

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко
«30» июня 2023 г.
Регистрационный № УД-12784 /уч.

СОВРЕМЕННАЯ ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 04-2013 и учебного плана G-31-147/уч 2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Е.А. Стрельцов, заведующий кафедрой электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

С.М. Рабчинский, доцент кафедры электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра химии Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

А. И. Кулак, заместитель директора по научной работе Государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии»

Национальной академии наук Беларуси, член-корр. НАН Б, профессор;

Н.В. Логинава, профессор кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 13.04.2023);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 29.06.2023)

Зав. кафедрой
д.х.н., профессор



Е.А. Стрельцов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Предметом данной учебной дисциплины является изучение электрохимических реакций и электрохимических систем, которые применяются для получения химических веществ в промышленности. Производство различных продуктов электрохимическими способами получило большое распространение. Электрохимическими методами получают вещества высокой степени чистоты. Так как зоны окислительных и восстановительных реакций разделены, то можно получить сразу несколько продуктов. Некоторые ценные вещества получают исключительно электролизом или электросинтезом. Электрохимические методы используются при создании экологически безопасных производств и для мониторинга состояния окружающей среды.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Современная прикладная электрохимия» выработать у студентов системное представление о материалах, аппаратах и процессах, которые используются в электрохимических производствах.

Задачи учебной дисциплины:

1. Изучение студентами основ термодинамики и кинетики практически важных электродных реакций, а также свойств материалов, используемых в качестве электродов, и конструкций электролизеров;
2. выработка у студентов навыков проведения электрохимического эксперимента;
3. освоение студентами электрохимических методов получения химических веществ.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами «Физика», «Высшая математика», «Электрохимия», «Физическая химия», «Неорганическая химия» (учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования)

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Современная прикладная электрохимия» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

социально-личностные компетенции:

- СЛК-6. Уметь работать в команде.

базовые профессиональные компетенции:

- ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.
- ПК-2. Принимать участие в научных исследованиях, связанных с совершенствованием и развитием химии, современных ее направлений и физико-химических методов исследования.
- ПК-3. Формулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности, осуществлять ее планирование.
- ПК-4. Применять методы прикладной квантовой химии, молекулярной динамики и математического моделирования для предсказания свойств химических систем и их поведения в химических процессах.
- ПК 5. Комплексно применять физические и физико-химические методы исследования химических веществ и материалов в процессах их синтеза и модифицирования.
- ПК 6. Использовать для решения профессиональных задач методы компьютерного моделирования химических процессов, вычислительную технику.
- ПК 7. Использовать нормативную, справочную и научную литературу для конструирования новых веществ, материалов и молекулярно-организованных систем.
- ПК-8. Представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями с привлечением современных средств редактирования и печати.

производственно-технологическая деятельность:

- ПК-9. Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-производственной деятельности.
- ПК-10. Разрабатывать и масштабировать новые технологические процессы, разрабатывать и утверждать нормативно-технологическую документацию, проводить технико-экономический анализ технологических процессов и производственной деятельности.
- ПК-11. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям,

проектам и решениям.

- ПК-12. Обобщать научно-техническую информацию, работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.
- ПК-13. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологических процессов.
- ПК-19. Вести переговоры, устанавливать контакты, проводить презентации, выступать на научных конференциях.

В результате изучения учебной дисциплины «Современная прикладная электрохимия» студент должен:

знать:

- вопросы выбора материала электродов, состава раствора, электродных потенциалов и других параметров электрохимической системы;
- особенности конструкций электродов и электролизеров;
- электрохимические основы методов электрохимического получения химических веществ;
- факторы, влияющие на скорость и направление электродных процессов;
- методы теоретических и экспериментальных исследований электрохимических реакций;
- отличительные черты и характеристики электрохимических систем, используемых для получения химических продуктов;
- пути поиска, накопления и обработки научной информации об электрохимических способах получения веществ;
- основные варианты использования электрохимических методов получения химических веществ в народном хозяйстве Республики Беларусь.

