



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИТЭ  
протокол №8 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
Института теплоэнергетики

С.О.Гапоненко

«30» мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.01.04.

Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и) \* Автономные энергетические системы  
(профиль(и))

Квалификация Бакалавр  
*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ХВ	Доцент, д.т.н.	Филимонова А.А.
ХВ	Доцент, к.х.н.	Сироткина Л.В.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ХВ	10.05.23	№ 10	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичиров А. А.
Согласована	ХВ	10.05.23	№ 10	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичиров А. А.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.23	№ 9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.23	№ 9	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем» является знакомство обучающихся с основным и вспомогательным оборудованием автономных энергоустановок и электрохимических систем применительно к энергоснабжению автономных объектов.

Задачами дисциплины являются:

- формирование целостной системы знаний по технологическим аспектам и оборудованию электрохимических систем;
- формирование навыков самостоятельного анализа и целенаправленного выбора оборудования для решения прикладных электрохимических задач;
- изучение нормативной документации на проектирование электрохимических систем и оценка основных тенденций развития электрохимического оборудования

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов	ПК-2.1. Обосновывает технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем
ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем	ПК-3.1. Соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем
ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов	ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. «Химия», «Электрохимия», «Физико-химические основы процессов обработки воды», «Физическая химия», «Программное обеспечение и программирование в профессиональной деятельности», «Коррозионные процессы в электрохимических установках».

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. «Производственная практика (практика по получению первичных профессиональных навыков)», «Производственная практика (технологическая)», «Производственная практика (преддипломная)».

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	7	252	252
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	–	89	89
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,89	68	68
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	0,67	18	18
Лабораторные работы	0,44	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,11	148	148
Проработка учебного материала	4,11	148	148
Курсовой проект	1,00	36	36
Курсовая работа	–	–	–
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			-

#### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1 «Состав и принципы работы основного оборудования электрохимических систем»	68	10	4	6	48	ТК1	ПК-2.13, ПК-3.13, ПК-4.33
Раздел 2 «Состав и принципы работы вспомогательного оборудования электрохимических систем»	70	10	4	6	50	ТК2	ПК-2.1 ЗУ, ПК-3.1 ЗУ, ПК-4.3 ЗУ
Раздел 3 «Методы диагностики электрохимических систем»	78	14	8	6	50	ТК3	ПК-2.1 З, ПК-3.1 З, ПК-4.3 ЗУВ
Курсовой проект	36						ПК-2.1 ЗУВ, ПК-3.1 ЗУВ,

							ПК-4.3 В
Экзамен	36						ПК-2.1 ЗУВ, ПК-3.1 ЗУВ, ПК-4.3 В
<b>Итого за 7 семестр</b>	<b>252</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>148</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

Раздел 1. «Состав и принципы работы основного оборудования электрохимических систем»

Тема 1.1. Основные электрохимические объекты и системы

Тема 1.2. Классификация и показатели электрохимических аппаратов. Конструкции элементов электрохимических аппаратов (назначение, требования)

Тема 1.3. Теоретические основы реализации электрохимических технологий

Тема 1.4. Основное оборудование электрохимических систем

Тема 1.5. Устройство и принцип работы основного оборудования.

Раздел 2. «Состав и принципы работы вспомогательного оборудования электрохимических систем»

Тема 2.1. Вспомогательное оборудование электрохимических систем

Тема 2.2. Устройство и принцип работы вспомогательного оборудования

Тема 2.3. Рациональный выбор существующего отечественного и зарубежного оборудования с применением средств автоматизации

Раздел 3. «Методы диагностики электрохимических систем»

Тема 3.1. Общая характеристика объектов и методов исследования.

Тема 3.2. Формы и виды технологической документации в электрохимических производствах.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

1. Материальный расчет и баланс электрохимического аппарата.
2. Энергетические расчеты электрохимического аппарата. Баланс напряжения.
3. Основные характеристики электрохимических аппаратов
4. Технологические схемы когенерации с топливными элементами
5. Технологические схемы тригенерации с топливными элементами
6. Системы внутреннего и внешнего риформинга топлива

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

1. Анализ конструкции электролизеров.
2. Материальный баланс различных электролизеров.
3. Энергетический баланс электролизёра.
4. Электроосаждение металла.

### **3.6. Курсовой проект**

1. Материальный баланс электролизёров.

2. Энергетический баланс электролизёра.
3. Выбор источника питания гальванической ванны.
4. Расчёт и выбор оборудования для нанесения гальванических покрытий.
5. Материальное обеспечение технологического процесса нанесения покрытий.
6. Автоматическое оборудование.
7. Расчетные характеристики необходимые при выборе автоматических линий.
8. Оборудование для нанесения покрытий на мелкие детали.
9. Критерии для количественной оценки распределения тока и металла.
10. Оборудование для химической и электрохимической подготовки деталей к гальваническим покрытиям.
11. Выбор реагентов и типа электролита по данным на проектирование.
12. Проектирование электрохимических систем .
13. Конструктивные особенности электрохимических систем.
14. Термодинамическая устойчивость активных веществ электрохимических систем в водных растворах.
15. Характеристики, позволяющие сравнивать электрохимические системы между собой независимо от электрохимической системы, массы, особенностей конструкции.
16. Расчет фильтрующих установок.
17. Расчет количества воды, необходимой для промывки деталей после технологической обработки.
18. Оборудования, используемые для очистки сточных вод.
19. Принципиальные схемы очистки.
20. Автоматизация оборудования для очистки сточных вод.

