

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет химии и высоких технологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Т.А. Хагуров

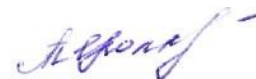
2023г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.02 СОВРЕМЕННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ**

Направление подготовки	04.04.01 Химия
Направленность (профиль)	аналитическая химия
Форма обучения	очная
Квалификация	магистр

Рабочая программа дисциплины «Современная вольтамперометрия» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры).

Программу составил:  
Цюпко Т.Г., д-р.хим. наук



Рабочая программа дисциплины «Современная вольтамперометрия» утверждена на заседании кафедры аналитической химии протокол № 7 от «13» апреля 2023г.  
Заведующий кафедрой Темердашев З.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 7 «17» апреля 2023г.  
Председатель УМК факультета Беспалов А.В.



Рецензент:  
Стрижов Н.К., д-р хим. наук, профессор кафедры стандартизации, метрологии и управления качеством в технологических комплексах ФГБОУ ВО «КубГТУ»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

### 1.1 Цель освоения дисциплины.

ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» включает требования, связанные с решением комплексных задач в организационно-управленческой, научно-исследовательской и производственно-технологической сферах деятельности, связанные с использованием химических явлений и процессов, участием в исследованиях химических процессов, происходящих в природе и проводимых в лабораторных условиях, выявлением общих закономерностей их протекания и возможностями управления ими.

В рамках обеспечения выполнения этих требований и в соответствии с ООП разработана программа дисциплины Б1.В.02 «Современная вольтамперометрия», целью которой является ознакомление с состоянием и актуальными задачами развития вольтамперометрического метода анализа и исследования как основного элемента современного физико-химического анализа.

### 1.2 Задачи дисциплины.

1. Раскрыть теоретические и методологические основы дисциплины.
2. Расширить знания магистрантов в области современных электрохимических методов исследования и сформировать профессиональные компетенции.
3. Сформировать представления о формировании аналитического сигнала в различных вариантах электрохимических методов исследования.
4. Овладеть практическими навыками вольтамперометрии.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современная вольтамперометрия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 1 курсе (1 семестр). Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Изучению дисциплины «Современная вольтамперометрия» предшествует изучение дисциплин «Современная аналитическая химия». Данная дисциплина логически и информационно связана с дисциплинами «Методы идентификации в аналитической химии», «Методы элементного анализа в аналитической химии».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3 – Способен анализировать и критически оценивать существующие методы анализа веществ и материалов, использовать фундаментальные законы аналитической химии с целью определения перспективных направлений в области исследования и анализа	
ИПК-3.1. Демонстрирует знания фундаментальных законов аналитической химии и теоретических основ электрохимических методов анализа веществ и материалов	<i>знает</i> теоретические и методологические основы аналитической химии, в том числе, электрохимических методов анализа
	<i>умеет</i> критически анализировать научную и техническую литературу и оценивать достоинства и недостатки современных физико-химических методов анализа; использовать знания в области традиционных и современных разделов вольтамперометрии для исследования процессов, протекающих в сложных системах
	<i>владеет</i> навыками научного исследования процессов и явлений, протекающих в сложных системах и практического применения вольтамперометрических

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	методов к анализу объектов различной природы
ИПК-3.2. Способен определять перспективные направления исследования и анализа веществ и материалов;	знает особенности, достоинства, области применения современных электрохимических методов анализа
	умеет критически оценивать существующие методы анализа, проводить выбор метода исследования для соответствующего объекта
	владеет навыками определения перспективного направления исследования и анализа веществ и материалов
ПК-4 – Способен использовать фундаментальные законы аналитической химии для разработки новых методов и методик анализа продукции на основе владения теорией и навыками практической работы в избранной области химии	
ИПК-4.1 Демонстрирует способность использовать теоретические знания в области электрохимии при изучении процессов, протекающих в приэлектродном пространстве, с целью разработки методики определения аналита в сложных средах	<i>знает</i> природу и особенности формирования аналитического сигнала в различных вариантах вольтамперометрии и особенности работы различных типов индикаторных электродов
	<i>умеет</i> ориентироваться в основных достижениях вольтамперометрии, планировать и проводить исследования, а также интерпретировать полученные результаты
	<i>владеет</i> навыками проведения вольтамперометрических исследований и анализа, основами планирования эксперимента и проведения необходимых расчетов
ИПК-4.2 Демонстрирует навыки практической работы в области вольтамперометрических методов исследования и анализа	<i>знает</i> методологические основы и принципы электрохимических методов исследования и анализа
	<i>умеет</i> провести оценку и выбор необходимого оборудования и вспомогательных средств для проведения исследований; провести выбор, проверку работоспособности и адаптацию методики анализа для заданного образца
	<i>владеет</i> навыками разработки методик вольтамперометрического определения аналитов в сложных средах

