

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

физической химии

Козадеров О.А.

01.07.2024

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.10 Электрохимические технологии

1. Код и наименование направления подготовки: 04.03.01 Химия
2. Профиль подготовки: без профиля
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:  
Кафедра физической химии
6. Составители программы: Соцкая Надежда Васильевна, к.х.н., доцент
7. Рекомендована: научно - методическим Советом химического факультета от 11.04.2024 протокол № 10-04
8. Учебный год: 2026-2027                      Семестр: 5

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целью освоения учебной дисциплины являются* Обучение теоретическим основам электрохимических процессов, применяемых в современных технологиях получения и обработки металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ

*Задачи учебной дисциплины:*

Овладение принципами использования электрохимических явлений в современных технологиях, ознакомление с особенностями типичных электрохимических производств, основными элементами электрохимических систем, и принципами интенсификации электрохимических процессов

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений часть блока Б1

Для освоения этой части цикла студент должен иметь базовые знания фундаментальных разделов физики и химии, (прежде всего физической, неорганической, аналитической, органической, химии высокомолекулярных соединений, химической технологии); уметь применять основные законы химии и физики при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен проектировать и осуществлять направленный синтез химических соединений с полезными свойствами под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-3.1	Способен проектировать направленный синтез химических соединений с заданным набором свойств в рамках поставленной задачи	Знать теоретические основы электрохимических процессов, применяемых в современных технологиях получения и обработки металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ Способен провести синтез химических соединений с использованием электрохимических технологий под руководством специалиста более высокой квалификации
		ПК-3.2	Способен осуществлять направленный синтез химических соединений по заданию специалиста более высокой квалификации	
ПК-4	Способен выбирать технические средства и методы испытаний объектов	ПК-4.1	Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана технологической	Владеть навыками планирования отдельных стадий исследования при наличии общего плана работы, подготовки элементов документации, проектов планов

неорганической и органической химии для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации		деятельности	и программ отдельных этапов работы, подготовки объектов исследования к испытаниям, выбора технических средств и методов испытаний из имеющихся в наборе.
	ПК-4.2	Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов технологической задачи	
	ПК-4.3	Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных технологических задач	
	ПК-4.4	Готовит объекты исследования	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		5	
Аудиторные занятия, в том числе:	126	126	
лекции	36	36	
практические	54	54	
лабораторные	36	36	
Самостоятельная работа	18	18	
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой			
Итого:	144	144	

#### 13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Основные аспекты электрохимической инженерии. Классификация электрохимических производств. Современные тенденции развития. Электродные материалы. Электроды на основе углеродсодержащих материалов. Металлические электроды. Электроды на основе оксидов металлов. Композиционные	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>

		электроды. Диафрагмы и мембраны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем Основные пути интенсификации электрохимических процессов	
1.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Кинетика реакций при электроосаждении металлов. Кинетика разряда в присутствии поверхностно-активных веществ. Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов. Электроосаждение цинка, никеля, хрома и их сплавов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
1.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Теоретические основы электрохимической обработки поверхности металлов. Электрохимическая размерная обработка металлов. Электролитическое травление и полирование. Конверсионные покрытия. Оксидные покрытия металлов. Фосфатные покрытия	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
1.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Кинетические аспекты электрохимических реакций. Перенос вещества. Теоретические основы процессов электрохимического получения некоторых продуктов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
1.5	Электрохимический синтез органических соединений	Теоретические основы органической электрохимии. Важнейшие процессы органического электросинтеза. Основные окислительные реакции и образуемые продукты. Реакции восстановления.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Принципиальные схемы установок для проведения электролиза и измерения потенциалов. Подготовка поверхности перед нанесением покрытий. Выбор площади покрываемой поверхности и формы образцов в работах по электроосаждению металлов. Распределение тока на электродах. Рассеивающая, выравнивающая и микрорассеивающая способность электролитов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
2.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Электрохимическое осаждение никеля и его сплавов. Электрохимическое осаждение меди и её сплавов. Электрохимическое цинкование. Химическое осаждение никеля и меди. Химическая и электрохимическая металлизация диэлектриков.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
2.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Электрохимическая размерная обработка металлов. Электрохимическое полирование металлов. Анодное оксидирование алюминия. Нанопористые оксидные пленки на основе алюминия и титана.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
2.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Электрохимическое получение хлора и щелочи. Электрохимическое получение пероксида водорода. Электролиз воды.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
2.5	Электрохимический синтез органических соединений	Катодное восстановление органических соединений (нитросоединения, гидрирование непредельных углеводородов). Анодное окисление органических соединений (окисление алифатических спиртов)	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Электрохимические системы в синтезе	Рассеивающая способность электролитов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>