#### 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК 2	ПК-2.1	Знать:				

	<p>- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;</p> <p>- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач;</p> <p>- технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем.</p>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
	Уметь:				
	<p>- производить расчет характеристик данного оборудования;</p> <p>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;</p> <p>- производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.</p>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
	Владеть:				
	<p>- методами расчета параметров работы топливных элементов;</p> <p>- способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и</p>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

		тепла в топливных элементах; - умением обосновывать технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем.				
ПК 3	ПК-3.1	Знать:				
		- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов; - основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач; - соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				
		- производить расчет характеристик данного оборудования; - производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей; - производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими; - при эксплуатации	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки



		автономных энергетических систем соблюдает правила технологической и производственной дисциплины.				
		Владеть:				
		- методами расчета параметров работы топливных элементов; - способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах; - правилами технологической и производственной дисциплины.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 4	ПК-4.3	Знать:				
		-основные электрохимические объекты и системы; - устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования-основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				

	<p>- формулировать задание на проектирование и реконструкцию основного технологического оборудования;</p> <p>- грамотно и рационально выбирать существующее оборудование с применением средств автоматизации;</p> <p>- выполнять эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>
	<p>Владеть:</p>				
	<p>- навыками поиска информации в периодической литературе, в глобальных компьютерных сетях;</p> <p>-навыками по оценке и обработке полученной информации и самостоятельного анализа и целенаправленного выбора оборудования;</p> <p>- методикой проведения экспериментов по параметрам и характеристикам химических</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>

		реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями				
--	--	--	--	--	--	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **5.1.1. Основная литература**

1. Филимонова А.А. Системы накопления электроэнергии : учебное пособие / А. А. Филимонова, А. А. Чичиров, Д. Ф. Гайнутдинова. - Казань : КГЭУ, 2023. - 115 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный.

2. Сибикин, М. Ю., Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. : учебное пособие / М. Ю. Сибикин, Ю. Д. Сибикин. — Москва : КноРус, 2022. — 228 с. — ISBN 978-5-406-09989-6. — URL: <https://book.ru/book/944592> (дата обращения: 01.06.2023). — Текст : электронный.

3. Баранов, Н. Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии : учебное пособие / Н. Н. Баранов. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011850.html>. - ISBN 978-5-383-01185-0. - Текст : электронный.

##### **5.1.2.Дополнительная литература**

1. Водородная энергетика и топливные элементы : лабораторный практикум / В. Л. Матухин [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2009. - 31 с. - 3395. - Текст : непосредственный.

2. Электрохимия. Теория и задачи : учебное пособие / Л. В. Сироткина. - Казань : КГЭУ, 2014. - 72 с. - 4718. - Текст : непосредственный

#### **5.2. Информационное обеспечение**

##### **5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы**

1. Электронно-библиотечная система «Лань», <https://e.lanbook.com/>
  2. Энциклопедии, словари, справочники, <http://www.rubricon.com>
  3. Портал "Открытое образование", <http://npoed.ru>
  4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам, <http://window.edu.ru>
- 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Справочная правовая система «Консультант Плюс», <http://consultant.ru>
2. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, <http://fgosvo.ru>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Браузер Chrome. Система поиска информации в сети интернет (включая русскоязычный интернет), <https://www.google.com/intl/ru/chrome/>
2. Adobe Acrobat. Пакет программ, <https://get.adobe.com/ru/reader/>
3. LMS Moodle. Современное программное обеспечение <https://download.moodle.org/releases/latest/>

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа В-503	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации В-513	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (ноутбук), экран, доска аудиторная, таблица Менделеева, "Стандартный ряд электродных потенциалов", таблица по ТБ.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория В-510, В-519.	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические, химические реактивы (от 10 г до 1 кг в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда, таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица "Стандартный ряд электродных потенциалов", доска аудиторная.
Самостоятельная	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30

работа		посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и

обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

#### *Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

#### *Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

#### *Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ П/П	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					





**КГЭУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**по дисциплине**

**Б1.В.ДЭ.01.01.04.**

**Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем**

---

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность(и) \* Автономные энергетические системы  
(профиль(и))

Квалификация

Бакалавр

*(Бакалавр / Магистр)*

Оценочные материалы по дисциплине « Основное и вспомогательное оборудование электрохимических систем», предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

## 1. Технологическая карта

Семестр 7

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели						Итого	Промежуточная аттестация
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3		
<b>Раздел 1. « Состав и принципы работы основного оборудования электрохимических систем »</b>	<b>ТК1</b>	<b>15</b>	<b>0-15</b>					<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Контрольная работа (КнТР)		10	15						
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)		5							
<b>Раздел 2. « Состав и принципы работы вспомогательного оборудования электрохимических систем»</b>	<b>ТК2</b>			<b>15</b>	<b>0-15</b>			<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Контрольная работа (КнТР)			15	5	15				
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)				10					
<b>Раздел 3. « Методы диагностики электрохимических систем»</b>	<b>ТК3</b>					<b>25</b>	<b>0-15</b>	<b>25-40</b>	<b>25-40</b>
Контрольная работа (КнТР)						10	10		
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)						5			
Тест						10	5		
<b>Промежуточная аттестация (КП)</b>	<b>ОМ</b>								<b>0-45</b>
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК 2	ПК-2.1	Знать:				
		- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов; -основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач; -технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, и, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				
		- производить расчет характеристик данного оборудования; - производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей; - производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, и, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Владеть:				

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета параметров работы топливных элементов;</li> <li>- способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах;</li> <li>- умением обосновывать технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 3	ПК-3.1	Знать:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции, основные характеристики, преимущества и недостатки разных типов топливных элементов;</li> <li>- основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач;</li> <li>- соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Уметь:				

