

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Аналитической химии

Селеменов В.Ф.

02 . 07 . 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б.1.В.ДВ.02.01 Электрохимические методы анализа

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

**1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.06.01 Химические науки

**2. Профиль подготовки/специализации:** Аналитическая химия

**3. Квалификация (степень) выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь.

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра  
аналитической химии - 1002

**6. Составители программы:**

Селеменов Владимир Федорович, д.х.н., профессор; Елисеева Татьяна  
Викторовна, к.х.н., доцент

**7. Рекомендована:** Научно-методическим Советом химического факультета,  
17.06.2021, протокол №5

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр:** 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

**Целью** преподавания курса является углубление знаний аспирантов в области теоретических основ и практических приложений современных электрохимических методов анализа. **Задачи** настоящего курса: изучение методологии применения электрохимического анализа на примере объектов неорганической и органической природы, освещение новых направлений и тенденций развития электрохимических методов, ознакомление с областями применения данной группы методов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Вариативная часть. Дисциплина по выбору.

Требования к входным знаниям: знание основных классических методов электрохимического анализа и соответствующую аппаратуру, иметь представления о наиболее актуальных проблемах современной аналитической химии, понимать их значение для развития науки и производства.

Аспиранты должны уметь пользоваться литературой в области электрохимических методов анализа и интернет-ресурсами, владеть навыками работы на электроаналитическом оборудовании.

Курс необходим для работы над ВКР аспирантов и подготовки кандидатской диссертации.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>знать:</b> -современные методы электрохимического анализа, способы использования информационно-коммуникационных технологий в научно-исследовательской деятельности, связанной с применением равновесных и неравновесных методов электрохимического анализа; <b>уметь:</b> -выбирать и применять в профессиональной деятельности методы электроанализа; <b>владеть:</b> -навыками поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований с использованием электрохимического анализа; -навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов; - навыками представления и продвижения

		результатов интеллектуальной деятельности.
ПК-5	Владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами химии, владение навыками работы на современной научной аппаратуре при проведении химических экспериментов	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-современные методы исследования в предметной области: физико-химические методы исследования в аналитической химии;</li> <li>-предметную область аналитической химии (раздел «Электрохимические методы анализа») в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.02 Аналитическая химия</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-выбирать необходимые методы электрохимического анализа и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области аналитической химии;</li> <li>-формулировать задачи научного исследования в области аналитической химии, требующие привлечения равновесных и неравновесных электрохимических методов</li> <li>-анализировать тенденции в развитии изучаемого раздела аналитической химии;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-современными инструментальными методами в области электроаналитической химии.</li> <li>-анализировать тенденции в развитии изучаемого раздела аналитической химии</li> </ul>
ПК-8	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области аналитической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p><u>Знать</u> типы информационных химических ресурсов, особенности химической информации, методы поиска научной химической информации, формы представления научной и технической информации в аналитической химии</p> <p><u>Уметь</u> осознанно использовать структурные данные (в т.ч. банки данных) в химическом исследовании, пользоваться справочной литературой и привлекать материалы из сети Internet для решения профессиональных задач в аналитической химии</p> <p><u>Владеть</u> приемами планирования и организации работ по решению конкретных задач профессиональной деятельности в аналитической химии</p>
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-современное состояние науки в областях электроаналитической химии, включая междисциплинарные направления;</li> <li>-методологию комплексных научных исследований в области аналитической химии, включая исследования междисциплинарного характера;</li> <li>-теоретические и экспериментальные подходы и методы научно-исследовательской</li> </ul>

