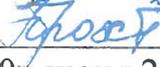


# Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям  
  
О.Г. Прохоренко  
«30» июня 2023 г.  
Регистрационный № УД-12785 /уч.

## ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

Направление специальности:

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

1-31 05 01-02 Химия (научно-педагогическая деятельность)

1-31 05 01-03 Химия (фармацевтическая деятельность)

1-31 05 01-05 Химия (радиационная, химическая и биологическая защита)

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

1-31 05 03 Химия высоких энергий

1-31 05 04 Фундаментальная химия

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2021, утвержденного 25.04.2022, ОСВО 1-31 05 02-2021, утвержденного 15.06.2022, ОСВО 1-31 05 03-2021 и ОСВО 1-31 05 04-2021, утвержденных 27.04.2022, учебных планов № G-31-1-005/уч., № G-31-1-006/уч., № G-31-1-007/уч., № G-31-1-023/уч., № G-31-1-008/уч., № G-31-1-009/уч., № G-31-1-010/уч., утвержденных 25.05.2021.

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

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

Т.В. Ковальчук, доцент кафедры электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

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

Н.В. Малащенко, доцент кафедры электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

#### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

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;

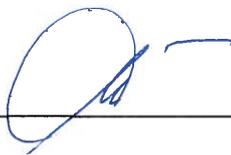
Н.В. Логинова, профессор кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

#### **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

Электрохимия – это раздел химической науки (физической химии), в котором изучаются физико-химические свойства конденсированных ионных систем, а также процессы и явления на границах раздела фаз с участием заряженных частиц (электронов или ионов). Электрохимия изучает процессы и явления, происходящие при прохождении электрического тока через вещества с ионной проводимостью (растворы, расплавы, твердые электролиты), контактирующие с электронными проводниками (металлами, полупроводниками) и между собой. Электрохимия широко использовала и использует достижения других областей знаний, в свою очередь сама щедро подпитывает различные области химии, физики и биологии новыми идеями и экспериментальными фактами.

Знание основ электрохимии чрезвычайно важно для современных специалистов-химиков, поскольку наука тесно связана с промышленностью – гальванотехникой, получением активных металлов, производством химических источников тока, электросинтезом окислителей и восстановителей (в том числе хлора и водорода), крупнотоннажным производством органических соединений, щелочей, получением тяжелой воды. Электрохимия вносит существенный вклад в создание безотходных технологий, безреагентных способов очистки и подготовки воды, оптимальных методов контроля и мониторинга воздушного и водного бассейнов, защиты от коррозии, разработку фотоэлектрохимических солнечных элементов, электрохимических преобразователей информации (хемотронов).

**Цель данной учебной дисциплины** – ознакомить студентов с основами учения теории растворов электролитов, термодинамики электрохимических систем, строения двойного электрического слоя и явлениях адсорбции на межфазных границах, а также процессах на электродах и электрохимической кинетике. Курс дает четкое представление о фундаментальных теоретических и экспериментальных основах этого обширного раздела физической химии в его современном состоянии.

**Задачи данной учебной дисциплины** – заключаются в изучении студентами основ электрохимии, а также выработке навыков проведения базового электрохимического эксперимента.

**Место учебной дисциплины.** В системе подготовки специалиста с высшим образованием учебная дисциплина относится к модулю «Физическая химия и электрохимия» государственного компонента.

### **Формирование компетенций**

Освоение учебной дисциплины «Электрохимия» должно обеспечить формирование следующей базовой профессиональной компетенции:

БПК-7 Применять основные постулаты, положения и законы физической химии для планирования и проведения физико-химического и электрохимического эксперимента, определения физико-химических

характеристик веществ, оптимальных условий протекания химических процессов (для специальности 1-31 05 01);

**БПК-8** Применять основные постулаты, положения и законы физической химии для планирования и проведения физико-химического и электрохимического эксперимента, определения физико-химических характеристик веществ, оптимальных условий протекания химических процессов (для специальностей 1-31 05 03 и 1-31 05 04).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

**знать:**

- основные понятия и положения электрохимии;
- физико-химические основы электрохимии: теорию электролитов, процессы переноса в ионных проводниках, равновесия в растворах электролитов, электродвижущие силы и электродные потенциалы, современные представления о строении двойного электрического слоя;
- основы кинетики электрохимических реакций;

**уметь:**

- проводить расчеты на основе изучаемых электрохимических законов, правил и зависимостей;
- классифицировать электроды и электрохимические цепи;
- проводить простейший электрохимический эксперимент;
- использовать на практике знания по прикладным аспектам электрохимии (химические источники тока и электролизеры, электрохимический синтез окислителей и восстановителей, гальванотехника, коррозия металлов и др.);

**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 содержания учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 5 семестре в соответствии с учебными планами по специальности: 1-31 05 01 Химия (по направлениям) и в 6 семестре в соответствии с учебными планами по специальностям: 1-31 05 02 Химия лекарственных соединений, 1-31 05 03 Химия высоких энергий, 1-31 05 04 Фундаментальная химия. Программа по учебной дисциплине «Электрохимия» рассчитана на 102 часа, из них 54 аудиторных: 20 часов лекций, 16 часов лабораторных занятий, 8 часов практических занятий, 10 часов – управляемая самостоятельная работа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен (в письменной форме).

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1. Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов

### Тема 1.1. Предмет, содержание и основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией

Предмет и содержание электрохимии. Основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией. Особенности химического и электрохимического способов реализации окислительно-восстановительных реакций. Проводники с электронной и ионной проводимостью.

### Тема 1.2. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея

Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры (электрохимические ванны) и гальванические элементы (химические источники тока). Законы Фарадея. Выход по току. Кулонометры и кулонометрия. Понятие о кулонометрическом анализе веществ.

### Тема 1.3. Теория электролитической диссоциации. Ионные равновесия в растворах электролитов

Развитие представлений о строении растворов электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Ионные равновесия в растворах электролитов: электролитическая диссоциация воды, диссоциация сильных и слабых электролитов, гидролиз солей, буферные растворы. Недостатки теории электролитической диссоциации Аррениуса.

### Тема 1.4. Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов

Сольватация и гидратация ионов. Физические свойства полярных растворителей. Протонные и апротонные растворители. Донорные и акцепторные числа растворителей. Энергия ионной кристаллической решетки и энергия сольватации. Расчет энергии ионной кристаллической решетки и энергии сольватации методом Борна. Определение энергии сольватации по экспериментальным данным (подход А.Н. Фрумкина). Энтальпия сольватации. Уравнение Борна-Бьеррума. Энтропия сольватации. Особенности гидратации протонов.

Межионное взаимодействие в растворах электролитов. Понятия активности, средней ионной активности и среднего ионного коэффициент активности. Три основных способа выражения состава раствора (молярная концентрация, моляльность, молярная доля), активности и коэффициента активности. Ионная сила раствора. Основные положения теории сильных электролитов Дебая-Гюккеля. Центральный ион и ионная атмосфера. Характеристическая длина

ионной атмосферы (дебаевский радиус), зависимость от концентрации ионов в растворе и их заряда. Энергия взаимодействия иона с ионной атмосферой. Первое, второе и третье приближения теории Дебая-Хюккеля. Сопоставление теории с экспериментом. Применение результатов теории Дебая-Хюккеля к слабым электролитам. Ионная ассоциация, классификация ионных пар, константа ионной ассоциации.

## **Раздел 2. Неравновесные явления в растворах электролитов**

### **Тема 2.1. Диффузия и миграция ионов в растворах**

Определение понятий «диффузия» и «миграция» ионов в растворах. Потoki диффузии и миграции. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Электрическая подвижность ионов. Формула Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Зависимость от концентрации и температуры. Эффективный коэффициент диффузии электролита. Способы устранения диффузионного потенциала.

### **Тема 2.2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность.**

#### **Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов**

Понятия «удельная», «эквивалентная» и «молярная» электропроводности. Зависимость от концентрации для сильных и слабых электролитов. Измерение удельной электропроводности растворов. Закон Кольрауша. Связь молярной электропроводности с константой диссоциации слабых электролитов. Определение произведения растворимости труднорастворимых соединений (солей) путем измерения удельной электропроводности их насыщенных растворов. Понятие о кондуктометрии.

### **Тема 2.3. Числа переноса ионов и методы их определения.**

Числа переноса ионов, их зависимость от концентрации и температуры. Предельные числа переноса. Определения чисел переноса методами движущейся границы и Гитторфа. Предельные электропроводности ионов. Аномальная подвижность катионов водорода и гидроксид-анионов.

### **Тема 2.4. Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.**

Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Расчет сольватированных радиусов ионов по уравнению Стокса. Правило Вальдена-Писаржевского. Уравнение Стокса-Эйнштейна. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена. Представления о переносе заряда в ионных расплавах. Факторы, влияющие на электрическую проводимость расплавов. Понятие об электрической проводимости твердых электролитов.

## **Раздел 3. Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала. Электродное равновесие**

### **Тема 3.1. Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод-раствор**

Природа скачка потенциала на границе раздела фаз. Внешний, поверхностный, внутренний, вольта и гальвани потенциалы. Правильно разомкнутая электрохимическая цепь. Электродвижущая сила (э.д.с.). Выражение э.д.с. через сумму гальвани и вольта потенциалов. Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз. Химический и электрохимический потенциал. Граница двух металлов. Закон Вольта. Граница металл-раствор. Электродвижущая сила (ЭДС) и ее связь с изменением энергии Гиббса. Уравнение Нернста. Понятие электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.

### **Тема 3.2. Классификация электродов**

Электроды первого, второго, третьего рода. Электроды сравнения: водородный электрод, хлорсеребряный, каломельный. Окислительно-восстановительные и газовые электроды. Мембранные электроды. Потенциал Доннана. Потенциал асимметрии. Стекланный электрод. Понятие об ионселективных электродах. Метод потенциометрии.

### **Тема 3.3. Электрохимические цепи и их классификация**

Классификация электрохимических цепей. Физические (гравитационные, аллотропические) цепи. Генерирование электрической энергии в системах с химически одинаковыми электродами. Концентрационные цепи первого и второго рода. Уравнения для э.д.с. концентрационных цепей первого и второго рода. Цепи с переносом и без переноса. Химические цепи. Элементы Вестона, Якоби-Даниэля, Лекланше. Свинцовый аккумулятор. Литий-ионные аккумуляторы.

### **Тема 3.4. Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов**

Термодинамика гальванического элемента. Температурный коэффициент э.д.с. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов: определение коэффициентов активности, чисел переноса, ПР труднорастворимых соединений, рН, измерение температурного коэффициента э.д.с. и расчет термодинамических параметров реакций.

## **Раздел 4. Двойной электрический слой на границе электрод-раствор**

### **Тема 4.1. Строения двойного электрического слоя, современные представления**

Строения двойного электрического слоя по Гельмгольцу. Емкость двойного электрического слоя. Теория диффузного строения двойного электрического слоя (Гуи, Чепмен). Адсорбционная теория (Штерн). Модель Грэма. Современные представления о строении двойного электрического слоя.

### **Тема 4.2. Явления адсорбции на межфазных границах**

Адсорбция на поверхности электродов. Адсорбционное уравнение Гиббса. Поверхностно-активные и поверхностно-неактивные молекулярные частицы. Электрокапиллярные явления на ртути и амальгамах металлов. Уравнение Липпмана. Потенциал нулевого заряда. Современные методы изучения электрохимических межфазных границ.

## **Раздел 5. Основы электрохимической кинетики**

### **Тема 5.1. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение**

Скорость электрохимической реакции. Стадии электрохимического процесса. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Поляризационные кривые. Потенциостатический, потенциодинамический и гальваностатический методы поляризационных измерений. Треэлектродная электрохимическая ячейка.

Электрохимическое перенапряжение. Связь между энергией активации электродной реакции и электродным потенциалом. Коэффициенты переноса. Безактивационные и безбарьерные электрохимические процессы. Уравнение Батлера-Фольмера. Плотность тока обмена. Понятие идеально поляризуемого электрода. Уравнение Тафеля.

### **Тема 5.2. Диффузионное перенапряжение. Понятие о методе полярографии и амперометрическом титровании**

Диффузионное перенапряжение. Стационарная и нестационарная диффузия. Второй закон Фика. Диффузионный слой. Понятие о микроэлектроде. Предельная плотность тока и ее связь с диффузионным перенапряжением. Уравнение полярографической волны. Потенциал полуволны. Понятие о методе полярографии и амперометрическом титровании. Вращающийся дисковый электрод. Перенапряжение диффузии с учетом миграции.

## **Раздел 6. Электрохимическая коррозия. Прикладная электрохимия**

### **Тема 6.1. Короткозамкнутые электрохимические системы. Коррозионные диаграммы и их анализ**

Короткозамкнутые электрохимические системы. Локальные микроаноды и микрокатоды. Процессы цементации. Условие самопроизвольной коррозии. Сопряженные электрохимические процессы. Коррозионные диаграммы и их анализ.

### **Тема 6.2. Коррозия технических металлов и способы защиты**

Коррозия технических металлов. Анодное окисление и растворение металлов. Электрохимическая пассивация. Потенциал Фладе. Размерная обработка поверхности металлов с использованием явления пассивации. Способы защиты от коррозии. Электрохимическое осаждение, разделение и рафинирование металлов.

## 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	<b>Предмет и задачи электрохимии. Теория растворов электролитов</b>	4	2		4		2	
1.1	Предмет, содержание и основные разделы теоретической электрохимии и ее связь с прикладной электрохимией	1						Дискуссия
1.2	Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея	1	1		4		2	Устный опрос. Решение задач, контрольная работа, отчет по домашним практическим упражнениям
1.3	Теория электролитической диссоциации. Ионные равновесия в растворах электролитов	1						Устный опрос
1.4	Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов	1	1					Устный опрос
2	<b>Неравновесные явления в растворах электролитов</b>	4	2		8		2	
2.1	Диффузия и миграция ионов в растворах	1						Дискуссия
2.2	Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов	1	2		4		2	Устный и письменный опрос, контрольная работа, отчет по домашним практическим упражнениям
2.3	Числа переноса ионов и методы их определения	1			4			Письменная работа по решению задач
2.4	Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.	1						Контрольная работа, тесты

3	<b>Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала. Электродное равновесие</b>	4	2		4		4	
3.1	Электрохимический потенциал и равновесие на границе электрод-раствор	1						Дискуссия
3.2	Классификация электродов	1					2	Контрольная работа
3.3	Электрохимические цепи и их классификация	1	2		4			Устный опрос
3.4	Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов	1					2	Письменная работа по решению задач, отчет по домашним практическим упражнениям
4	<b>Двойной электрический слой на границе электрод-раствор</b>	2						Дискуссия
4.1	Строения двойного электрического слоя, современные представления	1						Дискуссия
4.2	Адсорбция на поверхности электродов	1						Дискуссия
5	<b>Основы электрохимической кинетики</b>	4	2				2	
5.1	Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение	2	2				2	Устный опрос, письменная работа по решению задач, отчет по домашним практическим упражнениям
5.2	Диффузионное перенапряжение. Понятие о методе полярографии и амперометрическом титровании	2						Дискуссия
6	<b>Электрохимическая коррозия. Прикладная электрохимия</b>	2						
6.1	Короткозамкнутые электрохимические системы. Коррозионные диаграммы и их анализ	1						Дискуссия
6.2	Коррозия технических металлов и способы защиты от коррозии	1						Дискуссия
<b>ИТОГО</b>		<b>20</b>	<b>8</b>		<b>16</b>		<b>10</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература:

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, Юрий Яковлевич. Физико-химические основы электрохимии : [учеб. пособие] / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 446 с.
3. Подгорнова, Т. В. Электрохимия : учебное пособие / Т. В. Подгорнова, А. Ю. Митрофанов, Я. М. Суздальцева. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 42 с. — ISBN 978-5-8353-2344-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135248>
4. Теоретическая электрохимия : учебно-методическое пособие / Л. И. Ковязина, И. Ю. Михайлова, С. В. Шишкина, Т. В. Еремеева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киров : ВятГУ, 2021. — 96 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339965>
5. Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / А. В. Введенский, Е. В. Бобринская, С. Н. Грушевская, С. А. Калужина. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212504>

### Дополнительная литература

1. Багоцкий, Владимир Сергеевич. Основы электрохимии / В. С. Багоцкий. - Москва : Химия, 1988. - 400 с.
2. Сборник задач по электрохимии : для студ. хим. фак. спец. 1-31 05 01 "Химия (по направлениям)" / [авт.: М. П. Гилевич и др.]. - Минск : БГУ, 2007. - 120 с.
3. Лабораторные работы по разделу "Электрохимия" курса "Физическая химия" : Для студ. спец. Н.03.01.00 "Химия" / БГУ. Хим. фак. Каф. физической химии; Авт.-сост. М.П.Гилевич и др. - Мн. : БГУ, 2001. - 116с.
4. Дамаскин, Борис Борисович. Основы теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. хим. спец. вузов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. - Москва : Высшая школа, 1978. - 239 с.
5. Дамаскин, Борис Борисович. Введение в электрохимическую кинетику : [учеб. пособие для хим. спец. ун-тов] / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1983. - 400 с.
6. Задачи по физической химии : Учеб.пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская и др. - М. : Экзамен, 2003. - 318с.

7. Краткий справочник физико-химических величин / [сост.: Н. М. Барон и др.] ; под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономаревой. - Изд. 12-е. - Москва : АРИС, 2010. - 238 с.
8. Практические работы по физической химии : учеб. пособие / под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - Ленинград : Химия, 1982. - 400 с.
9. Практикум по физической химии : учеб. пособие для студ. химико-технологических спец. вузов / [авт.: В. В. Буданов и др.] ; под общ. ред. Н. К. Воробьева. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - Москва : Химия, 1975. - 367 с.
10. Сборник задач по электрохимии : Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. "Химия" и спец. "Химия" и "Технология электрохимических производств" / Н. А. Колпакова, Л. С. Анисимова, Н. П. Пикула и др.; Под ред. Н. А. Колпаковой. - М. : Высшая школа, 2003. - 144с.
11. Антропов, Лев Иванович. Теоретическая электрохимия : учебник / Л. И. Антропов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1984. - 519 с.
12. 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.
13. Байрамов, В. М. Основы электрохимии : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 011000 "Химия" и напр. 510500 "Химия" / В. М. Байрамов ; под ред. В. В. Лунина. - Москва : Academia, 2005. - 238с.
14. Практикум по электрохимии : учеб. пособие для хим. спец. вузов / [Б. Б. Дамаскин и др.] ; под ред. Б. Б. Дамаскина. - Москва : Высшая школа, 1991. - 287с.

## **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки**

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

1. Устный опрос в формате вопрос – ответ.
2. Защита индивидуальных лабораторных работ.
3. Отчеты по домашним практическим упражнениям.
3. Написание аудиторных контрольных работ по темам №№ 1.2, 2.2, 2.4, 3.2.
4. Тесты по теме № 2.4.
5. Письменный экзамен по дисциплине.

Итоговая отметка 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 (промежуточной) аттестации в рейтинговую отметку:

1. Защита индивидуальных лабораторных работ – 25 %.
2. Отчеты по домашним практическим упражнениям – 25 %.
3. Контрольные работы – 50 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзамена с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент отметки текущей успеваемости составляет 35 %, экзамена – 65 %.

### **Примерная тематика лабораторных занятий**

Лабораторное занятие № 1. Определение чисел переноса ионов в растворе серной кислоты.

Лабораторное занятие № 2. Определение ЭДС элемента «Якоби-Даниэля».

Лабораторное занятие № 3. Определение константы диссоциации слабой кислоты.

Лабораторное занятие № 4. Определение рН растворов кислот и буферных растворов с помощью хингидронного электрода.

### **Примерная тематика практических занятий**

Практическое занятие № 1. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Законы Фарадея. Ион-дипольные и ион-ионные взаимодействия в растворах электролитов

Решение задач с использованием закона Фарадея, расчёт энергии сольватации ионов и энергии ионной кристаллической решетки.

Практическое занятие № 2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов.

Практическое занятие № 3. Электрохимические цепи и их классификация.

Расчёт потенциалов электродов разного рода, составление электрохимических цепей, расчет величины ЭДС для электрохимических цепей.

Практическое занятие № 4. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение. Решение задач.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы**

**Тема 1.2. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры и гальванические элементы. Законы Фарадея (2 ч.)**

Задание 1. Пользуясь законом Фарадея, рассчитайте массу продукта, образовавшегося на электроде, или время электролиза, или количество пропущенного электричества.

Задание 2. Что такое выход по току? Приведите пример электрохимического кулонометра, объясните принцип его действия.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач
2. Опрос

**Тема 2.2. Удельная, эквивалентная и молярная электропроводность. Понятие об электрической проводимости расплавов и твердых электролитов (2ч.)**

Задание 1. Пользуясь законом Кольрауша, рассчитайте удельную электропроводность раствора слабой кислоты, а также предельную эквивалентную электропроводность раствора сильного электролита.

Задание 2. Изобразите и объясните зависимость удельной и эквивалентной электропроводности растворов электролитов от концентрации. Поясните влияние природы электролита на величину электропроводности раствора.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач
2. Опрос

### **Тема 3.2. Классификация электродов (2ч.)**

Задание 1. Запишите уравнение обратимой электродной реакции, выражение уравнение Нернста для электродного потенциала. Рассчитайте величину электродного потенциала относительно стандартного водородного электрода.

Задание 2. Приведите примеры электродов сравнения, а также электродов, используемых для определения активности ионов водорода.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач
2. Опрос

### **Тема 3.4. Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов (2ч.)**

Задание 1. Запишите уравнение реакции, протекающей в гальваническом элементе. Рассчитайте величину стандартной э.д.с. цепи, стандартной энергии Гиббса и константы равновесия реакции.

Задание 2. Поясните, как э.д.с. цепи зависит от активности участников реакции и температуры (приведите примеры).

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач
2. Опрос

### **Тема 3.4. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение (2ч.)**

Задание 1. Рассчитайте величину электрохимического перенапряжения реакции выделения водорода на катоде, величину плотности тока обмена и коэффициента переноса реакции.

Задание 2. Поясните отличие поляризации электрода от перенапряжения. Дайте определение и приведите примеры идеально поляризуемого и идеально неполяризуемого электродов.

Перечень средств диагностики:

1. Самостоятельное решение задач

## 2. Опрос

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используются *эвристический подход и метод учебной дискуссии*, которые предполагают:

- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач;

- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности;

- участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск и обзор литературы и электронных источников по заданной проблеме курса;

- выполнение домашнего задания;

- решение задач, предлагаемых на практических занятиях;

- подготовка к лабораторным и практическим занятиям.

## Примерные типы заданий для экзамена (в письменной форме)

1. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры (электрохимические ванны) и гальванические элементы (химические источники тока).
2. Законы Фарадея. Выход по току. Кулонометры и кулонометрия. Понятие о кулонометрическом анализе веществ.
3. Ионные равновесия в растворах электролитов: электролитическая диссоциация воды, диссоциация сильных и слабых электролитов, гидролиз солей, буферные растворы.
4. Сольватация и гидратация ионов.
5. Энергия ионной кристаллической решетки и энергия сольватации. Расчет энергии ионной кристаллической решетки и энергии сольватации методом Борна. Определение энергии сольватации по экспериментальным данным (подход А.Н. Фрумкина).
6. Энтальпия сольватации. Уравнение Борна-Бьеррума. Энтропия сольватации. Особенности гидратации протонов.
7. Межионное взаимодействие в растворах электролитов. Понятия активности, средней ионной активности и среднего ионного коэффициент активности.
8. Основные положения теории сильных электролитов Дебая-Гюккеля.
9. Центральный ион и ионная атмосфера. Характеристическая длина ионной атмосферы (дебаевский радиус), зависимость от концентрации ионов в растворе и их заряда.
10. Энергия взаимодействия иона с ионной атмосферой.
11. Первое, второе и третье приближения теории Дебая-Гюккеля. Сопоставление теории с экспериментом.
12. Применение результатов теории Дебая-Гюккеля к слабым электролитам. Ионная ассоциация, классификация ионных пар, константа ионной ассоциации.
13. Диффузия и миграция ионов в растворах.
14. Понятия «удельная», «эквивалентная» и «молярная» электропроводности. Зависимость от концентрации для сильных и слабых электролитов. Измерение удельной электропроводности растворов. Закон Кольрауша.
15. Связь молярной электропроводности с константой диссоциации слабых электролитов. Определение произведения растворимости труднорастворимых соединений (солей) путем измерения удельной электропроводности их насыщенных растворов. Понятие о кондуктометрии.
16. Числа переноса ионов и методы их определения
17. Гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов. Основы теории Дебая-Хюккеля-Онзагера.
18. Раздел 3. Механизм образования электродвижущей силы и природа электродного потенциала. Электродное равновесие

19. Природа скачка потенциала на границе раздела фаз. Внешний, поверхностный, внутренний, вольта и гальвани потенциалы. Правильно разомкнутая электрохимическая цепь.
20. Электродвижущая сила (э.д.с.). Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз. Химический и электрохимический потенциал. Граница двух металлов. Закон Вольта. Граница металл-раствор.
21. Электродвижущая сила (ЭДС) и ее связь с изменением энергии Гиббса. Уравнение Нернста. Понятие электродного потенциала.
22. Стандартный электродный потенциал. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.
23. Классификация электродов.
24. Электрохимические цепи и их классификация.
25. Термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов.
26. Строения двойного электрического слоя, современные представления
27. Явления адсорбции на межфазных границах.
28. Скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение.
29. Диффузионное перенапряжение. Понятие о методе полярографии и амперометрическом титровании
30. Короткозамкнутые электрохимические системы. Коррозионные диаграммы и их анализ.
31. Коррозия технических металлов и способы защиты.

## 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

**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