

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**  
Органическая электрохимия Б1.В.ОД.10

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):**

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 790917

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 "Органическая электрохимия" являются знакомство студентов со специфическим реагентом - электродом, оценка студентами роли и места ЭХОС в химических науках, ее возможностей в решении задач теоретической и прикладной химии, подготовка студентов к научно-исследовательской и педагогической деятельности в области электрохимии и электрохимии органических соединений, в частности. Знание закономерностей электронного переноса и механизмов ряда электрохимических процессов облегчит студентам понимание механизмов химических реакций с участием органических и неорганических соединений, поскольку во многих из них перенос электрона является одной из ключевых элементарных стадий.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина 'Органическая электрохимия' относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 'Химия' по профилю 'Физическая химия'. Ее усвоение требует предварительного прохождения общеобразовательных дисциплин 'Неорганическая химия', 'Аналитическая химия', 'Органическая химия' и 'Физическая химия'. Знания и навыки, полученные при прохождении дисциплины 'Органическая электрохимия', повысят теоретический и практический уровень студентов в области электрохимии, позволят обучающимся с новых позиций взглянуть на механизмы химических процессов, облегчат усвоение вариативных дисциплин 'Гетерогенный катализ' и 'Каталитические методы в органическом синтезе' и послужат основой для прохождения спецкурса 'Современные проблемы органического электросинтеза'.

### 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 (ОПК-1);
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	владением навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2);
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности (ОПК-3);
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания (ПК-3);

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций (ПК-5);
ПК-7 (профессиональные компетенции)	владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией
ПСК-2	владением навыками химического эксперимента, основными методами получения и исследования химических веществ, используемыми в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать проблематику электрохимии органических соединений, основные механизмы электрохимических процессов и методы их изучения;

2. должен уметь:

уметь творчески использовать полученные знания в преподавательской, прикладной и научно-исследовательской работе;

3. должен владеть:

владеть рядом электрохимических методов изучения химических и электрохимических процессов, иметь навыки электрохимика - экспериментатора.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

демонстрировать навыки электрохимика-экспериментатора.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет и экзамен 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	
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. Механизмы электрохимических процессов.	8	1-4	8	0	27	Тестирование
2.	Тема 2. Вольтамперометрические методы изучения электрохимических процессов.	8	5-7	6	0	20	Отчет
3.	Тема 3. Восстановление и окисление некоторых органических соединений и общие аспекты электросинтеза.	8	8-10	6	0	19	Отчет
4.	Тема 4. Вольтамперометрия и электросинтез.	8	11-17	0	0	43	Контрольная работа
<b>4.2 Содержание дисциплины</b>							
	Тема 1. Механизмы электрохимических процессов.	8		0	0	0	Экзамен Зачет
<b>лекционное занятие (8 часа(ов)):</b>							

История развития электрохимии органических соединений (ЭХОС), основные направления исследований, школы, место и значение ЭХОС в физической органической химии.

Электрохимические (E, E<sub>гом</sub>) и химические (C) стадии электрохимического процесса. Стандартный редокс-потенциал, шкала потенциалов. Термодинамический и кинетический факторы, определяющие реакционную способность молекул и интермедиатов. Уникальность электрода как реагента, специфика стадии гетерогенного переноса электрона. Электродный потенциал, поляризационные кривые, перенапряжение. Температура, природа электрода, электролита, растворителя и рабочая область потенциалов. Массо- и электронный перенос. Двойной электрический слой. Теория замедленного переноса заряда, многофакторная зависимость величины кажущейся константы скорости переноса электрона. Классические и квантовые свойства электрона. Коэффициент переноса, обычный, безбарьерный и безактивационный перенос электрона. Приближение Борна-Оппенгеймера, электронные термы, адиабатический и неадиабатический процессы электронного переноса. Классический электрокатализ. Уравнение Нернста, соотношение скоростей массо- и электронного переноса, относительность понятий необратимый (медленный), квазиобратимый и обратимый (быстрый) перенос электрона. E, E<sub>E</sub>, E<sub>гом</sub>, E<sub>Eгом</sub>, CE, EC, ECE, EEC и другие процессы, потенциалопределяющая стадия. Этапы установления механизма электрохимического процесса. Квадратная схема.