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения
		очная
		1 семестр (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
занятия лекционного типа	34	34
лабораторные занятия	68	68
практические занятия		
семинарские занятия		
<b>Иная контактная работа:</b>		
Контроль самостоятельной работы (КСР)		
Промежуточная аттестация (ИКР)	0.3	0.3
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>186</b>	<b>186</b>
Оформление лабораторных работ	20	20
Самостоятельное изучение теоретического материала	130	130

Самостоятельное решение задач	-	-
Подготовка к текущему контролю	36	36
<b>Контроль:</b>		
Подготовка к экзамену	35,7	35,7
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>324</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>102.3</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>9</b>

## 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 1 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Общие вопросы электрохимии	16	2	-	8	6
2.	Электроаналитические методы исследований и анализа	204	28	-	56	120
3.	Электроды и электролиты в вольтамперометрии	68	4	-	4	60
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	288	34		68	186
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-	-	-	-
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	-	-	-	-
	Подготовка к текущему контролю	35,7	-	-	-	-
	Общая трудоемкость по дисциплине	324	-	-	-	-

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Общие вопросы электрохимии	<p>Определения. Измерительная ячейка. Принципы измерения. Электродные процессы. Измеряемый сигнал (диффузионный ток, кинетический и каталитический токи, емкостной и адсорбционный токи). Двойной электрический слой и его структура. Стандартный потенциал. Формальный потенциал. Характеристические потенциалы электроаналитических методов. Кинетика электрохимических реакций.</p>	Контрольная работа 1

2.	Электроаналитические методы	<p><b><u>Циклическая вольтамперометрия.</u></b>          Основные принципы. Форма циклических вольтамперограмм. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов. Гетерогенная кинетика. Гомогенная кинетика. Многофазные системы.</p> <p><b><u>Импульсная вольтамперометрия.</u></b>          Эквивалентность ступенчатой вольтамперометрии и вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала.          Нормальная импульсная вольтамперометрия. Реверсивная импульсная вольтамперометрия. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.  <b>Квадратно-волновая</b></p>	Контрольная работа 2. Защита лабораторных работ. Реферат.
----	-----------------------------	--	---

		<p><b><u>вольтамперометрия.</u></b> Простые реакции на стационарных плоских электродах. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах. Реакции металлов, образующих амальгамы, на тонкопленочных ртутных электродах. Электродные реакции, осложненные адсорбцией деполяризатора и продукта его превращения. Применение квадратно-вольновой вольтамперометрии.</p> <p><b><u>Хронокулонометрия.</u></b> Теоретические основы метода. Практические проблемы. Двухступенчатая хронокулонометрия. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.</p> <p><b><u>Электрохимическая импедансная спектроскопия.</u></b> Определения, основные соотношения, преобразования Крамера-Кронига. Техника измерений. Представление данных импеданса. Эквивалентная схема. Постоянный фазовый элемент. Анализ и моделирование данных импеданса. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах. Конечный импеданс Варбурга. Гомогенная или гетерогенная химическая реакция как скорость определяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.</p> <p><b><u>Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области.</u></b> Введение – как объединить методы? Методы в условиях стационарного или переходного состояния. Геометрия ячейки и требования к экспериментальным установкам. Временные ограничения. Пространственное и механическое разрешение. Спектроэлектрохимия в проходящем свете. Спектроэлектрохимия в отраженном свете.</p> <p><b><u>Инверсионная вольтамперометрия.</u></b> Принцип метода. Обзор методов концентрирования: выделение металлов на твердых электродах; выделение металлов на ртутных электродах; выделение труднорастворимых солей на электродах; адсорбционное</p>	
--	--	--	--