	<p>областях</p>	<p>деятельности в области аналитической химии.</p> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-определить и решить возможные методологические проблемы, возникающие в ходе теоретических и экспериментальных исследований в области электроаналитической химии;</li> <li>-сформулировать цели и задачи научного исследования области аналитической химии и предложить методологию его проведения;</li> <li>-проводить исследования комплексного характера на основе целостного системного научного мировоззрения.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач электроаналитической химии, в том числе в междисциплинарных областях;</li> <li>-навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</li> </ul>
<p>УК-4</p>	<p>готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-современные научные достижения электрохимического анализа и смежных междисциплинарных областей;</li> <li>-современные прикладные направления электроанализа;</li> <li>-современные экспериментальные и теоретические методы исследования в области химии;.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные научные достижения на практике;</li> <li>-принимать участие в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных задач;</li> <li>-использовать современные электрохимические методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках;</li> <li>-использовать знания иностранного языка для поиска информации, связанной с электрохимическими методами анализа;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений;</li> <li>-способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность с использованием электрохимических методов анализа;</li> </ul>

## 12. Структура и содержание учебной дисциплины:

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 /72

Форма промежуточной аттестации - зачет

## 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 7	№ семестра	...
Аудиторные занятия	4	4		
в том числе: лекции				
практические				
лабораторные				
Самостоятельная работа	68	68		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – __ час.)				
Итого:	72	72		

## 13.1. Содержание дисциплины:

### 13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>Контактная работа</b>		
1	Современные электрохимические методы анализа. Метрологические характеристики методов.	Классификация электрохимических методов по аналитическому сигналу. Классификация электрохимических методов по участию определяемого вещества в электродной реакции. Методология выбора подходящего метода электроанализа. Метрологические характеристики методов. Роль электрохимических методов в аналитической химии. Применение электроанализа в контроле загрязнений объектов окружающей среды.
2	Равновесные электрохимические методы анализа. Потенциометрия.	Потенциометрия. Индикаторные электроды. Электроды с жидкими и твердыми мембранами. Стеклообразные электроды. Электроды с кристаллическими мембранами. Электроды на основе мембран с подвижными носителями. Газочувствительные датчики. Ферментные электроды.
3	Неравновесные электрохимические методы анализа. Вольтамперометрия. Кулонометрия. Кондуктометрия.	Современные вольтамперометрические методы. Стационарные и вращающиеся электроды. Инверсионная вольтамперометрия. Амперометрия и амперометрическое титрование.
4	Электрохимические сенсоры	Потенциометрические сенсоры. Кулонометрические сенсоры. Амперометрические сенсоры. Кондуктометрические сенсоры. Биосенсоры.

## 13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Контактная работа	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Современные электрохимические методы	1			15	16

	анализа. Метрологические характеристики методов.				
2	Равновесные электрохимические методы анализа. Потенциометрия.	1			15 16
3	Неравновесные электрохимические методы анализа. Вольтамперометрия. Кулонометрия. Кондуктометрия.	1			20 21
4	Электрохимические сенсоры	1			18 19
Итого:		4			68 72

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.):**

работа с конспектами лекций, с основной и дополнительной литературой к курсу.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Электроаналитические методы. Теория и практика=Electroanalytical methods. Guide to experiments and applications / А. М. Бонд [ и др.] ; пер. с англ. В.Н. Майстренко. – М. : Бином, лаборатория знаний, 2006. – 326 с.
2	Электрохимические методы анализа : учебное пособие по направлению подготовки «Химия» / сост. : Т. В. Елисеева, Л. В. Золотарева, И. В. Воронюк, В. Ф. Селеменев. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. – 96 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Плэмбек Дж. Электрохимические методы анализа. Основы теории и применение / Дж. Плэмбек. – М. : Мир, 1985. – 504 с.
4	Агасян П.К. Основы электрохимических методов анализа (потенциометрический метод) / П.К. Агасян, Е.Р. Николаева. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 196 с.
5	Бонд А. М. Полярнографические методы в аналитической химии / А. М. Бонд. – М. : Химия, 1983. – 328 с.
6	Будников Г. К. Вольтамперометрия с модифицированными и ультрамикрoэлектрoдами / Г. К. Будников, В. Н. Майстренко, Ю. И. Муринов. – М. : Наука, 1994. – 238 с.
7	Электроаналитические методы в контроле окружающей среды / под ред. Р. Кальвода. – М. : Химия, 1990. – 237 с.
8	Bard A. J. Electrochemical methods: fundamentals and applications / A. J. Bard, L. P. Faulkner. – N.Y. : J. Wiley, 2001. – 856 с.
9	Справочное руководство по применению ионоселективных электродов. – М. : Мир, 1986. – 231 с
10	Каттрал Р. В. Химические сенсоры / Р.В. Каттрал. – М. : Научный мир, 2000. – 380 с.