**лабораторная работа (27 часа(ов)):**

1 Оценка влияния природы электролита и катода на перенапряжение реакции выделения водорода. Потенциодинамические кривые. Механизмы электрохимического выделения водорода на d- (Pt) и s-, p- (Pb, Hg) металлах в водных растворах кислот и щелочей. 2. Изучение механизмов электрохимических процессов методами вращающегося дискового электрода (и дискового электрода с кольцом). Теория методов. Электрохимическое поведение редокс-пары Ti(IV)/Ti(III) на платиновом электроде в 4 и 9 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Восстановление нитробензола в водно-спиртовом растворе H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Механизмы процессов. 3. Изучение электрохимических процессов методами классической и коммутаторной полярографии. Теория методов. Электрохимическое поведение редокс-пары Ti(IV)/Ti(III) в 1 и 9 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Восстановление нитробензола в водно-спиртовом растворе 1 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Механизмы процессов.

## **Тема 2. Вольтамперометрические методы изучения электрохимических процессов.**

### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Вольтамперометрические методы изучения электрохимических процессов. Классическая полярография, линейная и циклическая вольтамперометрия, коммутаторная вольтамперометрия, методы вращающегося дискового электрода и вращающегося дискового электрода с кольцом, основные принципы методов, информативность. Диффузионные, кинетические, адсорбционные токи, оценка природы тока. Каталитические токи, скрытые предельные токи I, II и III рода. Способы оценки числа электронов, участвующих в электрохимическом процессе. Критерии обратимости электронного переноса в электрохимических методах. Регистрация интермедиатов. Последовательность изучения электрохимического процесса, подходы к вычленению отдельных стадий, сочетание вольт-амперных и других методов установления механизма.

### ***лабораторная работа (20 часа(ов)):***

1. Изучение электрохимических процессов методом циклической вольтамперометрии. Теория метода. Электрохимическое поведение редокс-пары Ti(IV)/Ti(III) на платиновом электроде в 4 и 9 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Восстановление нитробензола в водно-спиртовом растворе H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Механизмы процессов. Сопоставление результатов с данными, полученными в работах 2 и 3. 2. Ингибиторы кислотной коррозии. Полные и частные поляризационные кривые. Влияние желатины и декстрина на поляризационные кривые стали в 2 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## **Тема 3. Восстановление и окисление некоторых органических соединений и общие аспекты электросинтеза.**

### ***лекционное занятие (6 часа(ов)):***

Восстановление и окисление некоторых органических соединений и общие аспекты электросинтеза. Гальваностатические кривые заряжения металлов группы платины в водных средах, водородная, двойнослойная и кислородная области, понятие о E<sub>r</sub>, потенциодинамические кривые. Прямые, не прямые и смешанные электрохимические процессы. Непрямое гидрирование и окисление. Механизмы восстановления ароматических нитросоединений в водных нейтральных, кислых и щелочных растворах, роль природы электрода и медиаторной системы, восстановление в апротонных средах. Электрохимическое аминирование непредельных и ароматических соединений в кислых водно-органических средах. Реакции анодного замещения. Законы Фарадея. Соотношение между микро- и макроэлектролизом, специфика использования данных вольтамперометрии при выборе условий проведения препаративного синтеза. Медиаторный электросинтез, использование медиаторных систем в утилизации отходов химических производств.

### ***лабораторная работа (19 часа(ов)):***

1. Изучение баланса напряжения и газонаполнения монополярной ванны электролиза воды. Оценка влияния плотности тока на коэффициент газонаполнения водного раствора 4.7 М NaOH и баланс напряжения в диафрагменном электролизёре с никелевыми электродами. 2. Препаративный электросинтез анилина из нитробензола или бензола. Основы электросинтеза, режимы электролиза и его количественные характеристики. Механизмы восстановления ароматических нитросоединений на Pt, Cu и Pb в кислых водных средах. Медиаторные системы. Электрохимическое радикальное аминирование.