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчет характеристик данного оборудования;</li> <li>- производить подбор оборудования из каталогов фирм-производителей;</li> <li>- производить расчеты, разрабатывать, проектировать и изготавливать элементы и системы, реализующие электрохимические процессы, управлять ими;</li> <li>- при эксплуатации автономных энергетических систем соблюдает правила технологической и производственной дисциплины.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		Владеть:				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета параметров работы топливных элементов;</li> <li>- способами и методами для производства, преобразования, использования электрической, химической энергии топлива, потоков массы веществ и тепла в топливных элементах;</li> <li>- правилами технологической и производственной дисциплины.</li> </ul>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
ПК 4	ПК-4.3	Знать:				

	<p>-основные электрохимические объекты и системы;</p> <p>- устройство и принцип работы основного и вспомогательного оборудования-основы электрохимической технологии для решения научных и практических задач.</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, и, без ошибок</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>
	<p>Уметь:</p> <p>- формулировать задание на проектирование и реконструкцию технологического оборудования;</p> <p>- грамотно и рационально выбирать существующее оборудование с применением средств автоматизации;</p> <p>- выполнять эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, и, без ошибок</p>	<p>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>
	<p>Владеть:</p>				

		- навыками поиска информации в периодической литературе, в глобальных компьютерных сетях; -навыками по оценке и обработке полученной информации и самостоятельного анализа и целенаправленного выбора оборудования; - методикой проведения экспериментов по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
--	--	--	---	---	---	---

Оценка **«Отлично»** выставляется студенту, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой.

Оценка **«Хорошо»** выставляется студенту, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендуемой учебной программой.

Оценка **«Удовлетворительно»** выставляется студенту, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимом для дальнейшей учебы, справился с выполнением заданий, знаком с основной литературой.

Оценка **«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему

принципиальные ошибки в выполнении заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Контрольная работа (КнР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов

ПК-2.1. Обосновывает технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-3.1. Соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов

ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических



энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями

Контрольная работа по разделу «Электрохимические методы исследования»

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту.
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений.
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ.
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода для электрохимических измерений (ЭИ).
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Луггина.
6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика.
7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода.
8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия.
9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при  $I = \text{const}$ . Возможные варианты.
10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты.
11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста.
12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля.
13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля.
14. Ток обмена ( $i_0$ ) и коэффициент переноса ( $\alpha$ ) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций.

Отчет по лабораторной работе № 1.

При оформлении отчета по лабораторной работе студент должен включить следующие пункты:

1. Название работы.
2. Краткая теоретическая часть по теме работы.
3. Цель работы.
4. Протокол записи экспериментальных данных в виде таблиц.
5. Основные формулы, необходимые для расчета.
6. Иллюстрации расчетных данных в виде схем, рисунков, таблиц.
7. Расчет погрешностей определения экспериментальных данных.
8. Обсуждение полученных результатов. Объяснение возможных

расхождений экспериментальных величин со справочными данными.

### Вопросы к лабораторной работе

1. Что называется электролизом?
2. Какие процессы протекают на катоде и аноде при проведении электролиза?
3. Какова последовательность разряда ионов при электролизе на катоде? На аноде?
4. Как протекает электролиз с растворимым и нерастворимым анодами?
5. Какие процессы окисления и восстановления протекают на катоде и аноде при электролизе водного раствора хлорида никеля, если: а) анод угольный и б) анод никелевый?
6. Опишите конструкцию электролизера.
7. Общая характеристика электролизеров.
8. Особенности электролизёров.
9. Электрохимические реакторы, (ЭХР).
10. Электрохимические ванны (ЭХВ),
11. Электрохимические приборы (ЭХП).

Для текущего контроля ТК2:

ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов

ПК-2.1. Обосновывает технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-3.1. Соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем и их компонентов

ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями

### Вопросы контрольной работы

1. Общая характеристика электролизеров.
2. Научно-технический, экономический, социальный, экологический аспекты проблемы.
3. Классификация электролизёров.
4. Материальный баланс электролизёра с проточным электролитом.

5. Материальный баланс электролизёра с непроточным электролитом.
6. Параметры влияющие на процесс электроосаждения металлов.
7. Определение электрических составляющих баланса напряжения.
8. Основные отличительные характеристики автоматических линий
9. Растворимые и инертные аноды. Конструкция анодов Расход анодного материала.
10. Физико-химические особенности процесса электроосаждения.

### Отчет по лабораторной работе № 2,3.

При оформлении отчета по лабораторной работе студент должен включить следующие пункты:

1. Название работы.
2. Краткая теоретическая часть по теме работы.
3. Цель работы.
4. Протокол записи экспериментальных данных в виде таблиц.
5. Основные формулы, необходимые для расчета.
6. Иллюстрации расчетных данных в виде схем, рисунков, таблиц.
7. Расчет погрешностей определения экспериментальных данных.
8. Обсуждение полученных результатов. Объяснение возможных расхождений экспериментальных величин со справочными данными.

### Вопросы к лабораторной работе

1. Расчет материального баланса непроточного электролизёра водного раствора нитрата свинца.
2. Материальный баланс электролизёра рафинирования меди
3. Определение электрических составляющих баланса и расчет напряжения на гальванической ванне.
4. Определение параметров выпрямителя (силы тока и напряжения) для гальванических ванн меднения и никелирования.