	химических продуктов		d=9904
3.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Электрохимическое никелирование Автокаталитическое осаждение никель-фосфорных сплавов Электрохимическое цинкование	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
3.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Анодное оксидирование алюминия Электрохимическое полирование металлов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
3.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Электролиз воды	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>
3.5	Электрохимический синтез органических соединений	Анодное окисление аминокислот	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	4	10	4	4	22
2.	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	8	12	8	4	32
3.	Электрохимическая обработка поверхности металлов	8	10	8	4	30
4.	Электролиз водных растворов без выделения металлов	10	12	8	4	34
5.	Электрохимический синтез органических соединений	6	10	8	2	26
Итого:		36	54	36	18	144

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Подготовка к практическим занятиям. Составление конспектов. Выполнение домашних заданий. Подготовка к промежуточной аттестации.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.»

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Козадеров О.А. Современные химические источники тока : учебное пособие / О.А. Козадеров, А.В. Введенский .— Изд. 2-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2017 .— 130 с.
2.	Плит В. Электрохимия в материаловедении: [учебное пособие] / В. Плит ; пер. с англ. О.Д. Чаркина, Л.А. Фишгойт, А.А. Митрофанова.— Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015 .— 446 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
4.	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М.: БИНОМ, 2006. – 309 с.
5.	Гамбург Ю.Д. Теория и практика электроосаждения металлов / Ю.Д. Гамбург, Дж.Зангари - М. : БИНОМ, 2016. - 438 с.
6.	Поветкин В.В. Структура и свойства электролитических сплавов / В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. – М.: Наука, 1992. – 255 с.
7.	Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
8.	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. – М. : Химия, 2000. – 672 с.
9.	Минько Н.И. Методы получения и свойства нанобъектов / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – М.: Флинта : Наука, 2009. – 168 с.
10.	Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 456 с.
11.	Прикладная электрохимия / под ред. А.П. Томилова. – М.: Химия, 1984. – 520 с.
12.	Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии. / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 423 с.
13.	Электрохимия /Ф.Миомандр и др. – М.: Техносфера, 2008. – 359 с.
14.	Барабошкин А.Н. Электрокристаллизация из расплавленных солей /А.Н. Барабошкин. – М.:Наука, 1976. – 279 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
15.	Зональная Научная Библиотека ВГУ <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>
16.	Ковенский И.М. Металловедение покрытий / И.М. Ковенский, В.В. Поветкин. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 296 с. <a href="http://www.galvanicrus.ru/lit/books.php">http:// www.galvanicrus.ru /lit /books.php</a>
17.	Григорян Н.С. Фосфатирование. / Н.С. Григорян, Е.Ф. Акимова, Т.А. Ваграмян. – М.: Глобус, 2008. – 144 с. <a href="http://www.galvanicrus.ru/lit/books.php">http:// www.galvanicrus.ru /lit /books.php</a>
18.	Интернет портал для химиков <a href="http://www.chemweb.com">http://www.chemweb.com</a>
19.	Интернет-ресурсы - библиотека <a href="http://www.twirpx.com">http://www.twirpx.com</a>
20.	Портал научно-технической информации ЭБ Нефть и Газ 2007 <a href="http://www.nqlib.ru">www.nqlib.ru</a>
21.	Интернет портал образовательных ресурсов <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
22.	УЭМК «Электрохимические технологии 3 к» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Теоретические основы электрохимических технологий Раздел 1. Основы электрохимии : учебно-методическое пособие для вузов / сост. : О.В. Долгих, Н.В. Соцкая, С.Н. Грушевская .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013 .— 38 с. — <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-149.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-149.pdf</a> >.
2	Физикохимия процессов фазообразования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост.: С.Н. Грушевская, Н.В. Соцкая. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 96 с.
3	Сборник вопросов и задач по прикладной электрохимии : учебно-методическое пособие / составители: Е. В. Бобринская, Н. В. Соцкая, О. А. Козадеров .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— 79 с.

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

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебники, учебные пособия, задачки, мульти-медиа техника. Установки для измерения электропроводности; учебный комплекс «Химия»; иономеры, термостаты, потенциостаты, электроды, электрохимические ячейки, мультимедийное оборудование.