уметь:

- решать учебные и исследовательские задачи на нахождение основных характеристик электролизеров и их зависимость от различных факторов, понимать физический смысл величин входящих в уравнения для нахождения этих характеристик;
- анализировать методики электрохимического получения веществ и материалов;
- ориентироваться в перспективах и тенденциях электрохимических производств в мире.

владеть:

- приемами практического нахождения важнейших электрохимических величин (электродных потенциалов и токов, электродвижущей силы, выхода по току, коэффициентов активности, чисел и коэффициентов переноса, удельной электропроводности, коэффициентов диффузии, электрической подвижности и др.);
- основными электрохимическими методами исследования.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Современная прикладная электрохимия» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 108 часов, в том числе 42 аудиторных часа, из них: лекции – 14 часов, семинарские занятия – 24 часа, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.
Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Электролиз воды

1.1. Получение водорода, кислорода и тяжелой воды электролизом воды.

Применение в промышленности процессов электролиза воды. Общая характеристика процесса. Область термодинамической устойчивости воды. Выход водорода по току. Падение напряжения в электролите и диафрагме. Разделение газов. Электролиз под давлением. Электролиз морской воды. Получение тяжелой воды.

1.2. Кинетика электрохимического выделения водорода и кислорода.

Общая характеристика процесса выделения водорода на катоде. Электрохимическое перенапряжение при выделении водорода. Зависимость перенапряжения водорода от плотности тока, состава электролита, температуры и других факторов. Природа водородного перенапряжения на различных металлах. Механизм реакции.

Общая характеристика процесса выделения кислорода на аноде. Электрохимическое перенапряжение при выделении кислорода. Возможные механизмы реакции. Используемые аноды.

Раздел 2. Электрохимическое производство хлора и каустической соды

2.1. Электрохимическое производство хлора и каустической соды.

Общий обзор развития техники производства хлора и каустической соды. Выход хлора и щелочи по току. Механизм реакции. Типы анодов, используемых для получения хлора. Оксидные рутениево-титановые аноды (ОРТА). Электрокатализ реакции выделения хлора на оксидных электродах сложного состава. Технологические схемы получения хлора и товарной щелочи. Электролизные ванны с ртутными катодами. Разложение амальгам водой. Электролизеры с твердыми катодами. Получение товарной щелочи.

Раздел 3. Электрохимическое получение некоторых неорганических соединений

3.1. Электросинтез кислородных соединений.

Электросинтез перманганата калия, диоксида марганца. Условия электролиза, химизм процессов, используемые электроды.

3.2. Электросинтез неорганических веществ на катоде.

Электросинтез гидросульфита (дитионита) натрия, гидроксилamina. Условия электролиза, химизм процессов, используемые электроды.

Раздел 4. Электрохимическое получение кислородных соединений хлора

4.1. Электрохимическое получение кислородных соединений хлора в промежуточных степенях окисления.

Получение гипохлорита натрия, хлоратов натрия и калия. Теоретические основы процессов. Используемые электролиты, электроды и электролизеры.

4.2. Электрохимическое получение кислородных соединений хлора в высшей степени окисления.

Электросинтез перхлоратов и хлорной кислоты. Теоретические основы процессов. Используемые электролиты, электроды и электролизеры.

Раздел 5. Производство пероксидных соединений

5.1. Производство пероксидных соединений серы и пероксида водорода.

Теоретические основы процессов электросинтеза пероксокислот серы и пероксида водорода. Используемые электролиты и электроды. Условия проведения электросинтеза.

5.2. Производство пероксидных соединений бора и фосфора.

Теоретические основы процессов получения пероксидных соединений бора и фосфора. Используемые электролиты и электроды. Условия проведения электросинтеза.

Раздел 6. Электрохимия в современном мире

6.1. Электрохимия в современном мире. Экология и электрохимия.