Для текущего контроля ТКЗ:

ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов

ПК-2.1. Обосновывает технические и материальные потребности при эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-3. Способен к обеспечению технологической, производственной эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-3.1. Соблюдает правила технологической и производственной дисциплины при эксплуатации автономных энергетических систем

ПК-4. Способен к организации технического и материального обеспечения мероприятий по совершенствованию технологии производства

автономных энергетических систем и их компонентов

ПК-4.3. Выполняет эксперименты по параметрам и характеристикам химических реакторов, топливных элементов, электрохимических энергоустановок, установок водородной энергетики и их элементов в соответствии с установленными полномочиями

### Вопросы контрольной работы

1. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов.
2. Метод хроновольтамперометрии.
3. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Шевчика.
4. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных
5. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение метода в электроаналитических измерениях.
6. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Определение коэффициента диффузии электроактивного вещества. Метод Хитчмана-Олбери.
7. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов.
8. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики электродного процесса.
9. Каким образом методом ВДЭ можно одновременно определить скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций?
10. Метод ВДЭ с кольцом.
11. Стационарные методы исследования в электрохимии.
12. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела.
13. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности.
14. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова.
15. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод).
16. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы.
17. Импеданс Варбурга.
18. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных.
19. Основные принципы исследования механизма сложных электрохимических превращений.

### Отчет по лабораторной работе № 4.

При оформлении отчета по лабораторной работе студент должен включить следующие пункты:

1. Название работы.

2. Краткая теоретическая часть по теме работы.
3. Цель работы.
4. Протокол записи экспериментальных данных в виде таблиц.
5. Основные формулы, необходимые для расчета.
6. Иллюстрации расчетных данных в виде схем, рисунков, таблиц.
7. Расчет погрешностей определения экспериментальных данных.
8. Обсуждение полученных результатов. Объяснение возможных расхождений экспериментальных величин со справочными данными.

### Вопросы к лабораторной работе

1. Требования, предъявляемые к предназначенной для осаждения основе.
2. Влияние состояния поверхности на характеристики осадков.
3. Формирование микрорельефа и механические методы обработки.
4. Химические и электрохимические способы подготовки поверхности деталей.
5. Составы рабочих жидкостей и режимы электролиза.

### Тест

1. Самым чувствительным электрохимическим методом анализа является  
1) потенциметрическое титрование 2) ионометрия 3) классическая полярография 4) инверсионная вольтамперометрия
2. Количество электричества измеряют 1) амперметрами 2) вольтметрами 3) иономерами 4) кулонометрами
3. Какой раздел электрохимических методов анализа включает амперометрическое титрование? 1) потенциметрия 2) кулонометрия 3) вольтамперометрия 4) кондуктометрия
4. Какой фактор ограничивает применение стеклянного электрода для измерения рН раствора? 1) наличие окислителей и восстановителей в растворе 2) присутствие больших количеств солей щелочных металлов 3) присутствие соединений мышьяка 4) быстрое установление равновесия на границе мембрана – раствор
5. Какое условие должно соблюдаться при подготовке стеклянного рН-электрода к работе? 1) сухие электроды выдерживают в воде или в буферном растворе 2) электроды вымачивают в разбавленной кислоте 3) электроды выдерживают в концентрированном растворе гидроксида натрия 4) электроды предварительно не подготавливают
6. В основе электрохимических методов анализа находится зависимость  
1) силы тока от напряжения 2) силы тока от электродного потенциала 3) какого-либо электрического параметра от концентрации раствора 4) электродного потенциала от концентрации раствора
7. Хлоридсеребряный электрод является 1) вспомогательным электродом 2) электродом сравнения 3) идеально поляризуемым электродом 4) выполняет все указанные функции

8. Какой электрод берут в качестве электрода сравнения при определении стандартных окислительно-восстановительных потенциалов? 1) каломельный 2) хлоридсеребряный 3) водородный 4) стеклянный

9. Указать электрод, для которого уравнение Нернста имеет вид  $E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Ag^+}$ . 1) хлоридсеребряный 2) серебряный 3) каломельный 4) сурьмяный

10. Какой электрод не применяется в качестве индикаторного при определении окислителей или восстановителей? 1) графитовый 2) платиновый 3) золотой 4) стеклянный

11. Указать систему электродов, применяемую для электрометрического измерения концентрации ионов водорода в водном растворе 1) хлоридсеребряный и платиновый 2) стеклянный и платиновый 3) хлоридсеребряный и стеклянный 4) платиновый и каломельный

12. Основное отличие индикаторного электрода от электрода сравнения в 13 1) химической устойчивости в исследуемом растворе 2) химической устойчивости вне исследуемого раствора 3) способности поляризоваться в процессе эксперимента 4) отсутствии влияния электрода на состав анализируемого раствора

13. К электрохимическим методам анализа относятся методы 1) молекулярной абсорбционной спектроскопии 2) атомной спектроскопии 3) вольтамперометрии 4) рефрактометрии

14. Электродная поляризация – это есть изменение 1) потенциала электрода по сравнению с его равновесным значением 2) силы тока в цепи 3) плотности тока на катоде 4) плотности тока на аноде

15. Лимитирующей стадией электродного процесса является стадия, протекающая с 1) максимальной скоростью 2) минимальной скоростью 3) образованием окисленной формы деполяризатора 4) образованием восстановленной формы деполяризатора

16. Электрохимические методы анализа не включают 1) кондуктометрию 2) инверсионную вольтамперометрию 3) нефелометрию 4) амперометрию

17. На катоде протекает процесс восстановления только 1) катионов 2) анионов 3) молекул 4) катионов, анионов, молекул неорганических и органических веществ

18. К основным понятиям электрохимических методов анализа не относится 1) потенциал 2) напряжение 3) сила тока 4) электромагнитное излучение

19. Законы Фарадея положены в основу 1) кондуктометрического анализа 2) потенциометрического анализа 3) кулонометрического анализа 4) полярографического анализа

20. Какая пара электродов применима для определения  $Fe^{2+}$  методом окислительно-восстановительного титрования? 1) стеклянный и хлоридсеребряный 2) платиновый и хлоридсеребряный 3) серебряный и хлоридсеребряный 4) хингидронный и каломельный.