		<p>концентрирование; концентрирование за счет образования поверхностных комплексов.</p> <p>Инверсионная вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов.</p> <p>Особенности инверсионной вольтамперометрии.</p> <p><b><u>Исследования в потоке.</u></b></p> <p>Амперометрическое и вольтамперометрическое детектирование в потоке. Проточная инверсионная вольтамперометрия.</p> <p><b><u>Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов.</u></b> Стратегия эксперимента. Какие соединения и материалы могут быть изучены? Идентификация фаз и количественный анализ твердых веществ. Изучение электрохимического поведения твердых материалов. Комбинированные (exsitu, insitu) методы.</p>	
3.	Электроды и электролиты в вольтамперометрии	<p><b><u>Индикаторные электроды.</u></b></p> <p>Электродные материалы. Геометрия электрода. Гидродинамические условия.</p> <p><b><u>Модифицированные индикаторные электроды.</u></b></p> <p>Методы модифицирования электродов: объемное модифицирование; поверхностное модифицирование.</p> <p>Особенности формирования сигнала-отклика на модифицированных электродах. Мультисенсорные системы.</p> <p><b><u>Амперометрические биосенсоры.</u></b></p> <p>Общие принципы функционирования биосенсоров. Ферментные биосенсоры. ДНК-сенсоры. Иммуносенсоры. Микробные сенсоры. Тканевые сенсоры.</p> <p><b><u>Электроды сравнения.</u></b></p> <p>Стандартный водородный электрод. Электроды второго рода как электроды сравнения (ртутные и хлоридсеребряные). рН-чувствительные электроды сравнения. Твердотельные электроды сравнения. Псевдоэлектроды сравнения. Практические проблемы.</p> <p><b><u>Электролиты.</u></b></p> <p>Ионный транспорт. Водные растворы электролитов. Неводные растворы электролитов.</p>	Контрольная работы 3. Защита лабораторных работ.

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/лабораторные работы)



№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Общие вопросы электрохимии	Способы расчета концентрации в вольтамперометрическом анализе.	Защита лабораторной работы
2	Общие вопросы электрохимии	Изучение зависимости аналитического сигнала от различных параметров в методе ИВА	Защита лабораторной работы
3	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов на вращающемся стеклоуглеродном электроде методом градуировочного графика	Защита лабораторной работы
4	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов на вращающемся стеклоуглеродном электроде методом стандартной добавки	Защита лабораторной работы
5	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в природных и питьевых водах	Защита лабораторной работы
6	Общие вопросы электрохимии	Выбор рабочих условий определения элементов при многокомпонентном концентрировании	Защита лабораторной работы
7	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в пищевых продуктах	Защита лабораторной работы
8	Электроды и электролиты в вольтамперометрии	Определение антиоксидантной активности индивидуальных антиоксидантов	Защита лабораторной работы
9	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в пищевых продуктах (самостоятельная работа)	Защита лабораторной работы

Для всех лабораторных работ имеются методические указания, утвержденные на заседании кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО "КубГУ".