## **Тема 4. Вольтамперометрия и электросинтез.**

### ***лабораторная работа (43 часа(ов)):***

1. Синтез нанесенного Pd-Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора и изучение его каталитических свойств в процессе селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой смеси. Назначение процесса селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой смеси. Типы промышленных катализаторов селективного гидрирования ацетилена. Механизм гидрирования ацетилена на поверхности Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора. Вторичные процессы гидрирования этилена и олигомеризации олефинов. Роль промоторов - элементов группы IV. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по этилену и этану, конверсии ацетилена. 2. Синтез нанесенного Pd-Co-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора и изучение его каталитических свойств в процессе селективного гидрирования винилацетилена в бутадиенсодержащей смеси. Назначение процесса селективного гидрирования винилацетилена в бутадиенсодержащих смесях. Типы промышленных катализаторов селективного гидрирования винилацетилена. Механизм гидрирования винилацетилена на поверхности Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора. Вторичные процессы гидрирования бутадиена и олигомеризации диеновых углеводородов. Роль промоторов. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по бутадиену, конверсии винилацетилена. 3. Синтез нанесенного Ag-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора и изучение его свойств в реакции парциального окисления этилена в этиленоксид. Этиленоксид как продукт органического синтеза. Механизм реакции окисления этилена в присутствии серебряных катализаторов. Состав катализаторов парциального окисления этилена. Методы закрепления серебра на корундовом носителе. Роль промоторов и сопромоторов. Влияние условий реакции на селективность процесса. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по оксиду этилена, конверсии этилена. 4. Синтез смесового железооксидного катализатора и проведение его испытаний в реакции дегидрирования этилбензола в стирол. Стирол как продукт органического синтеза. Механизм реакции дегидрирования этилбензола на поверхности оксидов железа, ферритов калия. Состав катализаторов дегидрирования этилбензола. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по стиrolу. 5. Синтез микросферического алюмохромового катализатора и изучение его свойств в реакции дегидрирования изобутана в изобутилен. Процесс дегидрирования низших C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> парафинов. Процесс дегидрирования изобутана в кипящем слое катализатора. Состав и эксплуатационные характеристики катализаторов кипящего слоя. Способы получения микросферических алюмохромовых катализаторов - распыление-сушка катализаторной суспензии, пропитка алюмооксидных носителей. Механизм дегидрирования парафинов на поверхности оксидов хрома. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по изобутилену.

#### 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. Механизмы электрохимических процессов.	8	1-4	подготовка к тестированию усвоение лекционного материала, теоретических и практических		

вопросов лаб

26

тестирование



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Вольтамперометрические методы изучения электрохимических процессов.	8	5-7	подготовка к отчету усвоение лекционного материала, теоретических и практических вопросов лаборатор	19	отчет
3.	Тема 3. Восстановление и окисление некоторых органических соединений и общие аспекты электросинтеза.	8	8-10	подготовка к отчету усвоение лекционного материала, теоретических и практических вопросов лаборатор	18	отчет
4.	Тема 4. Вольтамперометрия и электросинтез.	8	11-17	подготовка к контрольной работе усвоение лекционного материала, теоретических и практических вопросов	24	контрольная работа
	Итого				87	

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

В процессе освоения дисциплины предусматриваются интерактивные опросы, тестирование и проведение ряда лабораторных работ, выполнение, оформление и сдача которых потребуют постоянного обращения студентов к лекционному материалу и литературе по теоретической и прикладной электрохимии.

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. Механизмы электрохимических процессов.