21. 1. К проводникам первого рода относятся:

1) золото; 2) бронза; 3) латунь; 4) расплав хлорида натрия.

22. К проводникам второго рода относятся:

1) чугун; 2) расплав оксида алюминия; 3) раствор глюкозы; 4) раствор формиата натрия.

23. Диэлектриком является:

1) алмаз; 2) графит; 3) эбонит; 4) резина.

24. К проводникам второго рода относятся:

1) раствор гексана в бензоле;  
2) раствор ацетона в воде;  
3) раствор хлороводорода в воде;  
4) раствор серы в гексане.

25. Электропроводность – это:

1) количественная характеристика способности вещества проводить электрический ток;

2) суммарный электрический заряд, проходящий через вещество за единицу времени при приложении к нему разности потенциалов в 1 В;

3) суммарный электрический заряд всех частиц вещества, содержащихся в 1 моле вещества и способных перемещаться под действием электрического тока;

4) качественная характеристика подвижности частиц вещества, способных перемещаться под действием внешнего электрического поля.

26. Единицей измерения электропроводимости в системе СИ является:

1) См (Сименс); 2) Ом-1; 3) В; 4) А.

27. Кондуктометрический метод анализа основан:

1) на измерении эквивалентной электропроводности раствора  $\lambda V$ ;

2) на измерении эквивалентной электропроводности раствора при бесконечном разбавлении;

3) на измерении удельной электропроводности раствора при разных концентрациях растворенного вещества;

4) на измерении оптической плотности раствора.

24. Точку эквивалентности при кондуктометрическом титровании определяют:

1) с помощью индикатора;

2) с помощью вспомогательного вещества;

3) визуально, на основании изменения внешнего вида раствора;

4) графическим путем на основании резкого изменения измеренной электропроводности раствора по мере добавления титранта.

25. На основании измерения эквивалентной электропроводности при

данной концентрации вещества ( $\lambda V$ ) и в сильно разбавленных растворах ( $\lambda_\infty$ ) можно определить:

степень диссоциации слабого электролита;

константу диссоциации слабого электролита в растворе;

концентрацию электролита в растворе;

массу и заряд иона электролита в растворе.

26. Предельная электрическая проводимость электролита ( $\lambda_\infty$ ) достигается:

в насыщенном растворе;

в растворе, содержащем 1 моль вещества;

в сильно разбавленном растворе;

при температуре, близкой к температуре кипения раствора.

27. Предельная электрическая проводимость электролита ( $\lambda_\infty$ ) зависит от:

концентрации раствора;

скорости движения ионов электролита в растворе;

взаимодействия между ионами электролита в растворе;

размеров и прочности «ионных атмосфер».

28. Повышение удельной электропроводности растворов при увеличении температуры связано с:

уменьшением вязкости раствора;

увеличением скорости движения ионов;

с возрастанием степени диссоциации слабого электролита;

с уменьшением степени диссоциации молекул растворителя.

29. В системе СИ эквивалентная электропроводность измеряется в :



$\text{См} \cdot \text{моль} \cdot \text{см}$ ;

$\text{Ом}^{-1} \cdot \text{моль} \cdot \text{см}^3$ ;

$\text{См} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^2$ ;

$\text{Ом}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^2$ .

30. При кондуктометрическом титровании сильной кислоты щелочью:

удельная электропроводность раствора в точке эквивалентности достигает своего максимального значения;

удельная электропроводность раствора в точке эквивалентности достигает своего минимального значения;

в обязательном порядке необходимо присутствие кислотно-основного индикатора;

исходные растворы могут быть мутными или окрашенными.

31. Величина электрического заряда, возникающего на единице площади металлической пластинки, опущенной в дистиллированную воду, зависит от:

природы металла, из которого выполнена пластинка;

температуры системы;

объема воды;

формы металлической пластинки.

32. На поверхности металлической пластинки, опущенной в дистиллированную воду всегда возникает:

положительный заряд;

заряд равный 0;

отрицательный заряд;

на одной части пластинки – положительный заряд, на другой – отрицательный.

33. Переход катионов металла с поверхности металлической пластинки в

воду обусловлен:

тепловым движением ионов в металлическом образце;

действием молекул растворителя на кристаллическую решетку металла;

процессами диффузии;

гидратацией катионов металла, расположенных на поверхности кристаллической решетки.

34. Отрицательный заряд, возникающий на поверхности металлической пластинки, опущенной в дистиллированную воду, обусловлен:

переходом анионов из жидкой фазы на пластинку;

присоединением атомами и ионами металлов, расположенных в узлах кристаллической решетки, электронов, высвобождающихся в ходе окисления молекул воды;

избыточным содержанием в кристаллической решетке металла свободных электронов, образующихся после перехода части катионов  $Men^+$  в жидкую фазу;

переходом части свободных электронов из кристаллической решетки металла в воду.

35. Пластинки, выполненные из активных металлов (Mg, Zn, Fe) в растворе собственной соли, как правило:

заряжаются отрицательно;

заряжаются положительно;

не заряжаются;

меняют знак заряда со временем.

36. Пластинки, выполненные из малоактивных металлов (Cu, Ag, Hg, Pt, Au), в растворе собственной соли, как правило:

заряжаются отрицательно;

не заряжаются;

заряжаются положительно;

в течение длительного времени периодически меняют знак заряда.