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Реферат	Объекты окружающей среды и их аналитический контроль.//Под ред. Т.Н. Шеховцовой; В 2-х томах; Краснодар, 2007 Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Николаева Н.А. Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе Издательско-полиграфический центр КубГУ, Краснодар, 2014, 345с. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Коншин В.В., Коншина Дж.Н. Инверсионная вольтамперометрия в анализе пищевых продуктов Типография ООО «ГК Альталюкс», г.Краснодар, 190с.
2	Проработка учебного (теоретического) материала	Объекты окружающей среды и их аналитический контроль.//Под ред. Т.Н. Шеховцовой; В 2-х томах; Краснодар, 2007. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Николаева Н.А. Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе Издательско-полиграфический центр КубГУ, Краснодар, 2014, 345с. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Коншин В.В., Коншина Дж.Н. Инверсионная вольтамперометрия в анализе пищевых продуктов Типография ООО «ГК Альталюкс», г.Краснодар, 190с.
3	Подготовка к текущему контролю	Объекты окружающей среды и их аналитический контроль.//Под ред. Т.Н. Шеховцовой; В 2-х томах; Краснодар, 2007 Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Николаева Н.А. Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе Издательско-полиграфический центр КубГУ, Краснодар, 2014, 345с. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Коншин В.В., Коншина Дж.Н. Инверсионная вольтамперометрия в анализе пищевых продуктов Типография ООО «ГК Альталюкс», г.Краснодар, 190с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

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

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентностного подхода

предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Организация изучения материала курса осуществляется на основе системно-деятельностного подхода и поэтапного формирования умственных действий. Лекции и лабораторные занятия способствуют формированию у студентов базовых знаний, основных мыслительных операций, развитию логики. Лекции носят мотивационно-познавательный характер; лабораторные занятия являются самостоятельными и имеют проблемно-поисковый характер. При выполнении лабораторных работ реализуется творческая деятельность студента, развивается коммуникативная способность, развиваются навыки аргументированно выразить свои мысли и навыки экспериментальной работы.

Для повышения эффективности учебного процесса используются следующие образовательные технологии: информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими; метод проблемного изложения материала. Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо овладеть навыками проведения поиска необходимой научной информации в фондах библиотеки. Для закрепления полученных теоретических знаний и практических навыков и с целью профессиональной ориентации предусмотрены семинары-экскурсии на предприятиях города.

При выполнении лабораторных работ и во время самостоятельной работы студенты проводят разбор практических задач как самостоятельно, так и решают проблемные ситуации в составе малых групп.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимые коррективы, как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины.

##### **Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

Примерный перечень вопросов для подготовки к контрольной работе 1 по разделу «Общие вопросы электрохимии»:

1. Двух- и трех- электродные измерительная ячейка.
2. Принципы измерения в вольтамперометрии.
3. Электродные процессы.
4. Диффузионный ток.
5. Кинетический и каталитический токи.
6. Емкостной и адсорбционный токи.
7. Двойной электрический слой и его структура.
8. Стандартный потенциал.
9. Формальный потенциал.
10. Характеристические потенциалы электроаналитических методов.
11. Кинетика электрохимических реакций.

Примерный перечень вопросов для подготовки к контрольной работе 2 по разделу «Электроаналитические методы».

1. Основные принципы циклической вольтамперометрии.
2. Форма циклических вольтамперограмм.
3. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции в циклической

вольтамперометрии.

4. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов методом циклической вольтамперометрии.
5. Изучение гетерогенной кинетики методом циклической вольтамперометрии.
6. Изучение гомогенной кинетики методом циклической вольтамперометрии
7. Изучение многофазных систем методом циклической вольтамперометрии.
8. Эквивалентность ступенчатой вольтамперометрии и вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала.
9. Нормальная импульсная вольтамперометрия.
10. Реверсивная импульсная вольтамперометрия.
11. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.
12. Простые реакции на стационарных плоских электродах.
13. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах.
14. Реакции металлов, образующих амальгамы, на тонкопленочных ртутных электродах.
15. Электродные реакции, осложненные адсорбцией деполяризатора и продукта его превращения.
16. Применение квадратно-волновой вольтамперометрии.
17. Теоретические основы хронокулонометрии.
18. Практические проблемы хронокулонометрии.
19. Двухступенчатая хронокулонометрия.
20. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.
21. Определения, основные соотношения, преобразования Крамера-Кронига.
22. Техника измерений в электрохимической импедансной спектроскопии.
23. Представление данных импеданса.
24. Эквивалентная схема. Постоянный фазовый элемент.
25. Анализ и моделирование данных импеданса.
26. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса.
27. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах.
28. Конечный импеданс Варбурга.
29. Гомогенная или гетерогенная химическая реакция как скоростьопределяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.
30. Принцип метода инверсионной вольтамперометрии.
31. Выделение металлов на твердых электродах, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
32. Выделение металлов на ртутных электродах, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
33. Выделение труднорастворимых солей на электродах, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
34. Адсорбционное концентрирование, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
35. Концентрирование за счет образования поверхностных комплексов, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
36. Инверсионная вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов.

