

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени Н.Г. ЧЕРНЫШЕВ-  
СКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института химии  
д.х.н., проф. Горячева И.Ю.

"30" мая 2023г.



Рабочая программа дисциплины  
Электрохимические методы анализа и исследования

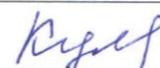
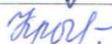
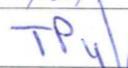
Направление подготовки бакалавриата  
04.03.01 «Химия»

Профиль подготовки бакалавриата  
Аналитическая химия и химическая экспертиза

Квалификация (степень) выпускника  
бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2023,

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Кулапина Елена Григорьевна		30.05.23
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		30.05.23
Заведующий кафедрой	Русанова Татьяна Юрьевна		30.05.2023
Специалист Учебно-го управления	Юшинова Ирина Владимировна		

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью усвоения дисциплины «Электрохимические методы анализа и исследования» является формирование понимания теоретических и практических основ современных электроаналитических методов анализа (кулонометрия, кондуктометрия, вольтамперометрия, потенциометрия), умений ставить и решать аналитические задачи, выдвигать гипотезы и выбирать условия проведения эксперимента, необходимых для самостоятельного проведения анализа конкретных объектов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Электрохимические методы анализа и исследования» (Б1.В.05) относится к блоку 1 (обязательная часть, часть, формируемая участниками образовательных отношений) ООП бакалавриата по направлению подготовки 04.03.01 «Химия», профиля «Аналитическая химия и химическая экспертиза», преподается в 7 семестре.

Этот курс логически и содержательно-методически связан с курсами «Физическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Методы математической статистики в химии», «Информатика», «Основы научных исследований» объеме курсов ООП по направлению 04.03.01 «Химия».

Требования к дисциплинам учебного плана, предшествующим данному модулю:

- Знать: способы выражения концентрации веществ в растворах; понятия электропроводности, концентрационной и кинетической поляризации, излагать теории перенапряжения водорода, обратимые и необратимые электродные процессы; влияние электроакцепторных и электродонорных заместителей на процессы восстановления и окисления органических соединений; химические свойства ряда неорганических соединений, используемых для их обнаружения и определения в различных объектах.

Владеть: основными навыками работы по классическим и физико-химическим методам анализа: титриметрии, спектрофотометрии, потенциометрии, вольтамперометрии и др.

Уметь: измерять значения показаний основных приборов основных аналитических методов и строить соответствующие зависимости; дифференцировать, интегрировать, проводить обработки результатов прямых и косвенных измерений, рассчитывать доверительный интервал.

Данная дисциплина является основой для последующего изучения таких дисциплин, как:

- Метрология, стандартизация, сертификация;
- Методы и средства экспресс-анализа;
- Для выполнения квалификационных работ.

## **3. Результаты обучения по дисциплине « Электрохимические методы анализа и исследования»**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p><b>ПК-1.</b> Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p><b>ПК-1.1.</b> Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования.</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин</p>	<p>В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы современных электрохимических методов анализа; возможности практического применения методов для решения конкретных задач.</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно работать на электрохимическом оборудовании; самостоятельно выбрать метод электрохимического анализа для решения конкретных аналитических задач; ориентироваться в современной литературе по электрохимическим методам анализа, уметь работать со справочной литературой.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью и готовностью проводить физико-химические расчеты с помощью известных формул и уравнений, в т.ч. с помощью компьютерных программ, обсуждать результаты электрохимических измерений.</p>
<p><b>ПК-5.</b> Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения под руководством специалистов более высокой квалификации</p>	<p><b>ПК-5.1.</b> Выбирает методы и средства контроля качества, сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения на соответствие требуемой нормативной документации</p> <p><b>ПК-5.2.</b> Выполняет стандартные операции на типовом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства.</p> <p><b>ПК-5.3.</b> Составляет протоколы испытаний, отчеты о выполненной работе по заданной форме</p> <p><b>ПК-5.4.</b> Осуществляет контроль точности аналитического оборудования на соответствие требуемой нормативной документации</p>	<p><b>Знать:</b> способы выражения концентрации веществ в растворах; понятия электропроводности, концентрационной и кинетической поляризации, излагать теории перенапряжения водорода, обратимые и необратимые электродные процессы; влияние электроакцепторных и электродонорных заместителей на процессы восстановления и окисления органических соединений; химические свойства ряда неорганических соединений, используемых для их обнаружения и определения в различных объектах.</p> <p><b>Уметь:</b> измерять значения показаний основных приборов основных аналитических методов и строить соответствующие зависимости; дифференцировать, интегрировать, проводить обработки результатов прямых и косвенных измерений, рассчитывать доверительный интервал.</p> <p><b>Владеть:</b> основными навы-</p>