37. Металлическим электродом называется:

система, состоящая из металлической пластинки, опущенной в расплав собственного металла;

система, состоящая из растворов двух солей, контактирующих друг с другом через пористую перегородку;

система, состоящая из контактирующих друг с другом двух пластинок, разнородных металлов;

система, состоящая из металлической пластинки, опущенной в раствор собственной соли;

38. Цинковая пластинка, опущенная в раствор сульфата цинка, является:

металлическим электродом первого рода;

металлическим электродом второго рода;

обратимым электродом;

необратимым электродом;

39. Стандартным электродным потенциалом  $E^0$  для металлического электрода называется:

потенциал, условно принятый за стандарт;

потенциал, который возникает на электроде при определённых стандартных значениях температуры и внешнего давления системы;

потенциал, который возникает на электроде при активности ионов металла соли в растворе равной  $1 \text{ моль/дм}^3$  и температура  $250\text{С}$ ;

потенциал, который возникает на электроде при активности ионов металла соли в растворе большей, чем  $1 \text{ моль/дм}^3$ .

40. Величина электродного потенциала для металлического электрода рассчитывается по уравнению \_\_\_\_\_

41. Серебряная пластинка, покрытая слоем хлорида серебра и опущенная в насыщенный раствор хлорида калия, является \_\_\_\_\_:

42. В каком ряду металлы расположены по возрастанию их восстановительной активности в реакциях протекающих в водной среде:

Ag, Fe, Li, Na;

Zn, Al, Mg, K;

Na, Zn, Fe, Cu;

Na, Ca, K, Li;

43. В каком ряду ионы металлов расположены по возрастанию их окислительной активности в реакциях протекающих в водной среде?

Li<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>;

K<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Au<sup>3+</sup>;

Hg<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>;

Mg<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>.

44. По отношению к растворам солей Mg будет выступать в роли восстановителя в случае протекания между ними реакции?

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

FeSO<sub>4</sub>;

CuSO<sub>4</sub>;

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

45. По отношению к каким металлам ионы Cu<sup>2+</sup> в водном растворе будут выступать в роли окислителя?

Ag;

Pt;

Pb;

Fe;

46. Величина электродного потенциала для электрода второго рода

зависит \_\_\_\_\_.

47. Примером электродов второго рода могут служить:

цинковый электрод;

водородный электрод;

каломельный электрод;

стеклянный электрод.

48. Потенциал хлорсеребряного электрода при  $t=25^{\circ}\text{C}$  можно рассчитать по уравнению \_\_\_\_\_

49. Экспериментально измеренная величина электродного потенциала показывает:

во сколько раз она больше величины потенциала стандартного водородного электрода;

во сколько раз она меньше величины потенциала стандартного водородного электрода;

на сколько она меньше или больше величины потенциала стандартного водородного электрода;

абсолютное значение.

50. Потенциал  $E_2$  определяемого электрода равен измеренной разности потенциалов  $E_2 - E_1 = \Delta E$ , если:

его величина больше, чем величина электрода сравнения  $E_1$ ;

его величина меньше, чем величина электрода сравнения  $E_1$ ;

его величина равна величине электрода сравнения  $E_1$ ;

его величина равна нулю.

51. Потенциал  $E_2$  определяемого электрода равен  $E_1 - \Delta E$ , если:

его величина больше, чем величина электрода сравнения  $E_1$ ;

его величина меньше, чем величина электрода сравнения  $E_1$ ;

его величина равна величине электрода сравнения  $E_1$ ;

его величина равна нулю.

52. При измерении электродных потенциалов равным нулю принимают:

стандартный потенциал водородного электрода;

стандартный потенциал хлорсеребряного электрода;

стандартный потенциал каломельного электрода;

потенциал водородного электрода, независимо от концентрации кислоты в растворе.

53. Стандартным или нормальным электродным потенциалом металла называют разность потенциалов:

между металлом, погружённым в дистиллированную воду и стандартным водородным электродом;

между металлом, погружённым в раствор своей соли и водородным электродом;

между металлом, погружённым в раствор своей соли с активностью ионов  $Men^+$  равной 1 моль/дм<sup>3</sup> и стандартным водородным электродом;

между раствором соли с активностью ионов одноименного металла  $Men^+$  равной 1 моль/дм<sup>3</sup>, и водородным электродом.

54. Редокс-системами называются растворы, содержащие в своём составе:

не менее двух веществ;

любые два вещества, одно из которых может выступать в роли окислителя, а второе – в роли восстановителя;

два вещества, в которых атомы одного и того же элемента находятся в разной степени окисления;

более двух веществ, обладающих окислительно-восстановительной двойственностью.

55. Окисленной формой редокс-системы всегда называется то вещество, в котором:

атомы элемента имеют большую степень окисления;

атомы элемента имеют положительную степень окисления;

атомы элемента имеют отрицательную степень окисления;

атомы элемента имеют меньшую степень окисления.

56. Восстановленной формой редокс-системы всегда называется то вещество, в котором:

атомы элемента имеют большую степень окисления;

атомы элемента имеют положительную степень окисления;

атомы элемента имеют отрицательную степень окисления;

атомы элемента имеют меньшую степень окисления.

57. Переход окисленной формы в восстановленную и наоборот заключается только в обмене между ними электронами для следующих редокс-систем:

$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ;

$\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ ;

$[\text{Fe}^{3+}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}^{2+}(\text{CN})_6]^{4-}$ ;

$\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ ;

58. Переход окисленной формы в восстановленную и наоборот кроме обмена электронами сопровождается участием в этом процессе других частиц для следующих редокс-систем:

$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$  ;

$\text{BrO}^-/\text{Br}^-$ ;

$\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-$ ;

$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ .

59. Металлическая пластинка в редокс-электроде заряжается положительно в случае:

избыточного содержания в растворе восстановленной формы;

избыточного содержания в растворе окисленной формы;

одинакового содержания в растворе восстановленной и окисленной форм;

при содержании окисленной и восстановленной форм в растворе, равном 1 моль/дм<sup>3</sup>.

60. Металлическая пластинка в редокс-электроде заряжается отрицательно в случае:

избыточного содержания в растворе восстановленной формы;

избыточного содержания в растворе окисленной формы;

содержания в растворе восстановленной и окисленной форм;

при содержании окисленной и восстановленной форм в растворе, равном 1 моль/дм<sup>3</sup>.

61. Стандартный или нормальный редокс-потенциал возникает в системе:

при  $t=2980\text{ C}$ ;

при  $T=298\text{ K}$  и активности окисленной и восстановленной форм равной 1 моль/дм<sup>3</sup> ;

при  $T=298\text{ K}$  и любой одинаковой активности окисленной и восстановленной форм в растворе;

при  $t=2980\text{ C}$  и активности окисленной и восстановленной форм в растворе равной 1 моль/дм<sup>3</sup>.

62. В уравнении Нернста-Петерса для расчета величины потенциала редокс-электрода  $n$  – это:

величина заряда окисленной или восстановленной формы;

разность между величинами заряда окисленной и восстановленной форм;

число электронов переходящих от окисленной формы на металлическую пластинку;

число электронов, которые принимает одна молекула или ион окисленной формы, превращаясь в восстановленную форму.



63. Величина редокс-потенциала при  $T=298\text{K}$  может быть рассчитана по уравнению:

$$E = E^0 - ;$$

$$E = E^0 - ;$$

$$E = E^0 + ;$$

$$E = E^0 + .$$

64. Имеются пять окислительно-восстановительных систем:

1)  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ; 2)  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{+}$ ; 3)  $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$ ; 4)  $\text{BrO}^-/\text{Br}^-$ ; 5)  $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ .

Значения их редокс-потенциалов равны, соответственно:

1) 0,771В; 2) 0,16В; 3) 1,36В; 4) 0,76В; 5) 0,153В.

В роли окислителя по отношению к системе  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  могут выступать:

$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{+}$ ;

$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$  ;

$\text{BrO}^-/\text{Br}^-$ ;

$\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ .

65. Имеется пять окислительно – восстановительных систем:

1)  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  ; 2)  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{+}$ ; 3)  $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$  ; 4)  $\text{BrO}^-/\text{Br}^-$ ; 5)  $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ .

Значения их редокс- потенциалов равны соответственно:

1) 0,771В; 2) 0,16В; 3) 1,36В; 4) 0,76В; 5) 0,153В.

В роли восстановителя по отношению к системе  $\text{BrO}^-/\text{Br}^-$  могут выступать:

$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{+}$ ;

$\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$  ;

$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  ;

$\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ .

66. Пластина из инертного металла в редокс-электроде:

выступает в качестве посредника при обмене электронами между окисленной и восстановленной формами;

подвергается окислению за счет химического взаимодействия с компонентами редокс – системы;

подвергается восстановлению за счет химического взаимодействия с компонентами редокс – системы;

заряжается положительно или отрицательно в зависимости от соотношения между окисленной и восстановленной формами.

67. Величина редокс-потенциала зависит от:

природы инертного металла;

формы и размеров металлической пластинки;

природы частиц, образующих редокс-систему;

концентрации компонентов редокс-системы в растворе.

68. Значения  $E^0$  для редокс-электродов:

определяют экспериментально относительно стандартного водородного электрода;

рассчитывают по уравнению Нернста;

определяют экспериментально относительно любого металлического электрода;

рассчитывают по уравнению Петерса.

69. При определении значения  $E^0$  для редокс-электрода:

концентрации или активности окисленной и восстановленной форм в растворе должны быть одинаковыми;

активность других частиц ( $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  и т.д.), принимающих участие в процессе перехода окисленной формы в восстановленную, должна быть равна

активности окисленной или восстановленной форм;

активность других частиц ( $H^+$ ,  $OH^-$  и т.д.), принимающих участие в процессе перехода окисленной формы в восстановленную, должна быть равна 1 моль/дм<sup>3</sup>;

активность воды в растворе должна быть равна 1 моль/дм<sup>3</sup>.

70. Ионметрия основана на измерении

- 1) сопротивления
- 2) проводимости
- 3) электродвижущих сил
- 4) количества электричества

71. Требования, предъявляемые к электроду сравнения

- 1) постоянный потенциал
- 2) механическая прочность
- 3) высокий мембранный потенциал
- 4) высокая восприимчивость к изменению рН

72. Электродный потенциал гальванического элемента равен \_\_\_\_\_

73. В уравнении электродного потенциала, представленного выше,  $IR$ -это

- 1) сопротивление ячейки
- 2) омическое падение напряжения
- 3) силовая постоянная
- 4) скачок потенциала

74. В растворе, содержащем хлорид-ионы, серебряный электрод является электродом \_\_\_\_\_ рода.

75. Метод, основанный на измерении потенциала электрода в анализируемом растворе и после введения известного объема стандартного раствора, называется

- 1) метод градуировочного графика
- 2) метод градуировки электрода
- 3) метод стандартов
- 4) метод добавок

76. При потенциометрическом титровании можно определить отдельно в растворе при совместном присутствии следующие галогенид-ионы

- 1)  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$
- 2)  $Cl^-$ ,  $Br^-$
- 3)  $Br^-$ ,  $I^-$
- 4)  $Cl^-$ ,  $I^-$

77. Сумма энергии теплового движения, внутри- и межмолекулярных взаимодействий, ядерной энергии представляет собой

- 1) внешнюю энергию
- 2) внутреннюю энергию
- 3) энтальпию
- 4) связанную энергию

78. При повышении температуры на  $10^\circ$  по правилу Вант-Гоффа скорость реакции увеличивается в ....- 4 раза.