Примерный перечень вопросов для подготовки к контрольной работе 3 по разделу «Электроды и электролиты в вольтамперометрии»

1. Углеродсодержащие индикаторные электроды .
2. Индикаторные электроды из благородных металлов.
3. Пленочные индикаторные электроды.
4. Геометрия индикаторного электрода.
5. Объемное модифицирование электродов.
6. Поверхностное модифицирование электродов.
7. Особенности формирования сигнала-отклика на модифицированных электродах.
8. Мультисенсорные системы в вольтамперометрии.
9. Общие принципы функционирования амперометрических биосенсоров.
10. Ферментные амперометрические биосенсоры.
11. ДНК-сенсоры.
12. Иммуносенсоры.
13. Микробные сенсоры.
14. Тканевые сенсоры.
15. Стандартный водородный электрод – универсальный электрод сравнения.
16. Электроды второго рода как электроды сравнения (ртутные и хлоридсеребряные).
17. рН-чувствительные электроды сравнения.
18. Твердотельные электроды сравнения.
19. Псевдоэлектроды сравнения.
20. Практические проблемы работоспособности электродов сравнения.
21. Ионный транспорт. Водные растворы электролитов.
22. Неводные растворы электролитов.

*Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля успеваемости – контрольной работы:*

*оценка «отлично»:* глубокие исчерпывающие знания материала, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на вопросы билета; использование в необходимой мере в ответах терминологии дисциплины, представленной в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

*оценка «хорошо»:* твёрдые и достаточно полные знания материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы, могут быть допущены несущественные недочеты в ответах и незначительные нарушения логики изложения материала;

*оценка «удовлетворительно»:* знание и понимание основных материала, наличие несущественных ошибок (не более 50%) при неспособности их последовательного и логического изложения, вызывает затруднение использование терминологии дисциплины;

*оценка «неудовлетворительно»:* непонимание сущности вопросов, грубые существенные ошибки в ответе, отсутствие способности к письменному изложению материала.

**Примерный перечень тем рефератов:**

1. Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области. Как объединить методы?
2. Амперометрическое и вольтамперометрическое детектирование в потоке. Проточная инверсионная вольтамперометрия.
3. Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов. Стратегия эксперимента. Какие соединения и материалы могут быть изучены?
4. Применение индикаторных электродов с полимерным электропроводящим покрытием в вольтамперометрическом анализе объектов окружающей среды.
5. Применение электродов с нанокompозитным покрытием в

вольтамперометрическом анализе объектов окружающей среды.

6. Вольтамперометрический метод определения неорганических токсикантов в контроле качества пищевых продуктов.

7. Вольтамперометрический метод определения органических токсикантов в контроле качества пищевых продуктов.

8. Вольтамперометрический метод определения неорганических токсикантов в анализе объектов окружающей среды.

9. Вольтамперометрический метод определения органических токсикантов в анализе объектов окружающей среды.

10. Инверсионная вольтамперометрия в анализе объектов окружающей среды.

#### **Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Программа подготовки к экзамену по дисциплине:

1. *Общие вопросы электрохимии.* Измерительная ячейка. Принципы измерения. Электродные процессы. Измеряемый сигнал: диффузионный ток, кинетический и каталитический токи, емкостной и адсорбционный токи. Двойной электрический слой и его структура. Стандартный потенциал. Формальный потенциал. Характеристические потенциалы электроаналитических методов. Кинетика электрохимических реакций.