11	Биосенсоры: основы и приложения / под ред. Э. Тернера, И. Карубе, Д. Уилсона. – М. : Мир, 1992. – 614 с.
12	Проблемы аналитической химии // Отделение химии и наук о материалах РАН. – М. : Наука, 2010. – Т.13: Внелабораторный химический анализ / под ред. Ю.А. Золотова; Ин-т общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН. – 2010. – 564с.
13	Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М. : Мир, 2003. – 592 с.
14	Микелева Г. Н. Аналитическая химия. Электрохимические методы анализа / Г. Н. Микелева, Г. Г. Мельченко, Н. В. Юнникова. Кемерово : Изд-во КемТИПП. - 2010. – 184 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
15	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
16	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a>
17	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>
18	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
19	Интернет-ресурсы по методам химического анализа - <a href="http://www.rusanalytchem.org">http://www.rusanalytchem.org</a>
20	Интернет-ресурсы образовательного портала <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
21	Интернет-портал для химиков <a href="http://www.chemweb.com">http://www.chemweb.com</a>
22	“Аналитика – Мир профессионалов” ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ ХИМИКОВ-АНАЛИТИКОВ <a href="http://www.anchem.ru">http://www.anchem.ru</a>
23	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Прикладной химический анализ : Практическое руководство / Под ред. Т. Н. Шеховцовой, О. А. Шпигуна, М. В. Попика. – М. : Изд-во МГУ, 2010. – 456 с.
2	Потенциометрические методы анализа лекарственных веществ : учебное пособие /сост.: В.И. Васильева [и др.]. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. – 106 с.
3	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост. : А.В. Введенский [и др.]. – Санкт-Петербург: Москва: Лань, 2018. – 208 с.
4	Электрохимические методы анализа : Руководство к лабораторному практикуму : учеб.-методич. Пособие / Л.К. Неудачина [и др.]. –Екатеринбург : изд-во Уральского университета, 2014. – 136 с.
5	Бобрешова О. В. Потенциометрические сенсоры на основе ионообменников для анализа водных растворов : учебное пособие. / О. В. Бобрешова, А. В. Паршина. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. – 154 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы

обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины рекомендуется список литературы и ресурсы для электронного обучения (ЭО) (п. 15).

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

ноутбук Dell Inspiration, мультимедийный проектор EPSON

## 19. Фонд оценочных средств:

По решению кафедры оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет на общих основаниях.

### 19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
<p>ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p><b>знать:</b> -современные методы электрохимического анализа, способы использования информационно-коммуникационных технологий в научно-исследовательской деятельности, связанной с применением равновесных и неравновесных методов электрохимического анализа;</p> <p><b>уметь:</b> -выбирать и применять в профессиональной деятельности методы электроанализа;</p> <p><b>владеть:</b> -навыками поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований с использованием электрохимического анализа; -навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов; - навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.</p>	<p>Раздел 1. Современные электрохимические методы анализа. Метрологические характеристики методов.</p> <p>Раздел 2 Равновесные электрохимические методы анализа. Потенциометрия.</p>	<p>Собеседование, КИМ к зачету</p>