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	ПК-3	ПК-3.1, ПК-3.2	Практическое задание
2.	Электролитическое осаждение металлов и	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1-ПК 4.4	Контрольная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	сплавов			
3.	Электрохимическая обработка поверхности металлов	ПК-3, ПК-4	ПК-3.2, ПК-4.1-ПК 4.4	Практическое задание
4.	Электролиз водных растворов без выделения металлов	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1-ПК 4.4	Контрольная работа
5.	Электрохимический синтез органических соединений	ПК-3, ПК-4	ПК-3.2, ПК-4.1-ПК 4.4	Практическое задание
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### 20.1.1 Перечень практических заданий

01. Чем отличается поляризуемость от поляризации и на какие свойства электрохимических покрытий оказывает влияние каждая из этих величин?
02. С какой целью в электролит для нанесения электрохимического покрытия вводится электропроводящая добавка? Приведите примеры.
03. Какое влияние на качество покрытия оказывает расстояние между катодом и анодом, а также внутренние размеры гальванической ванны?
04. Какой из параметров при нанесении электрохимического покрытия является более важным: выход по току металла или рассеивающая способность электролита?
05. Как влияет на рассеивающую способность характер зависимости между катодной плотностью тока и выходом по току металла? Что лучше: если с ростом плотности тока выход по току увеличивается или, наоборот, уменьшается? Ответ мотивируйте.
06. Какие факторы влияют на рассеивающую способность электролита? Какую роль при этом играет тип электролита (простой, комплексный)?
07. Из каких предпосылок исходят при выборе толщины защитного или защитно-декоративного покрытия?
08. Известно, что одна из возможностей увеличить скорость нанесения электрохимического покрытия связана с повышением концентрации разряжающихся ионов, однако, это ухудшает экологические показатели технологии. Назовите другие способы интенсификации процесса.
09. Проанализируйте преимущества и недостатки наиболее известных электролитов цинкования. Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура). В каких случаях применяют те или иные электролиты для нанесения защитных цинковых покрытий?
10. Почему защитные свойства цинкового покрытия в процессе эксплуатации улучшаются и каков механизм этого явления?
11. Может ли быть цинковое покрытие защитно-декоративным? Ответ поясните.
12. Назовите наиболее простой способ удаления примесей железа и никеля из сульфатного электролита цинкования.



13. Каким наиболее доступным способом можно привести ванну цинкования в рабочее состояние, если концентрация цинка в электролите достигла верхнего допустимого предела?
14. Почему при расчете продолжительности нанесения покрытия в колокольной и особенно в барабанной гальванической ванне следует исходить из значения катодной плотности тока более низкого, чем рекомендованное для стационарной ванны?
15. Проведите сравнительный анализ свойств электролитов меднения. Каково их назначение и особенности? Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура).
16. Почему при погружении стальной пластины в дифосфатный электролит меднения не наблюдается процесс цементации меди, характерный для сульфатного электролита меднения? Поясните механизм этого явления.
17. Какая взаимосвязь между концентрациями сульфата меди и серной кислоты в сульфатном электролите меднения?
18. Какие осложнения могут возникнуть при работе дифосфатной ванны меднения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?
19. Какое значение имеют ПАВ в сульфатных электролитах цинкования, меднения и др.? Каков механизм влияния ПАВ на качество покрытий?
20. При электроосаждении из сульфатного электролита меднения или цинкования образуются значительно более крупнокристаллические осадки, чем из сульфатного электролита никелирования. Объясните причину этого явления. Почему в последнем случае рассеивающая способность электролита наилучшая?
21. Почему защитные свойства двойного и тройного никелевого покрытия при той же толщине заметно выше, чем однослойного покрытия никелем? Каковы технологические особенности получения каждого из названных видов покрытия?
22. Опишите механизм и условия перехода никелевого анода в пассивное состояние при работе сульфатной никелевой ванны. Каковы пути повышения плотности тока пассивации никеля?
23. Выход по току водорода при цинковании и никелировании из сульфатных электролитов приблизительно одинаков. Между тем для никелевого покрытия характерна питтинговая пористость, которую связывают с катодным водородом, а на цинковых покрытиях питтинг не наблюдается. Объясните причины питтингообразования при никелировании и меры борьбы с ним.
24. Каковы пути интенсификации процесса никелирования? Почему при повышении катодной плотности тока при никелировании следует снижать pH сульфатного электролита?
25. Почему при никелировании нельзя прерывать электролиз и тем более даже кратковременно извлекать подвеску с деталями из гальванической ванны?
26. В каком случае требования к пористости покрытия более жесткие: при цинковании или при никелировании и почему?
27. В чем заключаются наиболее характерные отличия в технологии электроосаждения металла в гальванопластике по сравнению с гальваностегией?
28. Чем отличается состав и концентрация электролита, а также режим электролиза, применяемые в гальванопластике для получения первичного покрытия (затяжки), от условий нанесения толстослойного металлического осадка?
29. Каковы требования к качеству сцепления электроосажденного металла с основой в гальванопластике по сравнению с гальваностегией? Какие меры предпринимают для обеспечения этих требований?
30. Какие условия способствуют совместному разряду металлов с различными стандартными электродными потенциалами с образованием компактного покрытия сплавом?
31. Каким образом при электроосаждении сплавов решается проблема анодов? Приведите примеры.
32. Поясните, можно ли использовать электролит, содержащий сульфаты меди и цинка для электроосаждения латуни.

