

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

Современные проблемы органического электросинтеза Б1.В.ДВ.7

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Физическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Лисицын Ю.А.

**Рецензент(ы):**

Зиганшин М.А., Манапова Л.З.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

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 789917

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) доцент, к.н. (доцент) Лисицын Ю.А. Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Yuri.Lisitsyn@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Современные проблемы органического электросинтеза" являются раскрытие возможностей электрохимии в решении задач тонкого органического синтеза и подготовка студентов к научно-исследовательской и педагогической деятельности в области физической химии и электрохимии органических соединений, в частности.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина 'Современные проблемы органического электросинтеза' относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 'Химия' по профилю 'Физическая химия' (курс по выбору). Ее усвоение требует предварительного прохождения общеобразовательных дисциплин 'Неорганическая химия', 'Органическая химия' и 'Физическая химия' и особенно вариативного курса 'Органическая электрохимия'. Знания, полученные при прохождении дисциплины 'Современные проблемы органического электросинтеза', повысят теоретический уровень обучающихся в области электрохимии и органической химии, позволят студентам понять роль и место электроорганического синтеза в синтезе органических соединений, облегчат усвоение спецкурсов 'Гетерогенный катализ' и 'Каталитические методы в органическом синтезе'.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать законы электролиза, проблемы и возможности органического электросинтеза;

2. должен уметь:

опираясь на знания в области органической и электроорганической химии, уметь выбирать приемлемые пути и условия электросинтеза требуемых органических соединений;

3. должен владеть:

владеть основными вопросами препаративного электросинтеза.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

демонстрировать навыки практического проведения электрослиза.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 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. Достижения и перспективы развития органического электросинтеза.	7	1-4	10	0	0	Тестирование

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. Катализ в электрохимических процессах и медиаторный электросинтез. Классический электрокатализ. Строение двойного электрического слоя. Основное уравнение теории замедленного переноса заряда, ток обмена, измеряемая (кажущаяся) константа скорости гетерогенного переноса электрона, электростатическая и специфическая адсорбция, потенциальные кривые некаталитического и каталитического процессов. Зависимость механизма электрохимического процесса от материала электрода.	7	5-9	10	0	0	Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Медиаторный электрокатализ. Прямой, непрямой и медиаторный процессы. Отличие медиатора от катализатора, способы генерирования медиаторов. Требования, предъявляемые к медиаторным системам, типы медиаторных систем, их достоинства и недостатки. Редокс-катализ и химический катализ. Преимущества использования медиаторов в лабораторном и промышленном электросинтезе. Системы медиатор - редокс-катализатор.	7	10-17	22	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			42	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Достижения и перспективы развития органического электросинтеза.

#### лекционное занятие (10 часа(ов)):

Соотношение между микро- и макроэлектролизом, специфика применения вольтамперометрических данных при выборе условий синтеза органических соединений. История развития электроорганического синтеза. Законы электролиза. Электрохимические ячейки, электролизеры, диафрагмы, мембраны, электродные материалы, электролиты, массо- и теплоперенос, выделение продуктов и их идентификация. Диффузия, миграция, конвекция. Роль миграции в массопереносе. Концентрационная, электрохимическая и смешанная поляризация. Полные и частные поляризационные кривые. Гальвано и. потенциостатический режимы электролиза. Основные характеристики электрохимического процесса: рабочие плотность тока, электродный потенциал и область потенциалов, выходы продукта по току и веществу, конверсия реагента, энергорасход. Пути повышения скорости и селективности электрохимических процессов, условия эксперимента и электродная поляризация. Прямой, непрямой, спаренный электросинтез. Лабораторный, полупромышленный и промышленный электролиз.

**Тема 2. Катализ в электрохимических процессах и медиаторный электросинтез. Классический электрокатализ. Строение двойного электрического слоя. Основное уравнение теории замедленного переноса заряда, ток обмена, измеряемая (кажущаяся) константа скорости гетерогенного переноса электрона, электростатическая и специфическая адсорбция, потенциальные кривые некаталитического и каталитического процессов. Зависимость механизма электрохимического процесса от материала электрода.**

**лекционное занятие (10 часа(ов)):**

Основное уравнение теории замедленного разряда, ток обмена, абсолютная гетерогенная константа скорости электрохимической реакции; специфическая и электростатическая адсорбция ионов и молекул, двойной электрический слой и измеряемая гетерогенная константа скорости. Уравнение Тафеля, смысл коэффициента  $a$ , влияние материала электрода на скорость электродного процесса. Стандартная свободная энергия системы в ходе некатализируемой и катализируемой электрохимических реакций. Гальваностатические кривые заряжения металлов группы платины в водных средах, водородная, двойнослойная и кислородная области. Электрокапиллярные кривые. Механизмы реакции катодного выделения водорода на металлах с различным перенапряжением. Электрокаталитическое восстановление органических субстратов. Электрохимическое окисление органических соединений на платиновых металлах в водных средах в области низких анодных потенциалов, два маршрута реакции. Проблемы классического электрокатализа, подходы к повышению эффективности электрокаталитических процессов.