Разработка безреагентных способов очистки и подготовки воды. Обессоливание воды. Очистка веществ электролизом. Тенденции и перспективы развития современной прикладной электрохимии. Развитие электрохимических производств в Республике Беларусь. Создание безотходных (в том числе безсточных) производств и устройств, не загрязняющих окружающую среду. Создание оптимальных методов контроля и мониторинга воздушного и водного бассейнов, а также почвенного покрова Земли.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-------------------------|---|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Раздел 1. Электролиз воды Тема 1.1 Получение водорода, кислорода и тяжелой воды электролизом воды. Тема 1.2 Кинетика электрохимического выделения водорода и кислорода. | 2 | 4 | | | | | контрольная работа, устный опрос |
| 2 | Раздел 2. Электрохимическое производство хлора и каустической соды Тема 2.1 Электрохимическое производство хлора и каустической соды. | 2 | 6 | | | | 2 | коллоквиум, отчет по домашним практическим упражнениям |
| 3 | Раздел 3. Электрохимическое получение некоторых неорганических соединений Тема 3.1 Электросинтез кислородных соединений марганца. Тема 3.2 Электросинтез неорганических веществ на катоде. | 2 | 2 | | | | | устный опрос |
| 4 | Раздел 4. Электрохимическое получение кислородных соединений хлора Тема 4.1 Электрохимическое получение кислородных | 4 | 6 | | | | 2 | коллоквиум, отчет по домашним практическим упражнениям |

| | | | | | | | | |
|---|---|----|----|--|--|--|---|-------------------------------------|
| | соединений хлора в промежуточных степенях окисления. Тема 4.2 Электрохимическое получение кислородных соединений хлора в высшей степени окисления. | | | | | | | |
| 5 | Раздел 5. Производство пероксидных соединений Тема 5.1 Производство пероксидных соединений серы и пероксида водорода. Тема 5.2 Производство пероксидных соединений бора и фосфора. | 3 | 4 | | | | | контрольная работа, устный опрос |
| 6 | Раздел 6. Электрохимия в современном мире Тема 6.1 Электрохимия в современном мире. Экология и электрохимия. | 1 | 2 | | | | | устный опрос |
| | Всего часов | 14 | 24 | | | | 4 | |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебное пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - Изд. 3-е, испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. - 670 с.
2. Лукомский, Ю. Я. Физико-химические основы электрохимии : [учеб. пособие] / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 446 с.
3. Войтов, И. В. Большой физико-химический справочник = Katta fizikaviy va kimyoviy ma'lumotnoma (spravochnik) : в 4 т. / И. В. Войтов, А. И. Волков, С. М. Турабджанов. - Минск : БГТУ, 2022. - Т. 3 : Жидкое и твердое состояние вещества. Электрохимия. Аналитическая химия = Moddaning suyuq va qattiq holatlari. Elektrokimyo. Analitik kimyo. - 2022. - 574 с.
4. Физическая химия : учебник для студ. в 2 кн. / Г. В. Булидорова [и др.]. - Москва : КДУ, 2016. - Кн. 2 : Электрохимия. Химическая кинетика. - Москва : КДУ, 2016. - 456 с.
5. Химические источники электрической энергии : учебное пособие / Дресвянников А. Ф., Колпаков М. Е., Григорьев И. О., Межевич Ж. В., Кадиров М. К., Ситников С. Ю. - Казань : КНИТУ, 2020. - 300 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/245030>
6. Тимакова, Е. В. Физическая химия. Электрохимические системы : Учебное пособие / Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2020. - 116 с. - Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=397526>

Перечень дополнительной литературы

1. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учеб. пособие / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. - Москва : Высшая школа, 1987. - 296 с.
2. Багоцкий, В. С. Основы электрохимии / В. С. Багоцкий. - Москва : Химия, 1988. - 400 с.
3. Практикум по электрохимии : учеб. пособие для хим. спец. вузов / [Б. Б. Дамаскин и др.] ; под ред. Б. Б. Дамаскина. - Москва : Высшая школа, 1991. - 287с.
4. Электрохимия / Ф. Миомандр [и др.] ; пер. с фр. В. Н. Грасевича под ред. Ю. Д. Гамбурга, В. А. Сафонова. - Москва : Техносфера, 2008. - 360 с.