33. Сравните качество покрытий и параметры технологических процессов химического и электрохимического никелирования, в том числе с позиций учета экологической характеристики технологии.
34. Исходя из каких предпосылок выбирают электролит меднения для печатных плат?
35. Каковы назначение и механизм процессов сенсибилизации и активации поверхности при химической металлизации?
36. В чем особенность и каков механизм травления меди при производстве печатных плат?
37. Что обеспечивает высокую степень локализации анодного растворения при размерной обработке металла? Какую роль при этом играет рассеивающая способность электролита?
38. Какое влияние на качество анодной электрохимической обработки металла оказывает рН электролита?
39. В чем особенности анодного поведения сплавов с точки зрения эффективности размерной электрохимической обработки?
40. Как влияет концентрация ортофосфорной кислоты и перемешивание электролита на процесс электрополирования меди и ее сплавов? Дайте теоретическую интерпретацию механизма электрополирования.
41. Какие процессы протекают при анодном окислении алюминия в серной и ортофосфорной кислоте? Каков механизм образования толстослойной оксидной пленки?
42. Каким образом можно получить оксидные покрытия на алюминии с заданными свойствами?
43. Как и почему изменяется состав электролита окисления алюминия в процессе его эксплуатации?
44. Какие существуют методы уплотнения и окрашивания оксидных пленок на поверхности алюминия?
45. Какие преимущества дает метод электроосаждения металла из неводного электролита? Приведите примеры.
46. Какой апротонный растворитель для приготовления электролита алюминирования можно считать предпочтительным? Почему? Какие требования к нему предъявляются?
47. В чем сущность и каково назначение хроматирования и фосфатирования покрытий? Для каких поверхностей применяют эти процессы? Их отличительные особенности.

### 20.1.2. Контрольная работа № 1

#### БИЛЕТ № 1

1. Проведите сравнительный анализ свойств электролитов меднения (сульфатные и дифосфатные). Каково их назначение и особенности? Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура).
2. Какая взаимосвязь между концентрациями сульфата меди и серной кислоты в сульфатном электролите меднения? Каким фактором ограничен верхний предел концентрации кислоты?
3. Почему при погружении стальной пластины в дифосфатный электролит меднения не наблюдается процесс цементации меди, характерный для сульфатного электролита меднения? Поясните механизм этого явления.
4. В дифосфатный электролит меднения вводят ион  $\text{NO}_3^-$ . При этом выход по току меди с увеличением плотности тока снижается. Объясните, за счет каких побочных реакций это происходит. А какой положительный эффект наблюдается при этом?
5. Какие осложнения могут возникнуть при работе дифосфатной ванны меднения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?

6. Для гальванического меднения деталей в сернокислом электролите использован ток переменной полярности с длительностью катодного импульса  $\tau_k = 8$  с и анодного периода  $\tau_a = 2$  с; плотность тока катодного периода  $i_k = 10$  А/дм<sup>2</sup>, плотность тока анодного периода  $i_a = 5$  А/дм<sup>2</sup>, Выход по фактическому катодному току для меди составил 99%. Какова необходимая продолжительность процесса меднения при толщине медного покрытия 20 мкм?

### Контрольная работа № 2

#### БИЛЕТ № 1

1. Написать электрохимические реакции, которые могут протекать на электродах и в объеме электролита в процессе синтеза гипохлорита натрия.
2. Дать обоснование выбора оптимальных условий электролиза
3. Сформулировать требования к электродам и обосновать их выбор для данного процесса
4. Сформулировать требования к составу электролита. Объяснить назначение компонентов (основные, буферные, электропроводящие и специальные добавки).