**Тема 3. Медиаторный электрокатализ. Прямой, непрямой и медиаторный процессы. Отличие медиатора от катализатора, способы генерирования медиаторов. Требования, предъявляемые к медиаторным системам, типы медиаторных систем, их достоинства и недостатки. Редокс-катализ и химический катализ. Преимущества использования медиаторов в лабораторном и промышленном электросинтезе. Системы медиатор - редокс-катализатор.**

**лекционное занятие (22 часа(ов)):**

Схемы электронного переноса между электродом и субстратом с участием посредников. Понятия "медиатор", "медиаторный процесс", принципиальное отличие медиатора от других катализаторов. Термодинамические и кинетические условия протекания медиаторных процессов, требования, предъявляемые к медиаторным системам в электросинтезе. Способы сочетания гетерогенной стадии электронного переноса и редокс - реакции между медиатором и субстратом, процессы "с разделением" и "без разделения", их достоинства и недостатки. Гетерогенный медиаторный катализ, модификация электродов медиатором. Особенности органических и неорганических медиаторных систем, универсальность комплексов переходных металлов. Гомо- и гетеромедиаторные системы, "редокс - катализ" и "химический катализ". Двойные медиаторные системы (системы медиатор + катализатор), причины их использования. Возможности и пути повышения конкурентоспособности медиаторных процессов. Промышленный медиаторный электросинтез. Использование медиаторных систем в утилизации отходов органического синтеза. Электрохимические методы в изучении медиаторных процессов.

#### 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. Достижения и перспективы развития органического электросинтеза.	7	1-4	подготовка к тестированию	14	тестирование

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Катализ в электрохимических процессах и медиаторный электросинтез. Классический электрокатализ. Строение двойного электрического слоя. Основное уравнение теории замедленного переноса заряда, ток обмена, измеряемая (кажущаяся) константа скорости гетерогенного переноса электрона, электростатическая и специфическая адсорбция, потенциальные кривые некаталитического и каталитического процессов. Зависимость механизма электрохимического процесса от материала электрода.	7	5-9	подготовка к контрольной работе	16	контрольная работа
Итого					30	

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

В процессе освоения дисциплины предусматриваются интерактивный опрос, тестирование и 1 контрольная работа. Для успешного прохождения контроля студентам потребуется обращение к материалу не только данного курса лекций, но и к материалу спецкурса "Органическая электрохимия", в котором рассматриваются основные аспекты электрохимии, вольтамперометрии и механизмы электрохимических процессов с участием органических соединений. Тесты помогут студентам поддерживать на должном уровне знания в области теоретической и органической электрохимии на протяжении всего периода изучения данной дисциплины.

Для расширения кругозора студентов планируется организация встреч с электрохимиками-органиками из Института органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КНЦ РАН.

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

#### Тема 1. Достижения и перспективы развития органического электросинтеза.

тестирование , примерные вопросы:



Примеры тестов. 1. Основным параметром, определяющим природу продукта прямого электросинтеза, является: 1) сила тока, проходящего через электролит; 2) плотность тока на электроде; 3) потенциал электрода; 4) количество электричества, прошедшее через электролит; 5) напряжение на электролизёре. 2. На время протекания электролиза, проводимого в потенциостатическом режиме, не влияет: 1) температура; 2) перемешивание электролита; 3) площадь электрода 4) объём раствора; 5) концентрация субстрата. 3. В отсутствие побочных реакций об общей скорости целевого электрохимического процесса свидетельствует: 1) сила тока, проходящего через электролит; 2) потенциал, при котором протекает электролиз; 3) напряжение на электролизёре; 4) энергорасход в единицу времени; 5) плотность тока на электроде. 4. Проявление классического электрокатализа данной реакции обусловлено: 1) потенциалом электрода; 2) плотностью тока; 3) природой материала электрода; 4) природой электролита; 5) зарядом реагирующей частицы.

