

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. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Модифицированные электроды с каталитическими свойствами в электроанализе Б1.В.ДВ.10

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Аналитическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Гедмина А.В.

**Рецензент(ы):**

Евтюгин Г.А.

**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 7125417

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) заместитель директора по воспитательной и социальной работе Гедмина А.В. директорат химического института им. А.М. Бутлерова  
Химический институт им. А.М. Бутлерова , Anna.Gedmina@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины 'Модифицированные электроды с каталитическими свойствами в электроанализе' состоят в следующем: овладеть теорией и практикой получения, функционирования и применения модифицированных электродов с каталитическими свойствами, изучить их использование в электроанализе. Обучающийся должен ориентироваться в многообразии способов создания модифицированных электродов с каталитическими свойствами с целью их 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.ДВ.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.03.01 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина 'Модифицированные электроды с каталитическими свойствами в электроанализе' относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению Химия, по профилю 'Аналитическая химия'.

Модифицированные электроды с каталитическими свойствами широко используются в вольтамперометрии, поскольку позволяет улучшить метрологические и аналитические характеристики этого аналитического метода. Их применение обеспечивает развитие ряда естественных наук, например, геологии, агрохимии, биологии, медицины. Модифицированные электроды с каталитическими свойствами способствуют развитию возможностей применения электроаналитической химии. Модифицированные электроды с каталитическими свойствами находят самое широкое применение в охране окружающей среды, а также контроле состояния здоровья человека. Отечественные ученые внесли значительный вклад в развитие способов разработки и применения модифицированных электродов с каталитическими свойствами. Изучение исторического развития методов создания модифицированных электродов в нашей стране и за рубежом имеет не только методологическое значение, но и способствует воспитанию патриотических взглядов.

Преподавание спецкурса 'Модифицированные электроды с каталитическими свойствами в электроанализе' 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 методов получения и областей их практического применения модифицированных электродов, на умение выявлять преимущества и возможности того или иного метода их получения. 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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
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
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

классификацию и теоретические основы наиболее важных способов получения модифицированных электродов с каталитическими свойствами (сорбция, ковалентная сшивка, включение в состав различных углеродные материалы, полимерные органические и неорганические пленки), области применения модифицированных электродов в научных исследованиях и их активное применение в биомедицине, в частности, химических сенсоров и биосенсоров с электрохимическим откликом, перспективы и способы совершенствования методов создания таких электродов, 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 получения модифицированных электродов и осуществить их применение в научном исследовании

3. должен владеть:

теоретическими основами способов получения и применения модифицированных электродов с каталитическими свойствами

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать способность и готовность создания модифицированного электрода и провести измерения с помощью полученного электрода на современной учебно-научной аппаратуре для электроанализа и представить результаты их обработки.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетных(ые) единиц(ы) 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 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. Общая характеристика модифицированных электродов	8	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Методы модифицирования электродов	8	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Объемное модифицирование электродов	8	3	2	0	0	
4.	Тема 4. Поверхностное модифицирование электродов	8	4	2	0	0	
5.	Тема 5. Поверхностное модифицирование электродов	8	5	2	0	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Модифицирование электродов полимерными пленками	8	6	2	0	0	Контрольная работа
7.	Тема 7. Полимерные пленки на основе металлофталоцианинов и гексацианометаллатов	8	7	2	0	0	
8.	Тема 8. Основные принципы электрокатализа	8	8	2	0	0	Презентация
9.	Тема 9. Аналитическое применение модифицированных электродов	8	9	2	0	0	Презентация
10.	Тема 10. Защита презентаций по оригинальным научным публикациям	8	10	2	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			20	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Общая характеристика модифицированных электродов

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

Предшественники модифицированных электродов: стеклянный электрод и электрод Кларка. Характеристики модифицированных электродов: чувствительность, селективность, предел обнаружения, время жизни, время регенерации, время отклика, время эксплуатации.

### **Тема 2. Методы модифицирования электродов**

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

Объемное и поверхностное модифицирование электродов. Способы, лежащие в основе объемного и поверхностного модифицирования электродов. Преимущество использования объемного и поверхностного модифицирования электродов.

### **Тема 3. Объемное модифицирование электродов**

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

Способы осуществления объемного модифицирования. Угольно-пастовые электроды (УПЭ). Выбор компонентов состава УПЭ. Планарный тип УПЭ. Технология трафаретной печати УПЭ. Углеродные материалы, используемые в получении УПЭ. Типы графитовых материалов и их свойства.