тестирование , примерные вопросы:

Примеры тестов. 1. Окислительно-восстановительное число атома азота в молекуле нитрозобензола составляет: 1)-2; 2) 0; 3)+1; 4)+2; 5)+3. 2. Для превращения  $\text{RCH}_2\text{OH}$  в  $\text{RCOOH}$  требуется следующее количество электронов: 1)2; 2)3; 3)4; 4)5; 5)6. 3. Восстановление хинона до гидрохинона в умеренно кислой водной среде протекает по механизму: 1)CCEE; 2)CECE; 3)EEEC; 4)EECC; 5)CEEC. 4. В катодном процессе скрытый предельный ток второго рода обусловлен взаимодействием: 1)Red2 с Ox1; 2)Red1 с Ox2; 3)Red1 с Ox1; 4)Red1 с Red2; 5)Red2 с Ox2.

## **Тема 2. Вольтамперометрические методы изучения электрохимических процессов.**

отчет , примерные вопросы:

Отчеты по работам: 1. Оценка влияния природы электролита и катода на перенапряжение реакции выделения водорода. Потенциодинамические кривые. Механизмы электрохимического выделения водорода на d- (Pt) и s-, p- (Pb, Hg) металлах в водных растворах кислот и щелочей. 2. Изучение механизмов электрохимических процессов методами вращающегося дискового электрода (и дискового электрода с кольцом). Теория методов. Электрохимическое поведение редокс-пары  $\text{Ti(IV)/Ti(III)}$  на платиновом электроде в 4 и 9 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Восстановление нитробензола в водно-спиртовом растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Механизмы процессов. 3. Изучение электрохимических процессов методами классической и коммутаторной полярографии. Теория методов. Электрохимическое поведение редокс-пары  $\text{Ti(IV)/Ti(III)}$  в 1 и 9 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Восстановление нитробензола в водно-спиртовом растворе 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Механизмы процессов. 4. Изучение электрохимических процессов методом циклической вольтамперометрии. Теория метода. Электрохимическое поведение редокс-пары  $\text{Ti(IV)/Ti(III)}$  на платиновом электроде в 4 и 9 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Восстановление нитробензола в водно-спиртовом растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Механизмы процессов. Сопоставление результатов с данными, полученными в работах 2 и 3. 5. Ингибиторы кислотной коррозии. Полные и частные поляризационные кривые. Влияние желатины и декстрина на поляризационные кривые стали в 2 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . 6. Изучение баланса напряжения и газонаполнения монополярной ванны электролиза воды. Оценка влияния плотности тока на коэффициент газонаполнения водного раствора 4.7 М NaOH и баланс напряжения в диафрагменном электролизёре с никелевыми электродами.

## **Тема 3. Восстановление и окисление некоторых органических соединений и общие аспекты электросинтеза.**

отчет , примерные вопросы:

Отчеты по работам: 1. Препаративный электросинтез анилина из нитробензола или бензола. Основы электросинтеза, режимы электролиза и его количественные характеристики. Механизмы восстановления ароматических нитросоединений на Pt, Cu и Pb в кислых водных средах. Медиаторные системы. Электрохимическое радикальное аминирование. 2. Синтез нанесенного Pd-Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора и изучение его каталитических свойств в процессе селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой смеси. Назначение процесса селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой смеси. Типы промышленных катализаторов селективного гидрирования ацетилена. Механизм гидрирования ацетилена на поверхности Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора. Вторичные процессы гидрирования этилена и олигомеризации олефинов. Роль промоторов - элементов группы IVB. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по этилену и этану, конверсии ацетилена. 3. Синтез нанесенного Pd-Co-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора и изучение его каталитических свойств в процессе селективного гидрирования винилацетилена в бутадиенсодержащей смеси. Назначение процесса селективного гидрирования винилацетилена в бутадиенсодержащих смесях. Типы промышленных катализаторов селективного гидрирования винилацетилена. Механизм гидрирования винилацетилена на поверхности Pd-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора. Вторичные процессы гидрирования бутадиена и олигомеризации диеновых углеводородов. Роль промоторов. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по бутадиену, конверсии винилацетилена. 4. Синтез нанесенного Ag-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатора и изучение его свойств в реакции парциального окисления этилена в этиленоксид. Этиленоксид как продукт органического синтеза. Механизм реакции окисления этилена в присутствии серебряных катализаторов. Состав катализаторов парциального окисления этилена. Методы закрепления серебра на корундовом носителе. Роль промоторов и сопромоторов. Влияние условий реакции на селективность процесса. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по оксиду этилена, конверсии этилена. 5. Синтез смесового железооксидного катализатора и проведение его испытаний в реакции дегидрирования этилбензола в стирол. Стирол как продукт органического синтеза. Механизм реакции дегидрирования этилбензола на поверхности оксидов железа, ферритов калия. Состав катализаторов дегидрирования этилбензола. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по стиролу. 6. Синтез микросферического алюмохромового катализатора и изучение его свойств в реакции дегидрирования изобутана в изобутилен. Процесс дегидрирования низших C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> парафинов. Процесс дегидрирования изобутана в кипящем слое катализатора. Состав и эксплуатационные характеристики катализаторов кипящего слоя. Способы получения микросферических алюмохромовых катализаторов - распыление-сушка катализаторной суспензии, пропитка алюмооксидных носителей. Механизм дегидрирования парафинов на поверхности оксидов хрома. Синтез катализатора. Проведение испытаний катализатора на лабораторной каталитической установке. Проведение хроматографического анализа углеводородного состава исходного сырья и продуктов реакции. Расчеты активности катализатора, селективности по изобутилену.

#### **Тема 4. Вольтамперометрия и электросинтез.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Примеры вопросов. 1. Коммутаторный вариант вольтамперометрии. 2. Понятие об адсорбционном токе. 3. Связь между микро- и макроэлектролизами. 4. Законы электролиза. 5. Восстановление нитробензола на ртутном катоде в апротонной среде.

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

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

Примеры билетов к зачету.

Билет 1.

1. Шкала стандартных редокс-потенциалов.
2. Специфика электрода как реагента.

Билет 2.

1. Рабочая область потенциалов, влияние на нее условий эксперимента.
2. Квадратная схема.

Билет 3.

1. Требования, предъявляемые к методам вольтамперометрии.
2. Относительность понятия быстрый перенос электрона.

Примеры билетов к экзамену.

Билет 1. СЕ, ЕС, ЕЕгом и ЕСЕ - процессы в циклической вольтамперометрии.

Билет 2. Обратимый Е-процесс и его проявление в методах вольтамперометрии.

Билет 3. Необратимый Е-процесс и его проявление в методах вольтамперометрии.

Билет 4. Типы слоев, возникающие в электролите.

Билет 5. Влияние среды на механизм электрохимического восстановления ароматических нитросоединений.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА студентов включает усвоение лекционного материала, теоретических и практических вопросов лабораторных работ с привлечением основной и дополнительной литературы, а также оформление лабораторных работ с построением графиков и проведением необходимых расчётов.

### 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. 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)

### 7.2. Дополнительная литература:

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

2. 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.
3. Дамаскин В. В., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия. - М.: Химия. - КолосС, 2008. - 672 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)

### 7.3. 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. - <https://znanium.com>

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

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

Освоение дисциплины "Органическая электрохимия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Оборудование:

Источники питания постоянного тока Б5-43А, Б5-44А, АК ИП-1113 и АК ИП-1114, потенциостаты IPC-Pr MF и IPC-Pr 3А, полярограф Экотест-ВА, установка вращающегося дискового электрода ВДЭ-06, вольтамперометры Щ 4313 и GDM-8145, магнитные мешалки RH basic 2 IKAMAG, термостаты U2c и BT5, роторный испаритель LABTEX, аппаратно-программный комплекс на базе хроматографа "Хроматэк-Кристалл 5000", сушильный шкаф SnI, электронные аналитические весы A&D.

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):

Манапова Л.З. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.