5. Антропов, Лев Иванович. Теоретическая электрохимия : учебник / Л. И. Антропов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1984. - 519 с.
6. Ротинян, А. Л. Теоретическая электрохимия / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина ; под ред. А. Л. Ротиняна. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1981. - 424 с.
7. Фиошин, М.Я. Смирнова М.Г. Электросинтез окислителей и восстановителей / М.Я. Фиошин, М.Г. Смирнова - Л.: Химия, 1981. - 212 с.
8. Якименко, Л. М. Производство водорода, кислорода, хлора и щелочей / Л. М. Якименко. - Москва : Химия, 1981. - 279 с.
9. Прикладная электрохимия / [А. Ф. Алабышев и др.] - Л.: Химия, 1967. - 600 с.
10. Прикладная электрохимия : учебник для студ. химико-технол. спец. вузов / [Р. И. Агладзе и др.] ; под ред. И. Т. Кудрявцева. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Химия, 1975. - 551 с.
11. Прикладная электрохимия : учеб. пособие / [А. Ф. Алабышев и др.] ; под ред. А. Л. Ротиняна. - Изд. 3-е, перераб. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1974. - 536 с.
12. Скорчеллетти, В. В. Теоретическая электрохимия / В. В. Скорчеллетти. - Изд. 4-е, испр. и доп. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1974. - 567 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Текущий контроль качества усвоения студентами знаний по данной учебной дисциплине может осуществляться с использованием следующих средств диагностики:

- письменных контрольных работ по отдельным темам учебной программы, а также по содержанию учебной дисциплины в целом;
- устного опроса при проведении аудиторных занятий;
- коллоквиумов;
- письменных отчетов по домашним практическим упражнениям, выполняемых в рамках самостоятельной внеаудиторной работы.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Современная прикладная электрохимия» учебным планом предусмотрен экзамен

Итоговая оценка формируется на основе:

– Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (утверждены постановлением Министерством образования Республики Беларусь от 29.05.2012 № 53);

– Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете (утверждено приказом ректора БГУ от 31.03.2020 № 189-ОД).

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

- ответы на практических занятиях – 25 %;
- контрольная работа – 25 %;
- коллоквиум – 25 %;
- письменный отчет по домашним практическим упражнениям – 25 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и отметки на экзамене с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40 %, отметки на экзамене – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2. Электрохимическое производство хлора и каустической соды (2ч.)

Задание: Ответить на вопросы:

1. Какие способы совместного получения хлора и щелочи используют в промышленности (напишите уравнения соответствующих реакций)?
2. Каковы оптимальные условия получения хлора в электролизере с фильтрующей диафрагмой (объясните влияние различных факторов на

выход продуктов электролиза по току и удельный расход электроэнергии)?

3. При каких условиях (состав и температура раствора, pH, степень разложения соли, плотность тока) проводят электролиз с ртутным катодом?
4. Какова критическая концентрации щелочи в катодном пространстве промышленных электролизеров? Какой степени разложения соли она соответствует?

Форма контроля - коллоквиум

Тема 4. Электрохимическое получение кислородных соединений хлора в промежуточных степенях окисления (2ч.)

Задание: Ответить на вопросы:

1. Разделяют ли катодное и анодное пространства в электролизере для получения гипохлорита натрия, и с какой целью это делают (напишите уравнения реакций, приводящих к получению гипохлорита натрия, а также уравнения побочных процессов)?
2. Какие условия проведения процесса влияют на выход гипохлорита натрия по току (объясните наблюдаемые зависимости)?
3. Какие оптимальные условия электросинтеза хлората натрия? Чему равны средняя плотность тока, напряжение на электролизере, выход по току, удельный расход электроэнергии?
4. Какие технологические схемы используют в промышленности в зависимости от способа проведения процесса и способа выделения твердого продукта?