### **Тема 4. Поверхностное модифицирование электродов**

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

Поверхностное модифицирование электродов методами физической адсорбции, электростатической сорбцией. Мембранные покрытия - как способ модифицирования.

### **Тема 5. Поверхностное модифицирование электродов**

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

Поверхностное модифицирование с помощью образования ковалентных связей - ковалентная пришивка, функционализация поверхности немодифицированного электрода. Типы реакций, используемых в ковалентной пришивке. Типы полимерных мембран.

### **Тема 6. Модифицирование электродов полимерными пленками**

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

Способы получения полимерных пленок. Ионообменные и электронпроводящие полимерные пленки. Получение электронпроводящих пленок анодной электрополимеризацией. Примеры электронпроводящих полимерных пленок: полианилин, полипиррол и политиофен. Преимущества использования полианилина. Полимерные пленки - производные политиофена.

### **Тема 7. Полимерные пленки на основе металлофталоцианинов и гексацианометаллатов**

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

Преимущество использования металлофталоцианинов (МРС), как модификаторов. Способы иммобилизации МРС. Электрополимеризация металлофталоцианинов. Типы полимерных пленок на основе МРС. Гексацианометаллаты (ГЦМ) как модификаторы. Способы получения пленок из ГЦМ. Смешанные пленки из ГЦМ. Полимерные пленки на основе ГЦМ платиновых металлов.

### **Тема 8. Основные принципы электрокатализа**

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

Механизм электрокатализа. Условия осуществления электрокаталитических реакций. Принцип Савена. Требования, предъявляемые к модификаторам, используемым в электрокатализе. Внутрисферный и внешнесферный электрокатализ. Примеры использования электрокаталитических реакций.

### **Тема 9. Аналитическое применение модифицированных электродов**

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

Использование модификаторов на основе металлофталоцианинов при определении серосодержащих соединений, в том числе серосодержащих аминокислот. Вольтамперометрическое определение биологически активных веществ (нейропереносчики, биогенные амины, компоненты ДНК) на электродах с иммобилизованными пленками из гексацианометаллатов. Использование модифицированных электродов в проточно-инжекционном анализе. Амперометрические сенсоры.

## Тема 10. Защита презентаций по оригинальным научным публикациям

### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Защита работ по литературным источникам (оригинальные научные статьи). Определение способа модификации. Описание процедуры модифицирования. Объекты исследования, актуальность исследования. Методика эксперимента. Аналитические и метрологические характеристики описанного в статье электрода. выводы по преимуществу использования модифицированного электрода.

### 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
5.	Тема 5. Поверхностное модифицирование электродов	8	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Модифицирование электродов полимерными пленками	8	6	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
8.	Тема 8. Основные принципы электрокатализа	8	8	подготовка к презентации	6	презентация
9.	Тема 9. Аналитическое применение модифицированных электродов	8	9	подготовка к презентации	6	презентация
	Итого				16	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Компьютерные презентации лекций.

Защита презентаций по материалам оригинальных научных статей с использованием мультимедийной техники.

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

**Тема 1. Общая характеристика модифицированных электродов**

**Тема 2. Методы модифицирования электродов**

**Тема 3. Объемное модифицирование электродов**

**Тема 4. Поверхностное модифицирование электродов**

**Тема 5. Поверхностное модифицирование электродов**

устный опрос , примерные вопросы:

Подготовка студентами к устному опросу преподавателем по материалам лекций и предложенным литературным источникам. Вопросы к контрольной работе: 1. Для чего проводят модификацию рабочих электродов? 2. Как проводят модификацию угольно-пастовых электродов? 3. Указать отличительные особенности гексацианометаллатов как модификаторов рабочих электродов.

### **Тема 6. Модифицирование электродов полимерными пленками**

контрольная работа , примерные вопросы:

Подготовка студентами к контрольной работе по материалам лекций и предложенным литературным источникам. Вопросы к контрольной работе: 1. Перечислить способы модифицирования угольно-пастовых электродов. 2. Указать способы химического и электрохимического нанесения полимерных пленок на поверхность электродов. 3. Способы нанесения на различные электродные материалы металлокомплексов различной природы. 4. Сопоставить свойства иммобилизованных модификаторов различной природы.

### **Тема 7. Полимерные пленки на основе металлофталоцианинов и гексацианометаллатов**

### **Тема 8. Основные принципы электрокатализа**

презентация , примерные вопросы:

Подготовка презентаций по научным оригинальным статьям (по выбору преподавателя ).