		ками работы по классическим и физико-химическим методам анализа: титриметрии, спектрофотометрии, потенциометрии, вольт-амперометрии и др.
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов (контактных часов 90, аудиторных 72, лекций 36 часов, лабораторных 36 часов, лабораторная подготовка 18 часов, СРС 90 часов). Экзамен в 7 семестре (36 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекц.	Лаб.	Лаб. подг.	СРС	Всего	
1	Кинетика и термодинамика электродных процессов	7	1	2	-	-	5	7	Опрос по теме
2	Кондуктометрия	7	2-3	4	6	2	10	22	Опрос по теме
3	Потенциометрия	7	4-7	8	12	12	20	52	Ролевая игра, защита лабораторных работ
4	Вольтамперометрия	7	8-10	6	4	1	10	21	Опрос по теме
5	Амперометрия	7	11	2	4	1	5	12	Опрос по теме
6	Электрогравиметрия	7	12	2	6	1	10	19	Опрос по теме
7	Кулонометрия	7	13	2	4	1	5	12	Защита лабораторных работ
8	Потенциометрические и вольт-	7	14-15	4	-	-	10	14	Защита рефератов

	амперометрические биосенсоры								
9	Мультисенсорные системы типа «электронный нос и электронный язык»	7	16-17	4	-	-	10	14	Обсуждение способов обработки данных от массивов сенсоров
10	Электрохимические детекторы	7	18	2	-	-	5	7	Опрос по теме
	Промежуточная аттестация							36	Экзамен
				-	-		-		
7	ИТОГО	7		36	36	18	90	216	

### ***Программа лекционного курса:***

#### **Введение.**

Задачи аналитической химии и контроля производства на современном этапе, значение электроаналитических методов в решении этих задач. Краткий исторический очерк развития и становления электрохимических методов анализа. Значение работ отечественных ученых в разработке электрохимических методов анализа. Общая классификация и основные принципы отдельных электроаналитических методов. Их преимущества и ограничения. Метрологические характеристики электроаналитических методов анализа. Возможности и перспективы дальнейшего совершенствования электроаналитических методов исследования и анализа.

#### **Раздел 1. Термодинамика и кинетика электродных процессов.**

Тема 1.1. Электрохимические системы.

Тема 1.2. Термодинамика электрохимических процессов. Электродные потенциалы. Окислительно-восстановительные потенциалы. Диффузный потенциал. Мембранный потенциал. Электроды сравнения.

Тема 1.3. Кинетика электродных процессов. Строение двойного электрического слоя. Потенциал нулевого заряда. Поляризация электрода и перенапряжение. Гетерогенная константа скорости переноса. Ток обмена и коэффициент переноса. Обратимость и необратимость электрохимической реакции. Механизмы электродных процессов.

#### **Раздел 2. Процессы переноса в растворах электролитов. Кондуктометрия.**

Тема 2.1. Электропроводность электролитов. Удельная и эквивалентная электропроводности. Числа переноса и подвижности ионов.

Тема 2.2. Классификация методов кондуктометрии. Аналитическая кондуктометрия (прямая и косвенная).

Кондуктометрическое титрование. Кривые кондуктометрического титрования

Тема 2.3. Титрование кислот и оснований, титрование с использованием реакций осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления. Применение кондуктометрии для контроля чистоты вод, определение следовых количеств электролитов, констант диссоциации кислот и оснований. Анализ многокомпонентных систем

Тема 2.4. Хронокондуктометрическое титрование.

Тема 2.5. Высокочастотное титрование. Формы кривых высокочастотного титрования. Сравнительная характеристика методов низкочастотной и высокочастотной кондуктометрии.

Тема 2.6. Аппаратура кондуктометрического метода.

Аппаратура для измерения электропроводности.(Кондуктометр-4100). Электролитические ячейки. Константа сосуда. Электроды. Установки для кондуктометрического титрования. Низкочастотные кондуктометры. Высокочастотные титраторы.