Форма контроля – коллоквиум

Примерная тематика практических занятий

Занятие № 1. «Получение водорода, кислорода и тяжелой воды электролизом воды».

Решение задач.

Примерная тематика задач:

1. Электролитическая ячейка разложения воды работает температуре 86°C на напряжении 1,9 В и силе тока 20 кА с выходом по току 100%. Воду подают на электролиз и для охлаждения электролизера при 25°C . Охлаждающая вода нагревается до 80°C , а газы выходят из электролизера при 85°C . Примите энтальпию разложения воды равной

285,9 кДж/моль, а теплоемкость газов 29 Дж/(моль·К). Рассчитайте:

- а) скорость образования водорода (кг/ч);
 - б) массу воды, разлагающейся в электролизере за 1 час;
 - в) скорость подачи охлаждающей воды (м³/ч);
 - г) температуру при которой будет работать электролизер, если не использовать охлаждающую воду, а напряжение при силе тока 20 кА, снизить до 1,475 В за счет уменьшения анодного перенапряжения.
2. Фильтрпрессный электролизер для получения водорода состоит из 160 ячеек и работает при нагрузке 10 кА, плотности тока 3 кА/м² и напряжении 376 В. При используемой температуре удельная электропроводность раствора щелочи равна 1,046 Ом⁻¹·см⁻¹, а теоретическое напряжение разложения воды составляет 1,18 В. Коэффициент увеличения сопротивления раствора за счет газонаполнения равен 1,4, расстояние между электродами 1 см, потери напряжения в диафрагме и контактах 0,1 В. Производительность электролизера по водороду равна 682 м³/ч. Рассчитайте:
- а) выход водорода по току (объем водорода измерен при нормальных условиях);
 - б) удельный расход электроэнергии (кВт·ч) на 1 м³ водорода;
 - в) коэффициент полезного использования электроэнергии;
 - г) сумму перенапряжений на катоде и аноде электролизера;
 - д) количество теплоты, выделяющейся в электролизере за 1 час (при образовании 1 моль жидкой воды из простых водорода и кислорода выделяется 285,84 кДж теплоты).

Занятие №8. «Электрохимическое получение кислородных соединений хлора в промежуточных степенях окисления». Решение задач.

Примерная тематика задач:

1. В электролизер для периодического получения хлората натрия нагрузкой 1600 А одновременно заливается 760 л раствора, содержащего 250 г/л NaCl. Процесс электролиза продолжается до того, как концентрация NaCl в растворе понизится до 85 г/л. Ванна работает при среднем выходе по току 87% и среднем напряжении 3,3 В. Примите, что в процессе электролиза объем электролита уменьшается на величину, соответствующую объему воды, израсходованной на электрохимический процесс и понижение выхода по току для основного электрохимического процесса полностью обусловлено электролизом воды. Рассчитайте:
 - а) продолжительность рабочего цикла ванны;
 - б) концентрацию NaClO₃ в конечном растворе;
 - в) удельный расход электроэнергии на 1 кг NaClO₃ (в растворе).

2. В верхнюю ванну каскада, состоящего из 7 последовательно включенных электролизеров нагрузкой 20 кА, предназначенных для получения хлората натрия, подается электролит, содержащий 270 г/л NaCl и 50 г/л NaClO₃. Из нижней ванны каскада выходит раствор с концентрацией NaClO₃ 300 г/л. Напряжение на каскаде 28 В, средний выход хлората по току 85%. Пренебрегите изменением объема раствора в процессе электролиза. Рассчитайте:
- а) скорость подачи раствора в ванну;
 - б) концентрацию NaCl в выходящем растворе;
 - в) удельный расход электроэнергии на 1 кг NaClO₃ (в растворе).