### **Тема 9. Аналитическое применение модифицированных электродов**

презентация , примерные вопросы:

Подготовка презентаций по научным оригинальным статьям (по выбору преподавателя).

### **Тема 10. Защита презентаций по оригинальным научным публикациям**

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

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к самостоятельной работе студентов и к зачету:

1. Способы модифицирования электродов.
2. Полимерные покрытия.
3. Модификаторы на основе металлокомплексов.
4. Применение модифицированных электродов в анализе биомедицинских объектов.
5. Применение модифицированных электродов в анализе объектов окружающей среды.
6. Применение модифицированных электродов в анализе пищевых продуктов.
7. Основные принципы электрокатализа.
8. Способы регистрации аналитического сигнала. Аналитические и метрологические характеристики.

#### **7.1. Основная литература:**

1. 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.
2. 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.
3. Основы биосенсорики: учеб. пособие / Г. А. Евтюгин, Г. К. Будников, Е. Е. Стойкова; Казан. гос. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова. Казань, 2007.  
<http://libweb.ksu.ru/ebooks/publicat/0-766808.pdf>
4. Лисицын, Ю.А. Методические разработки к общему практикуму по электрохимии : для студентов Химического института : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын] ; Казан. федер. ун-т .? Казань : [Казанский (Приволжский) федеральный университет], 2012 .? 74 с. : ил. ; 21 .? Авт. указан на обороте тит. л. ? Библиогр.: с. 71-72 (20 назв.), 150



5. Электрохимические процессы в технологии микро- и нанoeлектроники: Уч. пос./ А.С. Гаврилов, А.Н. Белов. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 240 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-369-01299-4, 700 экз. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=431359>

6. Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. пос. [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек и др. - 2-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 542 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=419626>

7. 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. Слепушкин, В.В. Локальный электрохимический анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Слепушкин, Ю.В. Рублинецкая. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2010. ? 308 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2324](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2324) ? Загл. с экрана.

2. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: Учебное пособие / М.Г. Киселев и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 389 с.: ил.; 60x90 1/16. Режим доступа:

<http://znanium.com/bookread2.php?book=441209>.

3. Методические разработки к практикуму по физической и коллоидной химии : для студентов Института фундаментальной медицины и биологии : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын и др. ; науч. ред. д.х.н., проф. Б. Н. Соломонов] ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова, Каф. физ. химии .? Казань : [Казанский университет], 2013 .? 105, [3] с. : ил. ; 21 .? Библиогр.: с. 103 (17 назв.).

4. Методические разработки к практикуму по физической и коллоидной химии [Текст: электронный ресурс] : для студентов Института фундаментальной медицины и биологии : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын, М. А. Зиганшин, В. А. Сироткин, Л. З. Мананова ; науч. ред. д.х.н, проф. Б. Н. Соломонов] ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. Н. Бутлерова, Каф. физ. химии .? Электронные данные (1 файл: 2,4 Мб) .? (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .? Загл. с экрана .? Для 2-го и 4-го семестров .? Режим доступа: только для студентов и сотрудников КФУ. Оригинал копии: Методические разработки к практикуму по физической и коллоидной химии : для студентов Института фундаментальной медицины и биологии : [учебно-методическое пособие / Ю. А. Лисицын и др. ; науч. ред. д.х.н., проф. Б. Н. Соломонов] ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова, Каф. физ. химии .? Казань : [Казанский университет], 2013 .? 105, [3] с. : ил. ; 21, 300.

Режим : [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/07-ICH/07\\_054\\_A5-000445.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/07-ICH/07_054_A5-000445.pdf)

5. Будников Г.К. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин, В.Н. Майстренко. - Москва: Бином, 2009. - 415 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Библиотека химического факультета МГУ - <http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html#teaching>

Биологическая библиотека.. - <http://www.nehudlit.ru>

Каталог книг. - <http://books.google.com>

Учебное пособие - <http://www.nanoscopy.org/tutorial/onlinetest/polymer/4.htm>

Электронно-библиотечная система - <http://www.znanium.com/>

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

Освоение дисциплины "Модифицированные электроды с каталитическими свойствами в электроанализе" 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.

Для чтения лекция и демонстрации презентаций студентами необходима мультимедийная аудитория

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

Автор(ы):

Гедмина А.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Евтюгин Г.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.