о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценка за зачет/экзамен может быть выставлена по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах устного опроса (фронтальная беседа) и письменных работ (выполнение практико-ориентированных заданий и две контрольные работы).

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано знание фундаментальных основ строения и симметрии молекул, умение использовать законы квантовой механики к описанию электронного строения молекулярных систем различной сложности, владение основными навыками интерпретации выводов квантово-механического описания строения химических систем, раскрытия связей между их электронным строением и физическими свойствами, реакционной способностью.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует	–	<i>Неудовлетворительно</i>

перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теории, допускает грубые ошибки при трактовке практических задач		<i>тельно</i>
--	--	---------------

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### 20.2.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Классификация электрохимических производств. Преимущества и недостатки электрохимических производств.
2. Основные элементы электрохимической системы. Катоды. Аноды. Диафрагма.
3. Гальваностегия. Гальванопластика.
4. Структура гальванических осадков. Влияние различных факторов на качество покрытия.
5. Рассеивающая способность электролита.
6. Подготовка поверхности перед покрытием. Механический способ. Химические и электрохимические способы подготовки поверхности.
7. Оборудование гальванических цехов. Контроль качества гальванических покрытий.
8. Цинкование. Применение цинковых покрытий.
9. Гальванопластика. Технология гальванопластического метода.
10. Влияние различных факторов на процесс оксидирования металлов.
11. Гальваническое осаждение сплавов.
12. Хромирование. Пористое и беспористое хромовое покрытие. Электролиты хромирования.
13. Меднение. Электролиты меднения.
14. Сравнительная характеристика методов гидроэлектрометаллургии.
15. Электролитическое рафинирование меди. Сырье. Подготовка руды. Электродные процессы. Устройство ванн и электродов.. Электроэкстракция меди.
16. Электролитическое рафинирование никеля. Трудности рафинирования. Электродные процессы. Технологическая схема процесса.
17. Технологическая схема производства цинка. Электродные процессы. Влияние примесей.
18. Методы порошковой металлургии. Свойства медных порошков. Технология получения медных порошков.
19. Особенности процесса электролиза расплавленных сред.
20. Технологическая схема производства алюминия.
21. Получение металлического натрия из расплава едкого натра.
22. Получение металлического натрия из расплава хлористого натрия.
23. Производство водорода и кислорода. Электродные процессы. Принципиальная схема электролизера.
24. Производство перекиси водорода. Электродные процессы. Технология получения.
25. Получение хлора, щелочи и водорода диафрагменным методом. Электродные процессы. Теория процесса электролиза.
26. Технология получения хлора, щелочи и водорода диафрагменным методом. Принципиальная схема электролизера.
27. Производство хлора, щелочи и водорода электролизом с жидким ртутным катодом. Электродные процессы.
28. Конструкция аппаратов для электролиза хлора, щелочи и водорода ртутным методом.
29. Получение хлора, щелочи и водорода мембранным методом. Электродные процессы. Теория процесса электролиза.
30. Технология получения хлора, щелочи и водорода мембранным методом. Принципиальная схема электролизера.
31. Электросинтез неорганических соединений. Получение гипохлорита натрия.
32. Электросинтез неорганических соединений. Получение хлоратов.
33. Электросинтез неорганических соединений. Получение перхлоратов и хлорной кислоты.
34. Электросинтез неорганических соединений. Получение перманганата калия.
35. Электросинтез органических соединений. Получение йодаформа.
36. Электросинтез органических соединений. Электрохимическое окисление алифатических спиртов в карбоновые кислоты

Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше. При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценка за зачет/экзамен может быть выставлена по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