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

- **практико-ориентированный подход**, который предполагает:
 - освоение содержание образования через решения практических задач;
 - приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
 - ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
 - использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

- **метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**, который предполагает:
 - приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
 - анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы необходимо наличие методических указаний, электронных учебно-методических комплексов, в том числе представленных на образовательном портале, фондов оценочных средств, конкретных электронных информационных ресурсов, исходя из специфики организации самостоятельной работы по учебной дисциплине.

На освоение учебного материала в рамках УСП для специальностей высшего образования I ступени может отводиться до 20 % от аудиторных

часов, выделенных на изучение соответствующей дисциплины (при необходимости до 40%); для II ступени высшего образования – до 50 % от аудиторных часов, выделенных на изучение соответствующей дисциплины; для заочной формы получения высшего образования и для образовательных программ дополнительного образования взрослых – обеспечить сопровождение ЭСО часов, выделенных на самостоятельную работу.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Условия получения водорода электролизом (материал электродов, состав электролита, плотность тока, температура, давление). Связь выхода водорода по току и составляющих напряжения на электролизере с условиями электролиза.
2. Типы электролизеров и конструкция электродов для получения водорода.
3. Технологические схемы получения водорода и тяжелой воды. Механизм выделения водорода на разных металлах.
4. Конструкции электролизеров, технологические схемы получения хлора и щелочи с твердым и ртутным катодами.
5. Факторы, влияющие на выход хлора по току и напряжению на электролизере. Выбор материала анода.
6. Получение щелочи разложением амальгамы натрия. Механизм выделения хлора на различных анодах.
7. Реакции, протекающие на электродах и в объеме раствора при получении гипохлорита натрия. Условия электросинтеза и их влияние на выход гипохлорита натрия по току.
8. Механизм электросинтеза хлората натрия. Выбор условий для получения хлората натрия. Технологические схемы получения хлората натрия в промышленности.
9. Механизм электросинтеза перхлората натрия. Выбор условий для получения хлората натрия. Технологические схемы получения хлората натрия в промышленности. Получение перхлоратов калия и аммония.
10. Способы электросинтеза хлорной кислоты. Влияние условий электросинтеза на выход хлорной кислоты по току. Получение безводной хлорной кислоты.
11. Механизм образования персульфатов на аноде. Условия электросинтеза пероксодисерной кислоты персульфата аммония. Факторы, влияющие на выход персульфата по току. Получение пероксида водорода гидролизом персульфатов.

12. Обоснование выбора условий проведения электролиза и технологические схемы получения перманганата калия электрохимическим и полуэлектрохимическим методами.
13. Влияние условий электросинтеза на свойства диоксида марганца и его выход по току. Технологическая схема электросинтеза диоксида марганца.
14. Механизм образования пербората натрия. Выбор условий электросинтеза для получения пербората с высоким выходом по току.
15. Электросинтез гидроксилamina. Влияние условий электросинтеза на выход гидроксилamina по току.
16. Электросинтез дитионита натрия. Влияние условий электросинтеза на выход дитионита натрия по току.
17. Электрохимические методы очистки воды (электрокоагуляция, гальванокоагуляция, электрохимическая деструкция, электрофлотация, электродиализ). Механизм электрохимической очистки воды от цианидов, ионов тяжелых металлов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---|----------------------|---|---|
| 1. Физическая химия | Физической химии | нет | протокол № 12 от 13.04.2023 |
| 2. Физические методы исследования | Неорганической химии | нет | протокол № 12 от 13.04.2023 |

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на ____/____ учебный год

| № п/п | Дополнения и изменения | Основание |
|----------|------------------------|-----------|
| | | |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры электрохимии Белорусского государственного университета_(протокол № ____ от _____ г.)

Заведующий кафедрой
д.х.н., профессор

_____ Е.А.Стрельцов

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета
к.х.н., доцент

_____ А.В.Зураев