### **Раздел 3. Применение в анализе. Равновесные методы электрохимического анализа. Потенциометрия.**

Тема 3.1. Классификация потенциометрических методов: прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Характеристика и область применения этих методов.

Тема 3.2. Классификация электродов в потенциометрии (по роду и назначению). Индикаторные электроды и электроды сравнения. Электроды первого-второго и третьего рода).

3.2.1. Металлические электроды.

3.2.2. Электроды для измерения pH

3.2.3. Мембранные (ионселективные электроды). Теория селективности мембранных электродов. Основные характеристики мембранных электродов: электродная функция, коэффициент электродной селективности, угловой коэффициент, время отклика, дрейф потенциала, срок службы.

3.2.4. Ионселективные электроды с твердыми (гомогенными и гетерогенными) мембранами. Осадочные мембраны. Стекланный электрод.

3.2.5. Ионселективные электроды с жидкими мембранами. Факторы, определяющие обратимость и селективность мембран. Электроды с пластифицированными мембранами..

3.2.6. Газовые и биоспецифические электроды.

3.2.7. Ионселективные полевые транзисторы

3.2.8. Халькогенидные стекланные электроды.

3.2.9. Ион и молекулярноселективные микроэлектроды

3.3. Прямая потенциометрия

3.3.1. Классификация методов прямой потенциометрии (рН-метрия, катионометрия, анионометрия).

3.3.2. Преимущества и ограничения метода прямой потенциометрии.

3.4. Потенциометрическое титрование

3.4.1. Требования, предъявляемые к химической и электрохимической (индикаторной) реакциям. Кривые титрование. Скачок потенциала.

3.4.2. Способы нахождения конечной точки титрования; расчетный, графический. Метод Грана.

3.4.3. Индикаторные электроды, применяемые в методах: кислотно-основного осаждения и комплексообразования, окисления - восстановления.

3.4.4. Условия дифференциального титрования растворов многокомпонентных систем.

3.5. Методы измерения э.д.с. и аппаратура в потенциометрии

3.5.1. Компенсационный метод измерения э.д.с. Принципиальная схема потенциометра. Некомпенсационный метод измерения э.д.с.

3.5.2. Высокочувствительные потенциометры типа Р 37-1. рН-метры типа рН-410, рХ-150МП, рН-150. Ионометры И-130, И-510, И-160, И-160МИ, Эксперт-001-3(01). Нормальный элемент Вестона. Электролитические ячейки. Автоматические титраторы, саморегистрирующие приборы. Приборы для автоматического непрерывного контроля потенциометрических измерений в производстве.

#### **Раздел 4. Применение в анализе. Неравновесные методы электрохимического анализа. Вольтамперометрия. Теоретические основы.**

Тема 4.1. Общие положения и классификация методов вольтамперометрии.

Тема 4.2. Постоянноточковая полярография.

4.2.1. Общая характеристика вольтамперной кривой. Емкостный, миграционный, диффузионный и предельный токи. Способы устранения миграционного тока. Мгновенный ток при диффузии к плоскому электроду. Особенности диффузии к сферическому электроду. Уравнение мгновенного тока при диффузии электролита к ртутному капельному электроду.

4.2.2. Математическое выражение зависимости величины диффузионного тока от концентрации деполяризатора (уравнение Ильковича). Использование уравнения Ильковича для определения концентрации деполяризатора, числа электронов, участвующих в электрохимической реакциях, константы капилляра, константы диффузионного тока. Факторы, влияющие на величину диффузионного тока.

4.2.3. Полярографические волны кислорода и их устранение.

4.2.4. Полярографические максимумы. Природа максимумов 1 и 2 рода. Способы устранения максимумов на полярографической кривой. Смешанные максимумы (максимумы 3 рода). Адсорбционный полярографический анализ.

4.2.5. Уравнение полярографической волны для обратимых электродных процессов восстановления и окисления на ртутном капельном электроде. Математическое выражение потенциала полуволны. Графический и расчетный

способы нахождения потенциала полуволны.

4.2.6. Способы установления обратимости электродных процессов.

4.2.7. Необратимые электродные процессы на электродах и причина необратимости. Уравнение необратимой полярографической волны.

4.2.8. Способы определения концентрации деполаризаторов.