**Тема 2. Катализ в электрохимических процессах и медиаторный электросинтез. Классический электрокатализ. Строение двойного электрического слоя. Основное уравнение теории замедленного переноса заряда, ток обмена, измеряемая (кажущаяся) константа скорости гетерогенного переноса электрона, электростатическая и специфическая адсорбция, потенциальные кривые некаталитического и каталитического процессов. Зависимость механизма электрохимического процесса от материала электрода.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе: 1. Влияние концентрации реагента на данные вольтамперометрии и результаты электролиза. 2. Основные параметры, характеризующие электрохимический процесс. 3. Первый, второй и объединенный законы Фарадея. 4. Энергорасход и пути его понижения. 5. Режимы электролиза, преимущества и недостатки. 6. Основное уравнение теории замедленного разряда. Факторы, влияющие на скорость электродной реакции. 7. Полная и частные поляризационные кривые в условиях замедленного переноса электрона, замедленного массопереноса и в условиях смешанной кинетики. Влияние на вид кривых тока обмена и коэффициента переноса. 8. Прямой электросинтез.

**Тема 3. Медиаторный электрокатализ. Прямой, непрямой и медиаторный процессы. Отличие медиатора от катализатора, способы генерирования медиаторов. Требования, предъявляемые к медиаторным системам, типы медиаторных систем, их достоинства и недостатки. Редокс-катализ и химический катализ. Преимущества использования медиаторов в лабораторном и промышленном электросинтезе. Системы медиатор - редокс-катализатор.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примеры билетов для зачета

Билет 1.

1. Специфика применения вольтамперометрических данных при выборе условий синтеза органических соединений.
2. Законы электролиза и его режимы его проведения.

Билет 2.

1. Основные характеристики электролиза.
2. Синтез антрахинона.

Билет 3.

1. Гомо- и гетеромедиаторные системы.
2. Каталитическое восстановление органических соединений

Билет 4.

1. Влияние среды на процесс восстановления нитробензола.
2. Электролиз в потенциостатических условиях.

Билет 5.

1. Медиаторный синтез ароматических аминосоединений.

## 2. Процессы с разделением и без разделения.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА студентов включает усвоение лекционного материала с привлечением основной и дополнительной литературы, а также обращение к ранее пройденному курсу "Органическая электрохимия".

### 7.1. Основная литература:

1. Афанасьев Б.Н. Физическая химия: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 'Химическая технология', 'Биотехнология' и 'Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии' / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2012. - 463 с.
2. Афанасьев Б.Н. Акулова Ю.П. Физическая химия. [Электронный ресурс]. - Санкт-Петербург.: Лань, 2012. - 416 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4312](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4312)
3. Лисицын, Ю.А. (канд. хим. наук ; 1961-) . 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.
4. Белюстин А.А. Потенциометрия: физико-химические основы и применения [Электронный ресурс] : учебное пособие. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. ? 334 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=60646](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60646)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Соломонов, Б.Н. Методические разработки к практикуму по физической химии: для студентов химического факультета: [учебно-методическое пособие / Б. Н. Соломонов, В. Б. Новиков, М. А. Варфоломеев]; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Каф. физ. химии. ? Казань: [Казанский университет], 2012. ?; 21. Ч. 2: Химическая кинетика. ? 2012. ? 36 с.
2. Методические разработки к практикуму по физической химии [Текст: электронный ресурс]: для студентов химического факультета / Казан. гос. ун-т им. В.И. Ульянова-Ленина; [науч. ред. д.х.н., доц. Б.Н. Соломонов]. ? Б.м.: Б.и., Б.г. Ч. 2: Химическая кинетика [Текст: электронный ресурс] / [сост.: Л. З. Манапова, В. Б. Новиков]. ? Электронные данные (1 файл: 0,56 Мб). ? Загл. с экрана. ? Режим доступа: открытый. Химическая кинетика / [сост.: Л. З. Манапова, В. Б. Новиков]. ? Б.м., 2006. ? .
3. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир-Бином ЛЗ, 2003. - 592 с.
4. Электроаналитические методы: теория и практика / [А.М. Бонд, Д. ИнцельдХ. Калерт и др.]; ред. Ф. Шольц; пер. с англ. под ред. В.Н. Майстренко. ? Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. ? 326 с.:
5. Дамаскин В. В., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия. - М.: Химия. - КолосС, 2008. - 672 с.
6. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2015. - 671 с.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=58166](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58166)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Актуальные проблемы электрохимии органических соединений. Материалы VII Всероссийской с международным участием школы по электрохимии органических соединений. Тамбов, 2012. - <http://search.rsl.ru/ru/record/01006570311>

Достижения электрохимии органических соединений. РХЖ. 2005. Том XLIX. ♦ 5. - <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2005-5/welcome.html>

Лисицын Ю.А. Электронная библиотека. - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

сайты ВУЗов РФ. - <http://znanium.com>

сайты ВУЗов РФ. - <http://e.lanbook.com>

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

Освоение дисциплины "Современные проблемы органического электросинтеза" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Аудитория, доска.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Физическая химия .

Автор(ы):

Лисицын Ю.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Зиганшин М.А. \_\_\_\_\_

Манапова Л.З. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.