<p>ПК-5 Владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами химии, владение навыками работы на современной научной аппаратуре при проведении химических экспериментов</p>	<p><b>знать:</b> -современные методы исследования в предметной области: физико-химические методы исследования в аналитической химии; -предметную область аналитической химии (раздел «Электрохимические методы анализа») в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.02 Аналитическая химия</p> <p><b>уметь:</b> -выбрать необходимые методы электрохимического анализа и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области аналитической химии; -формулировать задачи научного исследования в области аналитической химии, требующие привлечения равновесных и неравновесных электрохимических методов -анализировать тенденции в развитии изучаемого раздела аналитической химии;</p> <p><b>владеть:</b> -современными инструментальными методами в области электроаналитической химии. -навыками поиска и обработки научной информации с использованием химических информационных ресурсов</p>	<p>Раздел 1. Современные электрохимические методы анализа. Метрологические характеристики методов.</p> <p>Раздел 2 Равновесные электрохимические методы анализа. Потенциометрия.</p>	<p>Собеседование, КИМ к зачету</p>
<p>ПК-8 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области аналитической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p><b>Знать</b> типы информационных ресурсов, особенности химической информации, методы поиска научной химической информации, формы представления научной и технической информации в аналитической химии</p> <p><b>Уметь</b> осознанно использовать структурные данные (в т.ч. банки данных) в химическом исследовании, пользоваться справочной литературой и привлекать материалы из сети Internet для решения профессиональных задач в аналитической химии</p> <p><b>Владеть</b> приемами планирования и организации работ по решению конкретных задач профессиональной деятельности в аналитической химии</p>	<p>Все разделы</p>	<p>Собеседование, КИМ к зачету</p>
<p>УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных</p>	<p><b>знать:</b> -современное состояние науки в областях электроаналитической химии, включая</p>	<p>Раздел 2 Равновесные электрохимические методы анализа.</p>	<p>Собеседование, КИМ к зачету</p>

<p>научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>междисциплинарные направления; -методологию комплексных научных исследований в области аналитической химии, включая исследования междисциплинарного характера; -теоретические и экспериментальные подходы и методы научно-исследовательской деятельности в области аналитической химии.</p> <p><b>уметь:</b> -определить и решить возможные методологические проблемы, возникающие в ходе теоретических и экспериментальных исследований в области электроаналитической химии; -сформулировать цели и задачи научного исследования области аналитической химии и предложить методологию его проведения; -проводить исследования комплексного характера на основе целостного системного научного мировоззрения.</p> <p><b>владеть:</b> -навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач электроаналитической химии, в том числе в междисциплинарных областях; -навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>	<p>Потенциометрия.</p> <p>Раздел 3 Неравновесные электрохимические методы анализа. Вольтамперометрия. Кулонометрия.</p> <p>Раздел 4. Электрохимические сенсоры</p>	
<p>УК-4 Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках</p>	<p><b>знать:</b> -современные научные достижения электрохимического анализа и смежных междисциплинарных областей; -современные прикладные направления электроанализа; -современные экспериментальные и теоретические методы исследования в области химии;</p> <p><b>уметь:</b> -применять современные научные достижения на практике; -принимать участие в работе российских и международных исследовательских коллективов</p>	<p>Раздел 2 Равновесные электрохимические методы анализа. Потенциометрия.</p> <p>Раздел 3 Неравновесные электрохимические методы анализа. Вольтамперометрия. Кулонометрия.</p> <p>Раздел 4. Электрохимические сенсоры</p>	<p>Собеседование, КИМ к зачету</p>

	по решению научных задач; -использовать современные электрохимические методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках; -использовать знания иностранного языка для поиска информации, связанной с электрохимическими методами анализа;		
	<b>Владеть:</b> - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений электроанализа; -способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность с использованием методов электрохимического анализа.		
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