4.2.9. Электроды сравнения и индикаторные электроды в вольтамперометрии. Индикаторные электроды: жидкие электроды, ртутный капаящий электрод, ртутные пленочные и ртутно-графитовые электроды. Электроды из 'углеродных материалов. Угольно-пастовые электроды.

4.2.10. Ультрамикрoэлектроды.

Тема 4.3. Вольтамперометрия переменного тока

4.3.1. Чувствительность и разрешающая способность полярографических методов анализа. Соотношение "сигнал - помеха".

4.3.2. Сущность вольтамперометрии переменного тока. Формы поляризующего переменного напряжения. Вольтамперграммы переменного тока (непрерывная и тест-регистрация).

4.3.3. Уравнение зависимости максимального тока от концентрации деполаризатора. Оценка обратимости электродных процессов. Электроды метода.

Тема 4.4. Инверсионная вольтамперометрия. Классификация методов.

4.4.1. Инверсионная вольтамперометрия на ртутно-графитовых электродах (ИВРГЭ). Зависимости тока электролиза и анодного тока растворения от различных факторов. Выбор потенциала электролиза, условий концентрирования и электрорастворения. Электроды метода. Значение в исследовании и анализе.

4.4.2. Инверсионная вольтамперометрия твердых фаз. Классификация методов. Инверсионная вольтамперометрия металлов (ИВМ), ионов переменной валентности (ИВИ), анионов (ИВА). Объемная инверсионная вольтамперометрия. Выбор условий концентрирования и электрорастворения веществ. Типы электродов, используемых в инверсионной вольтамперометрии.

Тема 4.5. Аппаратура в вольтамперометрии.

4.5.1. Принципиальные схемы для получения постоянно-токовых и переменнo-токовых полярограмм. Основные блоки полярографических установок. Электрохимические ячейки.

4.5.2. Современные полярографы. Техника полярографических измерений. Очистка ртути и меры предосторожности работе с ней.

Тема 4.6. Вольтамперометрия с химически модифицированными электродами. Способы модифицирования электродов.

4.6.1. Адсорбция модификатора на поверхности электрода. Ковалентная пришивка функциональных групп. Включение модификатора в полимерную пленку. Модифицирование неорганическими материалами. Введение модификатора в пасту угольно-пастового электрода.

4.6.2. Особенности вольтамперометрии с химически модифицированными электродами. Электрокатализ на химически модифицированных электродах. Концентрирование в объеме электрода.

## **Раздел 5. Применение вольтамперометрии в анализе. Амперометрия и амперометрическое титрование.**

Тема 5.1. Амперометрические датчики. Амперометрические биосенсоры. Биосенсоры на основе ферментных систем. Биосенсоры на основе биоматериалов. Амперометрические датчики в иммуноферментном анализе.

Тема 5.2. Амперометрическое титрование. Амперометрическое титрование с одним поляризованным электродом. Принцип метода. Выбор величины напряжения для проведения амперометрических определений. Формы кривых амперометрического титрования. Реакции, используемые в амперометрии: осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления. Требования, предъявляемые к химической и электрохимической реакциям. Амперометрическое титрование с двумя поляризованными электродами.

Тема 5.3. Биосенсоры потенциометрические и вольтамперометрические. Используемые ферменты, основные типы ферментативных реакций, различных типов датчиков. Способы закрепления биоматериалов. Электрод Кларка. Способы регистрации аналитических сигналов.

Тема 5.4. Мультисенсорные системы типа «электронный нос» и «электронный язык». Селективность и перекрёстная чувствительность сенсоров. Типы используемых сенсоров. Применение в анализе реальных объектов. Раздельное определение гомологов поверхностноактивных веществ, бета-лактамных антибиотиков.

## **Раздел 6. Кулонометрия и кулонометрическое титрование.**

Тема 6.1. Классификация методов кулонометрии.

Тема 6.2. Прямая кулонометрия

6.2.1. Потенциостатическая кулонометрия. Выбор потенциала рабочего электрода. Способы определения электрохимической реакции. Различные способы нахождения количества электричества, затраченного на электропревращение компонента.

6.2.2. Гальваностатическая кулонометрия. Ограничения метода. Примеры кулонометрических определений.

6.2.3. Кулонометрическое титрование

Кулонометрическое титрование при контролируемом токе. Принцип метода. Внешняя и внутренняя генерация кулонометрических титрантов. Генерация титрантов из активных электродов. Определение электроактивных и неэлектроактивных компонентов. Способы обнаружения конечной точки кулонометрического титрования: визуальное, спектрофотометрическое, потенциометрическое, амперометрическое и др. Определение количества электричества, затраченного при кулонометрическом титровании.

6.2.4. Основные кулонометрические титранты, применяемые в методах кислотно-основного, осадительного, комплексообразовательного и окислительно-восстановительного титрования. Преимущества и ограничения кулонометрического титрования.

### 6.2.5. Аппаратура в кулонометрических методах анализа

Потенциостаты. Кулонометры. Интеграторы тока. Принципиальная схема установки для кулонометрического титрования. Электролитические ячейки. Приборы для проведения автоматического кулонометрического определения.

## Раздел 7. Применение кулонометрии в анализе. Электрогравиметрия.

Тема 7.1. Требования, предъявляемые к осадкам в электрогравиметрическом анализе. Физические и химические условия электровыделения металлов.

Тема 7.2. Раздельное выделение металлов при электролизе.

Тема 7.3. Аппаратура электрогравиметрического метода.

Тема 7.4. Электролиз с ртутным катодом и его использование в анализе.

Раздел 8. Электрохимические детекторы. Применение для детектирования различных веществ.

### *Программа лабораторных занятий*

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лаб. раб.	Лаб. подг.	СРС	Всего	
1	Кондуктометрическое определение серной кислоты и сульфата меди при совместном присутствии.	7	1	4	2	10	16	Отчет по лабораторной работе; проверка лабораторных журналов
2	Потенциометрическое определение борной и хлороводородной кислот при совместном присутствии.	7	2	4	2	10	16	Отчет по лабораторной работе; проверка лабораторных журналов
3	Определение электрохимических характеристик ионоселективных электродов, чувствительных к кальцию (II). Опре-	7	3	4	2	10	16	Отчет по лабораторной работе; проверка лабораторных журналов

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лаб. раб.	Лаб. подг.	СРС	Всего	
	деление кальция (II) в лекарственных препаратах.							
4	Определение марганца в сплавах методом потенциометрического титрования.	7	4	4	2	10	16	Отчет по лабораторной работе; проверка лабораторных журналов.
5	Потенциометрическое определение анилина.	7	5	4	2	10	16	Ролевая игра (потенциометрия); защита лабораторных работ
6	Определение констант ионизации слабых кислот и оснований потенциометрическим методом.	7	5	4	2	10	16	Проверка лабораторных журналов
7	Определение меди методом амперометрического титрования.	7	6	4	2	10	16	Проверка лабораторных журналов; защита лабораторных работ
8	Определение диоксида серы в продуктах виноделия методом кулонометрического титрования.	7	6	4	2	10	16	Ролевая игра (вольтамперометрия); проверка лабораторных журналов
9	Раздельное определение мети и свинца в сплавах электрогравиметрическим методом	7	7	4	2	10	16	
	Итого	7		36	18	90	144	

## 5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

Наряду с традиционными образовательными технологиями широко используются инновационные технологии.

Проводятся 2 ролевые игры по основам методов вольтамперометрии (1), потенциометрии (1), кулонометрии (1) и кондуктометрии (1) (всего 40 часов); дискуссии по выбору методов анализа конкретных объектов.

Обсуждается вклад отдельных ученых в открытие и развитие электрохимических методов анализа. Студенты готовят ребусы, викторины, кроссворды, приводят факты из биографии ученых, внесших вклад в развитие электрохимических методов анализа, готовят презентации, обсуждают представленные материалы.

Проводится защита лабораторных работ, готовятся рефераты, доклады, презентации по выбранным темам.

**Технологии для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:** Преподаватель направляет обучающимся с ограниченными возможностями электронные версии лекций, лабораторных работ, учебных материалов, справочные электронные материалы, программу курса и вопросы для самостоятельной работы, темы рефератов. Для оформления лабораторных работ студентам направляются экспериментальные данные, по которым строятся кривые титрования и проводится расчет полученных результатов и их статистическая обработка. Оформленные материалы студенты направляют по электронной почте преподавателю для проверки (kulapinaeg@mail.ru). Кроме того, студенты оформляют рефераты и презентации по выбранным темам.

### **Фрагмент ролевой игры по потенциометрии.**

Группа делится на две команды: «Электродики» и «Амперчики» - выбирают капитанов. Обе команды готовят приветствие в стихах (или поют). Студенты каждой команды задают вопросы. Примеры вопросов и ответов приведены ниже.

**Потенциометрия.** 1. Назовите основные источники погрешностей, при измерении рН стеклянным электродом и причины их возникновения. **Ответ:** Потенциал асимметрии. Он возникает из-за неравенства потенциала 0 при погружении его в раствор идентичный внутреннему. Причины его появления заключаются в различии структуры и состава внешней и внутренней поверхности мембраны, возникающего за счет улетучивания некоторых компонентов при изготовлении шарика. 2. Чем обусловлена высокая селективность твердых кристаллических мембран? **Ответ:** Высокая селективность обусловлена тем, что размер, форма и распределение заряда вакансии решетки позволяют занять это место только определенному подвижному иону.

Между отдельными вопросами студенты предлагают расшифровать ребусы, кроссворды, викторины.

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

Самостоятельная работа студентов включает подготовку к ролевым играм, оформление и защиту лабораторных работ, подготовку и защиту рефератов.

Для самостоятельной работы студентов в научной библиотеке СГУ имеется в наличии учебно-методическая литература, в т.ч. и для подготовки, оформления лабораторных работ. Имеется электронный каталог по соответствующим темам курса.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости – выставление оценок «удов», «хорошо», «отлично» за отдельные виды занятий (рейтинговая система)

Формы и критерии оценивания результатов обучения по отдельным темам курса:

- выполнение лабораторных работ;
- сдача отчетов к лабораторным работам;
- защита лабораторных работ;
- подготовка и участие в ролевых играх;
- участие в дискуссиях;
- подготовка презентаций и их представление.

Форма итогового контроля – экзамен.

### *ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ»*

1. Электрохимические методы анализа и их роль в современной аналитической химии.

2. Электродный потенциал. Нормальный и реальный окислительно-восстановительный потенциал.

3. Кинетическая и концентрационная поляризации перенапряжения водорода.

4. Электроанализ. Метрологические характеристики метода.

5. Физические и химические условия выделения металлов методом электролиза.

6. Кулонометрия. Классификация методов.

7. Потенциостатическая кулонометрия.

8. Гальваностатическая кулонометрия.

9. Кулонометрическое титрование.

10. Аппаратура в кулонометрии.

11. Кондуктометрия. Классификация методов.

12. Хронокондуктометрическое титрование.

13. Высокочастотное титрование.

14. Аппаратура для измерения электропроводности.

15. Потенциометрия. Классификация методов.
16. Электроды в потенциометрии.
17. Ионоселективные электроды. Теория селективности мембран.
18. Ионоселективные электроды с твердыми, жидкостными, пластифицированными мембранами.
19. Основные электроаналитические и операционные характеристики ИСЭ.
20. рН-метрия. Электроды метода.
21. Газовые сенсоры.
22. Биоспецифические сенсоры.
23. Потенциометрическое титрование.
24. Аппаратура в потенциометрии.
25. Вольтамперометрия. Классификация методов.
26. Электроды в вольтамперометрии.
27. Вывод уравнения вольтамперограмм.
28. Влияние различных факторов на величину диффузионного тока.
29. Полярографические максимумы. Способы их устранения.
30. Вольтамперометрия переменного тока.
31. Инверсионная вольтамперометрия.
32. Амперометрическое титрование. Выбор рабочих потенциалов.

#### *ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ*

1. Радиочастотная вольтамперометрия.
2. Импульсная вольтамперометрия.
3. Методы определения концентрации веществ в осциллографической полярографии.
4. Вольтамперометрия органических соединений.
5. Вольтамперометрия в неводных средах.
6. Биамперометрия.
7. Кулонометрия органических соединений.
8. Применение электрохимических методов в анализе объектов окружающей среды. Биологических объектов, токсикантов.
9. Применение электрохимических сенсоров в качестве детекторов.

Билеты к экзамену прилагаются.

### **7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС**

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	4	5	6	7	8
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого

7	18	36	-	10	-	-	36	100
---	----	----	---	----	---	---	----	-----

## Программа оценивания учебной деятельности студента

### *Лекции*

0-18 баллов (оценивается посещаемость и работа на лекции, 1 балл за лекцию)

### *Лабораторные занятия*

0-36 (оценивается самостоятельность при выполнении работы (10 баллов), грамотность в оформлении лабораторной работы (10 баллов), правильность выполнения химических операций (10 баллов), статистическая обработка результатов определений (6 баллов) – максимум 36 баллов)

### *Самостоятельная работа*

0-10 баллов (оценивается подготовка к ролевым играм – максимум по 3 балла за игру), реферат – максимум 3 балла, дискуссия- максимум 1 балл.