79. Если в каждой из окислительно- восстановительных пар переносится одинаковое число электронов, то реакцию называют\_\_\_\_\_.

80. В основе кулонометрического метода анализа лежат законы

- 1) Кулона
- 2) Ампера
- 3) Фарадея
- 4) Нернста

81. Масса вещества, выделившегося на электроде в процессе электролиза при протекании единицы количества электричества

- 1) массовый эквивалент
- 2) электрохимическая единица
- 3) эквивалент массы
- 4) электрохимический эквивалент

82. Количество электричества, которое нужно затратить на выделение 1 моля вещества в процессе электролиза называется

- 1) число Фарадея
- 2) электрохимическая единица
- 3) коэффициент Кулона
- 4) единица Кулона

83. Количество электричества, переносимое в 1 секунду при постоянной силе тока в 1 ампер, называется\_\_\_\_\_

84. Электролитическая ячейка, в которой при замыкании цепи со 100%-ным выходом по току протекает электрохимическая реакция известной стехиометрии, называется\_\_\_\_\_

85. Титрант, образующийся в результате электрохимической реакции на электроде, называется

- 1) электролитический титрант
- 2) электрогенерированный кулонометрический титрант
- 3) кулоногенерированный титрант
- 4) титрант электродной генерации

86. Прямая кулонометрия используется для определения

- 1) электрогенерируемых веществ
- 2) электронеактивных веществ
- 3) поляризуемых веществ
- 4) электроактивных веществ

87. Причиной возникновения концентрационной поляризации является

- 1) увеличение количества восстановленного вещества
- 2) обеднение поверхностного слоя электрода электроактивным веществом
- 3) уменьшение перенапряжения на электроде
- 4) высокая плотность тока

88. Гальванический элемент, составленный из кадмиевого катода, погружённого в раствор соли кадмия, и медного катода, погружённого в раствор соли меди – это

89. Уравнение электрохимической ячейки – это

- 1)  $E_{ГЭ} = E_a - E_k + IR$
- 2)  $E_{ГЭ} = E_k - E_a + IR$
- 3)  $E_{ГЭ} = E_a + E_k - IR$
- 4)  $E_{ГЭ} = E_k - E_a - IR$

90. Кондуктометрия основана на измерении

- 1) сопротивления
- 2) удельного сопротивления
- 3) подвижности ионов
- 4) удельной электропроводности

91. В проводниках второго рода перенос электричества осуществляется

- 1) движением электронов
- 2) движением ионов
- 3) движением атомов к катоду или аноду
- 4) движением свободных электронов, не участвующих в образовании связей

92. Уменьшение электрической проводимости в концентрированных растворах происходит за счёт

- 1) увеличения сил межйонного взаимодействия
- 2) образования пересыщенного раствора
- 3) увеличения давления на стенки сосуда
- 4) уменьшения скорости движения электронов

97. Проводимость раствора, содержащего 1 моль эквивалента вещества и находящимися между двумя параллельными электродами, расстояние между которыми 1 см, называется

- 1) молярной проводимостью

- 2) удельной проводимостью
- 3) эквивалентной проводимостью
- 4) предельная проводимость

98. Торможение движения иона под действием электрического поля называется \_\_\_\_\_ торможением.

99. Существенно большей подвижностью по сравнению с большинством ионов обладает ион

- 1) аммония
- 2) водорода
- 3) калия
- 4) серебра

100. Для кондуктометрического титрования пригодны реакции

- 1) окислительно-восстановительные и кислотно-основные
- 2) осадительные или комплексообразования
- 3) кислотно-основные или осадительные
- 4) комплексообразования или окислительно-восстановительные

### **Для промежуточной аттестации:**

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1

1. Схема электрохимического аппарата: корпус, электроды, диафрагма
2. Источники электрической энергии, электрохимические приборы.
3. Запишите суммарную, анодную, катодную реакции, происходящие в высокотемпературном топливном элементе с оксидным электролитом, топливом для которого является метан.

Билет 2

1. Дать определение выхода по току и предложить пути его увеличения.
2. Рассчитать количество полученного циркония при электролизе расплавов.
3. Предложить схему переработки “хвостов” золотодобывающих предприятий.

### **Вопросы для экзамена**

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту.
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений.
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ.
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода для электрохимических измерений (ЭИ).
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Луггина.

6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика.
7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода.
8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия.
9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при  $I = \text{const}$ . Возможные варианты.
10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в перемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты.
11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста.
12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля.
13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля.
14. Ток обмена ( $i_0$ ) и коэффициент переноса ( $\alpha$ ) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций.
15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов.
16. Метод хроновольтамперометрии.
17. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Шевчика.
18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных
19. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение метода в электроаналитических измерениях.
20. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Определение коэффициента диффузии электроактивного вещества. Метод Хитчмана-Олбери.
21. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов.
22. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики электродного процесса.
23. Каким образом методом ВДЭ можно одновременно определить скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций?
24. Метод ВДЭ с кольцом.
25. Стационарные методы исследования в электрохимии.
26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела.
27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности.
28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова.
29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод).
30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы.
31. Импеданс Варбурга.

32. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных.
33. Основные принципы исследования механизма сложных электрохимических превращений.