### **20.2.2 Перечень заданий для проверки сформированности компетенций:**

**ПК-1 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию химической продукции**

1. При осуществлении контроля качества исходного сырья в электрохимических ректорах необходимо сформулировать требования к составу электролита: потенциал окисления исходных веществ должен быть:
  - *положительнее по сравнению с потенциалом окисления молекул растворителя и отрицательнее по сравнению с потенциалом восстановления молекул растворителя;*
  - ***отрицательнее по сравнению с потенциалом окисления молекул растворителя и положительнее по сравнению с потенциалом восстановления молекул растворителя;***
  - *положительнее по сравнению с потенциалами окисления и восстановления молекул растворителя;*
  - *отрицательнее по сравнению с потенциалами окисления и восстановления молекул растворителя*
2. При осуществлении контроля качества исходного сырья в электрохимических ректорах необходимо сформулировать требования к фоновому электролиту:
  - ***не должен участвовать в реакциях на электродах и в объеме электролита, обладать высокой электропроводностью;***
  - *не должен участвовать в реакциях в объеме электролита, обладать высокой электропроводностью;*
  - *должен участвовать в реакциях на электродах и в объеме электролита, обладать высокой электропроводностью;*
  - *не должен участвовать в реакциях на электродах и в объеме электролита, обладать низкой электропроводностью*
3. Для получения качественных продуктов методом электролиза в промышленности используют диафрагменные электролизёры. Основное назначение диафрагмы .....

**Ответ: (разделение жидких и газообразных продуктов, образующихся на катоде и аноде; разделение продуктов, образующихся на катоде и аноде; разделение продуктов электролиза; разделение катодного и анодного пространства; разделение катодных и анодных камер)**

4. Для получения чистых веществ на аноде электролит не должен содержать примесей потенциал разряда которых ..... (**меньше** или **отрицательнее**) по сравнению с потенциалом окисления исходного вещества (субстрата).

5. Для подготовки отчета по технологии электрохимического осаждения кадмия необходимы следующие сведения. Стандартный электродный потенциал кадмия в водном растворе соли кадмия (II) равен  $-0,28$  В.

На основе этой информации сделайте заключение, что кадмиевый электрод в растворе  $\text{CoCl}_2$  является электродом

- первого рода**
- второго рода**
- газовым**
- окислительно-восстановительным**
- ионселективным,**

потенциалопределяющая реакция описывается уравнением

- $\text{Co}^{2+} + 2e^- = \text{Co}$**
- $\text{Co}^{2+} - e^- \rightarrow \text{Co}^{3+}$
- $\text{Co}^{3+} + 3e^- = \text{Co},$

а значение электродного потенциала при 298 К, рассчитанное по уравнению Нернста

- $E = -0.28 + (2,3RT/2F) \cdot \lg a(\text{Co}^{2+})$**
- $E = 1.81 + (2,3RT/F) \cdot \lg [a(\text{Co}^{3+})/a(\text{Co}^{2+})]$
- $E = -0.33 + (2,3RT/3F) \cdot \lg a(\text{Co}^{3+})$

в 0,01 М электролите равно (округлить до второго знака)

- $E = -0.34$  В**
- $E = -0.25$  В
- $E = -0.28$  В

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

**ПК-2 Способен выбирать технические средства и методы испытаний объектов неорганической и органической химии для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой**

1.Целевая реакция, которая должна протекать на катоде – реакция выделения водорода.

Какой материал электрода следует выбрать:

- С высоким перенапряжением выделения водорода**
- С низким перенапряжением выделения водорода**
- Не имеет значения**

2. Целевая реакция на катоде протекает с побочной реакцией выделения водорода.

Какой материал электрода следует выбрать:

- **С высоким перенапряжением выделения водорода**
- С низким перенапряжением выделения водорода
- Не имеет значения

3. В процессе осаждения медных покрытий используются растворимые аноды. В этом случае необходимо в качестве материала для анода используется ..... **медь**

4. Процесс электроосаждения никеля протекает с параллельной реакцией выделения водорода, скорость которой зависит от pH электролита. Какие добавки нужно ввести в электролит для поддержания выбранного pH электролита..... **(буферные добавки)**

5. Для планирования отдельных стадий получения чистого никеля гидроэлектрометаллургическим методом (электрорафинирование) необходимо выбрать, какие можно использовать электролиты:

- **водные растворы солей никеля**
- **расплавы солей никеля.**

необходимо учитывать, что электролит в ходе электролиза загрязняется ионами  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Ag^+$ . Концентрации этих ионов примите равными. Наибольший стандартный электродный потенциал имеет серебряный электрод, наименьший – цинковый.

Предположите, какой металл в первую очередь будет выделяться на катоде :

- Fe
- Cu
- Zn
- **Ag.**

Кроме того, надо учитывать, что на катоде вместе с никелем может выделяться

- **водород**
- кислород

Для расчета массы выделившегося никеля следует использовать закон

- **Фарадея**
- Кулона
- Дебая-Хюккеля
- Нернста

согласно которому масса никеля, выделившегося за 0,2 ч при силе тока 1 А и выходе по току 75%, будет равна (округлить второго знака)

- 0,16 г
- 0,20 г
- **0,22 г**
- 0,23 г