2. *Циклическая вольтамперометрия.* Основные принципы. Форма циклических вольтамперограмм. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов. Гетерогенная кинетика. Гомогенная кинетика. Многофазные системы.

3. *Импульсная вольтамперометрия.* Эквивалентность ступенчатой вольтамперометрии и вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Реверсивная импульсная вольтамперометрия. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.

4. *Квадратно-волновая вольтамперометрия.* Простые реакции на стационарных плоских электродах. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах. Реакции металлов, образующих амальгамы, на тонкопленочных ртутных электродах. Электродные реакции, осложненные адсорбцией деполаризатора и продукта его превращения. Применение квадратно-вольновой вольтамперометрии.

5. *Хронокулонометрия.* Теоретические основы метода. Практические проблемы. Двухступенчатая хронокулонометрия. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.

6. *Электрохимическая импедансная спектроскопия.* Определения, основные соотношения, преобразования Крамера-Кронига. Техника измерений. Представление данных импеданса. Эквивалентная схема. Постоянный фазовый элемент. Анализ и моделирование данных импеданса. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах. Конечный импеданс Варбурга. Гомогенная или гетерогенная химическая реакция как скорость определяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.

7. *Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области.* Введение – как объединить методы? Методы в условиях стационарного или переходного состояния. Геометрия ячейки и требования к экспериментальным установкам. Временные ограничения. Пространственное и механическое разрешение. Спектроэлектрохимия в проходящем свете. Спектроэлектрохимия в отраженном свете.

8. *Инверсионная вольтамперометрия.* Принцип метода. Обзор методов концентрирования: выделение металлов на твердых электродах; выделение металлов на ртутных электродах; выделение труднорастворимых солей на электродах; адсорбционное

концентрирование; концентрирование за счет образования поверхностных комплексов. Инверсионная вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов. Особенности инверсионной вольтамперометрии.

9. *Исследования в потоке.* Амперометрическое и вольтамперометрическое детектирование в потоке. Проточная инверсионная вольтамперометрия.

10. *Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов.* Стратегия эксперимента. Какие соединения и материалы могут быть изучены? Идентификация фаз и количественный анализ твердых веществ. Изучение электрохимического поведения твердых материалов. Комбинированные (exsitu, insitu) методы.

11. *Индикаторные электроды.* Электродные материалы. Геометрия электрода. Гидродинамические условия.

12. *Модифицированные индикаторные электроды.* Методы модифицирования электродов: объемное модифицирование; поверхностное модифицирование. Особенности формирования сигнала-отклика на модифицированных электродах. Мультисенсорные системы.

13. *Амперометрические биосенсоры.* Общие принципы функционирования биосенсоров. Ферментные биосенсоры. ДНК-сенсоры. Иммуносенсоры. Микробные сенсоры. Тканевые сенсоры.

14. *Электроды сравнения.* Стандартный водородный электрод. Электроды второго рода как электроды сравнения (ртутные и хлоридсеребряные). рН-чувствительные электроды сравнения. Твердотельные электроды сравнения. Псевдоэлектроды сравнения. Практические проблемы.

15. *Электролиты.* Ионный транспорт. Водные растворы электролитов. Неводные растворы электролитов.

*Критерии выставления оценок на экзамене:*

*оценка «отлично»:* глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы; использование в необходимой мере в ответах терминологии дисциплины, представленной в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

*оценка «хорошо»:* твердые и достаточно полные знания всего программного материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном реагировании на замечания по отдельным вопросам;

*оценка «удовлетворительно»:* знание и понимание основных вопросов программы, наличие несущественных ошибок (не более 50%) при неспособности их самостоятельной корректировки;

*оценка «неудовлетворительно»:* непонимание сущности излагаемых вопросов, грубые существенные ошибки в ответе, неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы экзаменатора.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических

средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Электроаналитические методы. Теория и практика / А.М. Бонд и др.; под ред. Ф. Шольц; пер. с англ. под ред. В.Н. Майстренко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2006. – 326 с.