## 19.2. Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание предметной области аналитической химии в разделе «Электрохимические методы анализа» в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.02 Аналитическая химия;
- 2) умение сформулировать цели и задачи научного исследования в области аналитической химии и предложить методологию его проведения;
- 3) умение выбрать необходимые методы исследования и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области аналитической химии;
- 4) владение современными методами электрохимического анализа;
- 5) владение навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности и компетенций	Шкала оценок
Аспирант отвечает на вопросы КИМ, отвечает на дополнительные вопросы, показывает достаточно высокий уровень освоения материала курса, отражающий сформированность необходимых компетенций пункта 19.1, владеет методологией современного электроанализа.	Базовый	Зачтено
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных критериев. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Незачтено

### 19.3.1.Перечень вопросов к зачету:

- 1.Классификации современных электрохимических методов анализа.

Методология выбора метода исследования.

2. Сравнение метрологических характеристик важнейших методов электроанализа.

3. Электроды для электрохимического анализа. Индикаторные электроды, рабочие электроды, электроды сравнения, вспомогательные электроды. Ячейки для электрохимического анализа. Схема двухэлектродной и трехэлектродной ячейки.

4. Равновесные методы электрохимического анализа. Прямая потенциометрия. Потенциометрическая ячейка. Потенциометр.

5. Определение конечной точки титрования при потенциометрическом определении.

6. Классификация индикаторных электродов в потенциометрии. Мембранные индикаторные электроды.

7. Стеклообразные электроды. Теория стеклянного электрода.

8. Применение газочувствительных датчиков.

9. Ферментные электроды. Электроды из биологических тканей.

10. Неравновесные методы электрохимического анализа. Классификация методов вольтамперометрии. Типы индикаторных электродов.

11. Ртутный капаящий электрод и его применение в аналитической химии. Классическая полярография.

12. Полярограмма. Потенциал полуволны. Предельный ток. Качественный и количественный анализ в полярографии.

13. Вольтамперометрия с твердыми электродами.

14. Вращающийся дисковый электрод. Преимущества использования в вольтамперометрии.

15. Инверсионная вольтамперометрия.

16. Вольтамперометрия. Переменно-токовые методы.

17. Амперометрическое титрование с одним и двумя индикаторными электродами.

18. Прямая кулонометрия.

19. Кулонометрическое титрование.

20. Прямая кондуктометрия. Анализ содержания воды. Кондуктометрические датчики в водоподготовке.

21. Высокочастотное кондуктометрическое титрование.

22. Потенциометрические сенсоры.

23. Кулонометрические сенсоры.

24. Амперометрические сенсоры.

25. Кондуктометрические сенсоры.

26. Биосенсоры.

27. Электрохимические методы в контроле объектов окружающей среды.

28. Роль электрохимических методов в аналитической химии.

### 19.3.2 Тестирование

#### Открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности)

**1) Какой электрохимический метод является наиболее чувствительным?**

Ответ: инверсионная вольт-амперометрия

**2) Какие типы электрохимических ячеек используют при высокочастотном кондуктометрическом титровании?**

Ответ: емкостные и индуктивные

**3) Укажите наиболее важную характеристику для ионоселективного электрода.**

Ответ: коэффициент селективности

**4) В каких координатах получают полярографическую волну?**

Ответ:  $I = f(E)$

**Открытые задания (ситуационные задачи, расчётные задачи, средний уровень сложности)**

**1) От чего зависит форма кривой титрования в амперометрическом титровании с двумя индикаторными электродами?**

Ответ: от обратимости катодного и анодного процессов (от обратимости окислительно-восстановительных пар титранта и титруемого раствора)

**2) Укажите основные преимущества ртутного капающего электрода.**

Ответ: Постоянно обновляющаяся поверхность и высокое перенапряжение выделения водорода.

**Критерии и шкалы оценивания:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);
- 2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

**19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме индивидуального собеседования с аспирантом по соответствующему разделу.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется шкала зачтено-незачтено. Критерии оценивания приведены выше.

*Задания раздела 19.3.2 Тестирование могут быть использованы при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины*