометрии на ртутно-графитовом электроде

2.2. Вольтамперометрическое определение серосодержащих соединений (сульфида, тиомочевина, цистеина) на стационарном ртутно-пленочном электроде

### 3. Вольтамперометрия органических соединений

3.1. Вольтамперометрическое определение фурацилина (фурагина) в таблетках на стационарном ртутно-пленочном электроде

3.2. Вольтамперометрическое определение гидрохинона (дофамина) на стационарном графитовом электроде

3.3. Вольтамперометрическое определение пестицида карбатиона на твердых электродах

3.4. Вольтамперометрическое определение органических соединений по каталитическому току выделения водорода

### 4. Химически модифицированные электроды

4.1. Вольтамперометрическое определение щавелевой кислоты с помощью электродов на основе переносчиков электронов

### 5. Проточные методы анализа

5.1. Амперометрическое детектирование иодид-ионов на графитовых материалах.

### 6. Вольтамперометрия как метод исследования

6.1. Определение числа электронов, участвующих в электрохимической реакции

6.2. Определение критериев обратимости электрохимической реакции методом вольтамперометрии с линейной и треугольной разверткой потенциала

6.3. Определение природы электрохимического процесса

6.4. Расчет коэффициента диффузии по полярографической волне

6.5. Определение коэффициента диффузии по ниспадающей ветви циклической вольтамперограммы

6.6. Определение константы диссоциации

6.7. Определение константы устойчивости

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

**Тема 1. Тема: Роль и место ЭМА в современной аналитической химии.**

**Тема 2. Тема: Потенциометрический метод анализа. Прямая потенциометрия. Электроды.**

**Тема 3. Тема: Потенциометрическое титрование.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Реакции используемые в потенциометрическом титровании. потенциометрическая установка. Возможность автотитрования. Варианты определения точки эквивалентности: графические, инструментальные. Величина скачка на кривых титрования и пути ее увеличения. Зависимость скачка потенциалов от различных факторов.

**Тема 4. Тема: Ионметрия. Мембранные электроды.**

**Тема 5. Тема: Возможности и применение ионметрии.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Принципиальное устройство ионселективного электрода. Классификация ионселективных электродов по типу мембраны. Аналитические возможности, коэффициент чувствительности, коэффициент селективности. Практическое применение ионселективных электродов. Ферментные электроды.

**Тема 6. Тема: Общие принципы вольтамперометрии.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Вольтамперометрия как электрохимический метод анализа. Уравнение полярографической волны. Уравнение Ильковича Двух- и трехэлектродные ячейки. Основные типы электродов (рабочие, вспомогательные и электроды сравнения). Модифицирование поверхности рабочего электрода для улучшения электродных характеристик.

Проверка оформленных лабораторных работ , примерные вопросы:

Обсуждение результатов лабораторной работы.

### **Тема 7. Тема: Вольтамперометрия с быстрым изменением потенциала.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе ♦1: 1. Понятие "электроанализ", синонимы, основные определения, процессы переноса заряда на границе раздела фаз и аналитический сигнал. 2. Электрод, детектор, датчик, первичный электрохимический преобразователь информации 3. Общее требование к приборам для измерения электрохимических параметров, чувствительность. 4. Фоновые соли, растворители, ячейки (геометрия, объемы, размеры, конструкция - общие требования). 5. Индикаторные электроды, материалы, их размеры, способы обновления поверхности, общие требования, диапазон поляризации электродов, растворители - общие требования. 6. Потенциометрия, принципы; функция отклика. 7. Классификация электродов в потенциометрии; точность измерения концентрации и изменение  $E$  индикаторного электрода как основной показатель точности. 8. Механизмы отклика индикаторных электродов в потенциометрии: электронный, электрон-ионный, ионообменный, экстракционно-ионообменный. 9. Мембранные электроды в ионометрии. Коэффициент селективности электрода; Уравнение Никольского. 10. Методы определения коэффициента селективности (методы смешанных и отдельных растворов); значения коэффициентов и возможности раздельного определения ионов. 11. Мембранное равновесие ИСЭ и механизм отклика. Ионофоры, нейтральные переносчики - подвижные носители (типы структур органических молекул); электроактивные вещества для ИСЭ. 12. Примеры ИСЭ с жидкостными и пластифицированными мембранами на катионы, анионы, нейтральные молекулы (принципы конструирования таких ИСЭ). Проволочные пленочные ИСЭ на биологически активные вещества. 13. Газочувствительные электроды (датчики). Принцип конструирования и работы. Детектор (датчик) на диоксид серы. 14. Потенциометрические биосенсоры, устройства, механизм отклика, диапазон определяемых концентраций для субстратных биосенсоров. 15. Физические преобразователи в биосенсорах; ИСЭ, полевые транзисторы. Принципы работы. Миниатюризация биосенсоров, интегрированные системы на основе ИСЭ. 16. Твердотельные ИСЭ; кристаллические мембраны; механизмы отклика. 17. Потенциометрическое титрование. Обзор методов, факторы, определяющие величину скачка.

Проверка оформленных лабораторных работ , примерные вопросы:

Обсуждение результатов лабораторной работы.

### **Тема 8. Тема: Способы повышения чувствительности полярографии. Уравнение Ильковича для диффузионной кинетики в полярографии.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Выводы из уравнения Ильковича. Использование различных вариантов вольтамперометрии для повышения чувствительности определений (вольтамперометрия с быстрой скоростью наложения потенциала, дифференциально-импульсная и квадратно-волновая вольтамперометрия).

Проверка оформленных лабораторных работ , примерные вопросы:

Обсуждение результатов лабораторной работы.

### **Тема 9. Тема: Полярография органических соединений.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Особенности вольтамперометрии органических соединений. Зависимость электрохимической активности органических соединений от природы функциональных групп. Органические соединения, способные к электровосстановлению. Органические соединения, способные к электроокислению. Зависимость вольтамперных характеристик от pH раствора и природы растворителя и фонового электролита.

Проверка оформленных лабораторных работ , примерные вопросы:

Обсуждение результатов лабораторной работы.

### **Тема 10. Тема: Современные пути повышения чувствительности и селективности методов вольтамперометрии.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Гибридный метод на основе вольтамперометрии - экстракционная вольтамперометрия. Использование различных экстрагентов. Влияние pH и природы фонового электролита. Пути повышения чувствительности и селективности определения.

Проверка оформленных лабораторных работ, примерные вопросы:

Обсуждение результатов лабораторной работы.

### **Тема 11. Тема: Амперометрия. Метод мертвой конечной точки (титрование с двумя поляризованными электродами).**

Домашнее задание, примерные вопросы:

Амперометрическое титрование. Различные виды кривых титрования. Практическое применение. Амперометрические химические и биосенсоры. Механизм отклика сенсоров. Различные способы иммобилизации модификаторов различной природы. Способы повышения чувствительности и селективности отклика сенсоров.

### **Тема 12. Тема: Кулонометрия и кулонометрическое титрование.**

Домашнее задание, примерные вопросы:

Закон Фарадея и его практическое использование. Выход по току. Кулонометрия как пример абсолютного метода анализа. Кулонометрическое титрование (гальваностатическое и потенциостатическое), выбор титранта, расторителя. Электрогенерируемые титранты и область их применения.

### **Тема 13. Тема: Зонный капиллярный электрофорез. Принципы. Детекторы. Предел обнаружения.**

#### **Тема 14. Контрольная работа**

Контрольная работа, примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе: 1. Вольтамперометрия и полярография. Различия и аналогии. Электроды для вольтамперометрии. 2. Общие принципы полярографии. Обзор классических методов. Формы полярограмм, максимумы. 3. Уравнение Ильковича. Схема вывода уравнения, диффузионная кинетика, понятие мгновенного тока. 4. Форма вольтамперограммы при линейном и циклическом изменении потенциала. Качественные характеристики. Применение. 5. Факторы, определяющие форму вольтамперограммы: омическое падение потенциала, емкостные токи. 6. Зависимости тока в пике от скорости изменения потенциала, диагностические критерии, практическое применение. 7. Импульсные методы в вольтамперометрии. Принципы временной селекции емкостного и диффузионного токов. Оценка чувствительности методов прямого определения. 8. Инверсионная вольтамперометрия. Принципы электронакопления. 9. Механизмы концентрирования на электродах в ИВА. Предел обнаружения. 10. Электроорганический анализ. Основные понятия. Электрофоры (электроактивные группировки молекул). 11. Неводные среды в вольтамперометрии. Обратимые стадии переноса заряда. 12. Химически модифицированные электроды. Способы модифицирования поверхностей. 13. ХМЭ с каталитическим откликом. История вопроса. Амперометрические сенсоры. 14. Электродокатализаторы на поверхности ХМЭ. Применение в органическом электроанализе. 15. Амперометрические биосенсоры. Субстратные и ингибиторные биосенсоры. Пределы обнаружения экотоксикантов. 16. Кулонометрия и кулонометрическое титрование. Принципы. Основные типы титрантов и реакций титрования. 17. Индикация в кулонометрическом титровании. Применение реакций в органическом анализе. 18. Зонный капиллярный электрофорез. Принципы. Схема установки. Основные кинетические параметры. Аналогия с жидкостной хроматографией. Детектирование в зонном капиллярном электрофорезе, предел обнаружения.

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы для самостоятельной работы

1. Значение их для контроля производства, охраны окружающей среды, в научных исследованиях. Методологические аспекты электрохимических измерений. Понятия электрод, детектор, датчик, первичный преобразователь информации. Некоторые вопросы миниатюризации ЭМА.



2. Индикаторные электроды, типы электродов, общие требования, механизмы отклика. Электроды сравнения. Нернстовская функция отклика. рН-метрия, электроды в рН-метрии. Точность измерений в прямой потенциометрии, факторы, ее определяющие.
3. Принципы титрования по методам окислительно-восстановительного, кислотно-основного и комплексонометрического титрования. Факторы, определяющие величину скачка потенциала при титровании.
4. Твердые ионселективные электроды. Параметры селективности. Электроды на основе жидких ионообменников. Механизм отклика. Пластифицированные мембраны. Фторид-селективный и металл-селективный (металлсульфидный) электроды.
5. Типы микроэлектродов, использование различных материалов при создании электродов. Методы обновления поверхности. Химически модифицированные электроды. Способы модификации поверхности. Использование физических методов контроля состояния поверхности. Имобилизация химических реагентов на поверхности электродов. Отклик ХМЭ в потоке жидкости.
6. Линейный импульс напряжения. Омический фактор ячейки. Способы его устранения. Диагностические критерии типа процесса по вольтамперограммам. Емкостные токи. Аппаратурные способы устранения емкостного тока. Применение импульсной техники.
7. Явление электрокатализа и каталитические волны в полярографии. Понятие реакционного слоя. Каталитическое выделение водорода на ртутном электроде. Типы каталитических систем.
8. Электрохимическая активность органических соединений. Факторы, определяющие ток и влияющие на потенциалы полуволн. Роль равновесий в растворах и в приэлектродном слое. Многоэлектронные процессы, промежуточные продукты реакций. Особенности полярографического анализа органических соединений. Использование явления гомогенного переноса электрона.
9. Инверсионная вольтамперометрия. Способы накопления на электродах (образование амальгам и твердых фаз, адсорбционное концентрирование). Использование адсорбционных явлений в вольтамперометрии.
10. Вид графиков титрования. Возможности амперометрии. Амперометрические датчики, использование амперометрических детекторов в хроматографии. Ферментные амперометрические датчики (биосенсоры). Организация отклика биосенсора. ХМЭ в конструкции биосенсора.

Пример билета к экзамену:

#### БИЛЕТ

1. Органическая полярография, ее особенности; электрохимически активные группы в молекулах,  $E_{1/2}$  и факторы строения; неводные среды, их использование. Применение переносчиков электронов.
2. Принципы временной селекции диффузионного и емкостного токов в вольтамперометрии. Аналитические возможности вольтамперометрии с быстрым изменением потенциала.
3. Оценка теоретической точности потенциометрического определения концентрации. Таблица результатов расчета.

### 7.1. Основная литература:

1. Основы аналитической химии: в 2 томах: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химическим направлениям / под ред. акад. Ю.А. Золотова. 5-е изд., стер. Москва: Академия, Т. 1. 2012. 383 с.



2. Основы аналитической химии: в 2 томах: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химическим направлениям / под ред. акад. Ю.А. Золотова. 5-е изд., стер. Москва: Академия, Т. 2. 2012. 407 с.

6. Аналитическая химия. Количественный анализ. Физико-химические методы анализа: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю. Я. Харитонов, Д. Н. Джабаров, В. Ю. Григорьева. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 368 с. Режим доступа:

<http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970421994.html>

4. Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. пос. [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек, И.Е. Талуть. - 2 изд., стер. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 542 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=255394>

5. Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 206 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=399829>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Хенце Г. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика [Электронный ресурс] : учебное пособие. Электрон. дан. М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2014. 283 с. Режим доступа:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50534](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50534) ? Загл. с экрана.

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

3. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2 т. / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша [и др.]; вступ. ст. акад. РАН Ю.А. Золотова. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 25[Т.] 1. 2013. 623 с.

4. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2 т. / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша [и др.]; вступ. ст. акад. РАН Ю.А. Золотова. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 25[Т.] 2. 2013. 504 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Библиотека - <http://lib.mexmat.ru/books/52882>

Поисковая система - <http://www.yandex.ru/>

Поисковая система - <http://www.google.ru/>

Учебное пособие - [http://www.ph4s.ru/book\\_him\\_elektro.html](http://www.ph4s.ru/book_him_elektro.html)

Учебное пособие - <http://www.famous-scientists.ru/school/358>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Электроаналитическая химия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

1. Мультимедийный проектор.
2. Материалы для проведения интерактивного опроса.
3. Приборы (вольтамперометрический анализатор, проточный анализатор) и химические реактивы для проведения лабораторных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 04.03.01 "Химия" и профилю подготовки Аналитическая химия .

Автор(ы):

Будников Г.К. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шайдарова Л.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.