2. Будников, Г.К. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине [Электронный ресурс] / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин, В.Н. Майстренко. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 419 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90273>

3. Хенце Г., Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 287 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94136>

4. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58166>

Дополнительная литература:

1. Будников, Г.К. Основы современного электрохимического анализа: Учеб. Пособие для студентов вузов / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М.: «Мир» БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2003. – 592с.

2. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры: учеб. Пособие/ Б. Эггинс; пер. с англ. М.А. Слинкина с доп. Т.М, Зиминой, В.В. Лучинина.–М.: Техносфера. – 2005.–335 с.

3. Физико-химические методы и приборы экоаналитических исследований: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Р.Ф. Юльметова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 75 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91365>

4. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2т. Т. 2 / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша и др. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2009. – 504с.



5. Аналитическая химия: учебник для студентов вузов в 3 т. Т. 2 : Методы разделения веществ и гибридные методы анализа / под ред. Л.Н. Москвина. – М.: Академия. – 2008. – 300с.

6. Отто, М. Современные методы аналитической химии / М. Отто, пер. с нем. Под ред. А.В. Гармаша. – М.: Техносфера. – 2008. – 543с.

— Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум : учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 133 с. — (Серия : Университеты России). ISBN 978-5-534-05975-5. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/13775529-EA33-41FA-9C52-6E7192D5B663](http://www.biblio-online.ru/book/13775529-EA33-41FA-9C52-6E7192D5B663)

7. Электрохимические методы исследования биологических объектов: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Иванова [и др.]. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 52 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/9839>

8. Электрохимия. Методика исследования кинетики электродных процессов : учебное пособие для вузов / В. М. Рудой, Т. Н. Останина, И. Б. Мурашова, А. Б. Даринцева. — 2-е изд. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 111 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-06519-0. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/6A1CB436-E5E8-4608-A164-DA47DD11B957](http://www.biblio-online.ru/book/6A1CB436-E5E8-4608-A164-DA47DD11B957).

## 5.2. Периодическая литература

1. «Журнал аналитической химии»
2. «Заводская лаборатория. Диагностика материалов»
4. Реферативные журналы (РЖХ)

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
9. Springer Journals <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
11. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
13. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>

### Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
5. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/>.

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента во всех видах аудиторных занятий, а также планомерную повседневную самостоятельную работу.

##### *Общие рекомендации*

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

##### *Работа с конспектом лекций*

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попробуйте найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

##### *Выполнение лабораторных работ*

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением.

Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- название работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;
- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;
- расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории.

Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешное изучение дисциплины «Современная вольтамперометрия» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, выполнения тестовых проверочных работ, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

- 1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;
- 3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

- 1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;
- 2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

При подготовке к практическому занятию рекомендуется:

- 1) ознакомиться с темой и планом занятия, чтобы выяснить круг вопросов, которые будут обсуждаться на занятии;
- 2) поработать с конспектом лекции по теме занятия, а также ознакомиться с рекомендуемой литературой и (при необходимости) дополнительными источниками информации в виде периодических изданий и Интернет-ресурсов.

При выполнении практической работы студентам необходимо отмечать те вопросы и разделы, которые вызывают у них затруднения. с целью последующей консультации у преподавателя. Каждый студент должен стремиться активно работать на практических занятиях и успешно выполнять тестовые проверочные работы.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

Наименование специальных	Оснащенность специальных	Перечень лицензионного
--------------------------	--------------------------	------------------------

помещений	помещений	программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория органической химии(ауд. 414С)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор) Оборудование: специализированная лабораторная мебель (столы, стулья, шкафы для реактивов и оборудования, вытяжные шкафы), средства пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, химическая посуда оборудование, анализатор вольтамперометрический анализатор Экотест-ВА, электроплитки марки «Мечта», модель 111С/212С или другие с аналогичными характеристиками (249С, 252С, 242С)	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Windows; Microsoft Office
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная	Microsoft Windows; Microsoft Office

	техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
--	---	--