### *Промежуточная аттестация*

0-36 баллов

Промежуточная аттестация проводится в виде устного экзамена:

ответ на «отлично» оценивается от 25 до 36 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 18 до 24 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 11 до 17 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 10 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Электрохимические методы анализа и исследования» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1

Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Электрохимические методы анализа и исследования» (экзамен)

Сумма баллов, набранных студентом по итогам изучения дисциплины	0-54	55-69	70-79	80-100
Экзамен	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Литература

1. Белюстин А. А. Потенциометрия: физико-химические основы и применения. СПб.: Изд-во «Лань». 2015. 336 с. Электронная версия на [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com).

2. Кулапина Е.Г. Электрохимические методы анализа. Изд-во Саратовского университета, Саратов. 2007, 108с.
3. Кулапина Е.Г., Чернова Р.К., Кулапин А.И. Потенциометрические сенсоры для определения синтетических поверхностно-активных веществ. Изд-во «Научная книга». Саратов, 2008. 179 с.
4. Аналитическая химия. Лабораторный практикум / А. Н. Трифонова. - Минск: Вышэйшая школа, 2013. 160 с. (ЭБС "АЙБУКС")
5. Кулапина Е.Г., Макарова Н.М. Мультисенсорные системы в анализе жидких и газовых объектов. Изд. центр «Наука», Саратов. 2010. -165с.
6. Майстренко В.Н. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 416с.
7. Кулапина Е.Г, Кулапина О. И. Антибактериальная терапия. Современные методы определения антибиотиков. Саратов. Изд-во «Саратовский источник». 2015. 92 с.
8. Электроаналитические методы. Теория и практика. Под ред. Ф.Шольца. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 326с.
9. Хенце Г. Полярография и вольтамперометрия. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 240с.
10. Кулапина Е.Г., Макарова Н.М. Мультисенсорные системы в анализе жидких и газовых объектов. Изд. центр «Наука». Саратов. 2010. 165с.
11. Кулапина Е.Г. Потенциометрические сенсоры для определения β-лактамных антибиотиков в лекарственных и биологических средах / Е. Г. Кулапина, О. И. Кулапина, В. Д. Анкина; Министерство науки и высшего образования РФ [и др.]. Саратов: Саратовский источник. 2019. 107 с.
12. Будников Г.К., Майстренко В. Н., Вяселев М. Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир: Бином ЛЗ. 2003, 592с.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. ПО для ПЭВМ «Титрование v 1.02» для обработки результатов потенциометрического и ионометрического титрования» НПП «Семико» 2006 г.
2. ПО для ПЭВМ «Gran v 0.5» для обработки кривых титрования по методу Грана KCM Soft, 2003
3. ПО для ПЭВМ «Electrochemical Cell Pro v 2.2» для моделирования процессов в электрохимической ячейке.
4. Программы Microsoft Excel, Microsoft Word, The Unscrambler, интернет-сайты ведущих научных издательств [www.science-direct.com](http://www.science-direct.com), [www.springer.com](http://www.springer.com), [www.rsc.org](http://www.rsc.org), <http://pubs.acs.org>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Учебная аудитория для чтения лекций.
2. Мультимедийный проектор, компьютер.
3. Учебные лаборатории для выполнения лабораторных работ, оснащенные необходимым оборудованием (иономеры, набор ИСЭ, аналитические весы, химическая посуда).
4. Химические реактивы.
5. Интернет-ресурсы.
6. Электроды.
7. Иономеры.
8. рН-метры.
9. Полярограф ПУ-1.
10. Кондуктометр.
11. Кулономер.
12. Блок автоматического титрования.
13. Амперометрическая установка.
14. Программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС Саратовского государственного университета с учетом рекомендаций и Примерной ООП ВО по направлению 04.03.01 «Химия» и профилю подготовки «Аналитическая химия и химическая экспертиза».

Автор, д.х.н., профессор Кулапина Е.Г.

Программа одобрена на заседании кафедры аналитической химии и химической экологии 30 мая 2023 года, протокол № 8.