

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

физической химии



Козадеров О.А.

10.04.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.10 Электрохимические технологии

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 04.03.01 Химия
- 2. Профиль подготовки:** Химия
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** 1004 физической химии
- 6. Составители программы:** Соцкая Надежда Васильевна, к.х.н., доцент
- 7. Рекомендована:** НМС химического факультета от 27.03.2025, протокол №10-03
- 8. Учебный год:** 2027-2028

Семестр: 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины является формирование компетенций в области теоретических основ электрохимических и химических процессов, и для эффективного применения полученных знаний, умений, навыков в современных электрохимических технологиях получения и обработки металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать представления о теоретических основах электрохимических и химических процессов, применяемых в современных технологиях;
- ознакомиться с классификацией электрохимических производств, современными тенденциями их развития;
- рассмотреть основные элементы электрохимических систем, электрохимические установки, диафрагмы и мембранны, типы электролитов и их свойства;
- ознакомиться с электродными материалами разного типа: металлические, на основе углеродсодержащих материалов, на основе оксидов металлов, композиционные электроды;
- рассмотреть типовые процессы, используемые в электрохимических технологиях и основные пути их интенсификации;
- ознакомиться с критериями контроля качества, влияющими на выход продукта (рН, температура, плотность тока).
- развить навыки практического применения теоретических знаний в лабораторных условиях и реальных производственных ситуациях.

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 и неорганической химии); 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	<p>Знать: теоретические основы электрохимических процессов, применяемых в современных технологиях получения и обработки металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ</p> <p>Уметь: выбирать метод синтеза, рассчитывать параметры и режимы его проведения, использовать теоретическое моделирование для прогноза свойств продуктов.</p> <p>Владеть: навыками проведения электрохимического синтеза в лабораторных условиях, методами исследования свойств полученных материалов (электрохимические методы, микроскопия), опытом оптимизации процессов для достижения заданных свойств.</p>

		ПК-3.2	Способен осуществлять направленный синтез химических соединений по заданию специалиста более высокой квалификации	<p>Знать: основные элементы электрохимических систем, электрохимические установки, типы электролитов и их свойства. Стандартные методики получения гальванических покрытий, электрографирования, электролиза. Критерии контроля качества: параметры, влияющие на выход продукта (рН, температура, плотность тока).</p> <p>Уметь: Выполнять синтез по инструкции: подготавливать установки (ячейки, электроды, источники тока). Поддерживать заданные параметры процесса. Контролировать ход реакции: регистрировать показания приборов (амперметры, потенциостаты). Отбирать пробы для анализа. Обрабатывать результаты: рассчитывать выход продукта по формуле. Фиксировать данные в лабораторном журнале.</p> <p>Владеть: Техникой лабораторных работ: навыками сборки электрохимических ячеек, методами очистки электродов и подготовки поверхностей, навыками работы с потенциостатами, источниками тока, навыками ведения протоколов с чёткой фиксацией параметров и наблюдений.</p>
ПК-4	Способен выбирать технические средства и методы испытаний объектов неорганической и органической химии для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-4.1	Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана технологической деятельности	<p>Знать: фундаментальные законы электрохимии, кинетику электродных процессов, методы исследования (вольтамперометрия, потенциостатические измерения, протоколы контроля качества для электрохимических систем, технологические аспекты синтеза: классификацию промышленных установок (электролизёры, гальванические ванны), требования к материалам (электроды, мембранны) .</p> <p>Уметь: разрабатывать этапы исследований, составлять алгоритмы для конкретных задач: оптимизация состава электролита; расчет параметров процессов (плотность тока, выход по току), интерпретировать результаты экспериментов, адаптировать планы под изменения: корректировать стадии при отклонениях предлагать альтернативные методы .</p> <p>Владеть: навыками работы с оборудованием: потенциостат-гальваностат, вращающийся дисковый электрод, методами подготовки электродов перед экспериментом.</p>

		ПК-4.2	Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов выполнения технологической задачи	Знать: цели и задачи проводимых исследований и разработок; нормативную базу для подготовки элементов документации, проектов планов и программ отдельных этапов выполнения технологической задачи. Уметь: подготовить элементы документации отдельных этапов конкретной технологической задачи. Владеть: навыками подготовки отдельных элементов технической документации, планов и программ отдельных этапов работ
		ПК-4.3	Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных технологических задач	Знать: характеристики оборудования, ограничения методов, критерии соответствия задачам, принципы совместимости, ограничения материалов . Уметь: Сопоставлять задачи и методы, адаптировать методики для решения технологических задач. Владеть: навыками комбинирования методами и техническими средствами из набора имеющихся, ПО для прогноза результатов при ограниченном наборе оборудования.
		ПК-4.4	Готовит объекты исследования	Знать: требования к объектам исследований: стандарты чистоты материалов; критерии подготовки поверхностей ; методы обработки материалов. Уметь: выполнять комплексную подготовку объектов (обезжиривание, травление, промывка); контролировать параметры на всех стадиях (определение pH, концентрации). Владеть: оборудованием для подготовки, методами контроля качества.

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

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		5 семестр	
Аудиторные занятия	126	126	
в том числе:	лекции	36	36
	практические	54	54
	лабораторные	36	36
Самостоятельная работа	18	18	
в том числе: курсовая работа (проект)			
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
1. Лекции			
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 электроды. Диафрагмы и мембранны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем Основные пути интенсификации электрохимических процессов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
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	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
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	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
1.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Кинетические аспекты электрохимических реакций. Перенос вещества. Теоретические основы процессов электрохимического получения некоторых продуктов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
1.5	Электрохимический синтез органических соединений	Теоретические основы органической электрохимии. Важнейшие процессы органического электросинтеза. Основные окислительные реакции и образуемые продукты. Реакции восстановления.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2. Практические занятия			
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. Рассевающая, выравнивающая и микрорассевающая способность электролитов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Электрохимическое осаждение никеля и его сплавов. Электрохимическое осаждение меди и её сплавов. Электрохимическое цинкование. Химическое оса-	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904

		ждение никеля и меди. Химическая и электрохимическая металлизация диэлектриков.	d=9904
2.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Электрохимическая размерная обработка металлов. Электрохимическое полирование металлов. Анодное оксидирование алюминия. Нанопористые оксидные пленки на основе алюминия и титана.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Электрохимическое получение хлора и щелочи. Электрохимическое получение пероксида водорода. Электролиз воды.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2.5	Электрохимический синтез органических соединений	Катодное восстановление органических соединений (нитросоединения, гидрирование непредельных углеводородов). Анодное окисление органических соединений (окисление алифатических спиртов)	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
3. Лабораторные занятия			
3.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Рассеивающая способность электролитов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
3.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Электрохимическое никелирование Автокаталитическое осаждение никель-фосфорных сплавов Электрохимическое цинкование	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
3.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Анодное оксидирование алюминия Электрохимическое полирование металлов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
3.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Электролиз воды	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
3.5	Электрохимический синтез органических соединений	Анодное окисление аминокарбоновых кислот	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
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

Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса, самостоятельно прорабатывая его с использованием рекомендованной учебной литературы и учебно-методических пособий (п. 15). Практические и лабораторные занятия проводятся с целью:

1. Проработки теоретических основ изучаемых процессов и оборудования.
2. Обучения основным приемам проведения расчетов характеристик процессов и оборудования.
3. Выполнения практической части работы.
4. Обработки полученных результатов и выбора оптимальных условий функционирования конкретных процессов и оборудования.

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов (ПК-3 и ПК-4). Она включает регулярные отчеты по лабораторным работам, выполнение тестовых и иных заданий к лекциям. При подготовке к текущей аттестации студенты изучают рекомендованную преподавателем литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат и закрепляют теоретические знания. Планирование и организация текущих аттестации знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно- тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине предоставляется на бумажном или электронном носителе, допускается присутствие ассистентов и сурдопереводчиков на занятиях. Промежуточная аттестация для таких студентов проводится в письменной форме с общими критериями оценивания; при необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации с использованием программ-синтезаторов речи, а также использование звукозаписывающих устройств на лекциях. На занятиях также может присутствовать ассистент. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование; время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата могут проходить часть занятий дистанционно. Промежуточная аттестация для них проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

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. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-2121-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212777 (дата обращения: 13.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Гуров, А.А. Растворы. Электрохимические явления и процессы : учеб.-метод. пособие /

	<i>П.В. Слитиков; А.А. Гуров .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021 .— 86 с. — ISBN 978-5-7038-5600-0 .— URL: https://rucont.ru/efd/808394 (дата обращения: 07.05.2025)</i>
3.	<i>Глит В. Электрохимия в материаловедении: [учебное пособие] / В. Глит ; пер. с англ. О.Д. Чаркина, Л.А. Фишгойт, А.А. Митрофанова.— Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015 .— 446 с.</i>

б) дополнительная литература:

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

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	<i>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:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-149.pdf>.</i>
2	<i>Физикохимия процессов фазообразования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост.: С.Н. Грушевская, Н.В. Соцкая. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 96 с.</i>
3	<i>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.</i>

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 применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная (лекционная) аудитория: Типовое оборудование учебной аудитории, Microsoft Windows WinSvrStd 2012 RUS OLP NL Acdmc 2 Proc, Учебная мебель, проектор Epson, экран для проектора
Учебная аудитория (лаборатория): Специализированная мебель, шкаф вытяжной, лабораторные приборы, оборудование, посуда; учебнолабораторный комплекс «УЛК-1» «Электрохимия» - 2 шт.; иономер ЭВ-74 - 2 шт; мультиметр ИПЛ-1 - 2 шт; вольтметр универсальный В7-21; потенциостат IPC- 2 шт., источник питания БП-50
Помещение для самостоятельной работы обучающихся, компьютерный класс: специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome

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 сплавов	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1-ПК 4.4	Контрольная работа
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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой			Перечень вопросов	

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

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 (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (выполнение практических заданий и две контрольные работы); тестирования.

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 pH 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 оксидировании 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 оксидирования 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 аprotонный 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. Примеры контрольных работ

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 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 $i_k = 10 \text{ А/дм}^2$, плотность тока анодного периода $i_a = 5 \text{ А/дм}^2$. 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).

Описание технологии проведения:

Контрольные работы и тесты могут проводиться как в электронной форме, так и на занятиях. Время выполнения этих заданий устанавливается преподавателем. Результаты текущей аттестации могут быть учтены при проведении промежуточной аттестации.

Лабораторные работы направлены на развитие практических навыков в области электрохимии и электрохимических технологий, включая выполнение эксперимента по заданной методике, сбор и анализ данных, а также формирование умений безопасной работы с химическими реактивами и оборудованием.

Технология проведения текущей аттестации включает использование электронных ресурсов для организации и контроля процесса, что позволяет автоматизировать оценку и хранение результатов. Мониторинг успеваемости осуществляется через электронный журнал оценок, что позволяет преподавателям и студентам отслеживать прогресс в режиме реального времени.

Требования к выполнению заданий, шкала и критерии оценивания:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет учебным материалом и понятийным аппаратом дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимических технологий	Отлично
Обучающийся владеет учебным материалом и понятийным аппаратом дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимических технологий	Хорошо
Обучающийся владеет частично учебным материалом и понятийным аппаратом дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фрагментарно умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимических технологий	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимических технологий	Неудовлетворительно

20.2 Промежуточная аттестация

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.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: перечень вопросов

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

Студент получает вопрос, готовит письменный ответ в течение 30 минут, после чего проводится устное собеседование по теме полученного вопроса и связанным с ними темам.

При оценивании знаний используются следующие критерии:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины
- 2) умение связывать теоретические знания с их практическим применением;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами,
- 4) умение применять знание основных законов и закономерностей дисциплины к решению конкретных задач.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано знание фундаментальных основ теоретической и прикладной электрохимии, умение объяснять основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе, владение основными навыками интерпретации электрохимических характеристик процесса	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теории, допускает грубые ошибки при трактовке практических задач	Неудовлетворительно

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

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

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень, может быть, конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

20.3 Задания, рекомендованные к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины:

ПК-3 Способен проектировать и осуществлять направленный синтез химических соединений с полезными свойствами под руководством специалиста более высокой квалификации

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

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 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 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 кадмийовый электрод в растворе CoCl_2 является электродом

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

потенциал определяющая 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

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

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

- **$E = -0.34 \text{ В}$**
- $E = -0.25 \text{ В}$
- $E = -0.28 \text{ В}$

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

4. Для получения качественных продуктов методом электролиза в промышленности используют диафрагменные электролизёры. Основное назначение диафрагмы

Ответ: (разделение жидкых 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)

5. 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).

ПК-4 Способен выбирать технические средства и методы испытаний объектов неорганической и органической химии для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации

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

1. Целевая реакция, которая должна протекать на катоде – реакция выделение 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. Для планирования отдельных стадий получения чистого никеля гидроэлектрометаллургическим методом (электроррафинирование) 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**

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

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)**

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

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

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

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

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

3) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
 - 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).