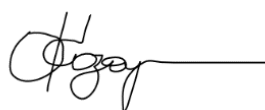


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
Козадеров О.А.



10.04.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.01 Теоретические основы электрохимических технологий

1. Код и наименование специальности: 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
2. Специализация: Фундаментальная химия в профессиональном образовании
3. Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии.
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 27.03.2024, 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 мембраны, 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 блока 1. Дисциплины (модули).

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-1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПК-1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач	знать: методы выбора и цели направления научного исследования, методы сбора и анализа литературных данных (работа с периодическими изданиями, монографиями, информационными базами данных, новыми информационными технологиями) уметь: формулировать научно-исследовательскую проблему, проводить поиск, накопление и обработку научной информации владеть: методами сбора, обработки и хранения научной информации, основными навыками и теоретическими знаниями при

				составлении аналитического отчета и выборе адекватных экспериментальных и теоретических методов решения задач в области электрохимических технологий
		ПК-1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	знать: основные источники информации (научные базы данных, патентные ведомства, технические стандарты); методы анализа информации; требования к оформлению обзоров по ГОСТ уметь: формулировать поисковые запросы для сбора релевантной информации; сравнивать и обобщать данные из разных источников; выявлять пробелы в исследованиях и перспективные направления. владеть: методами анализа информации (систематизация, критическая оценка, выявление тенденций); навыками формулирования выводов
		ПК-2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	знать: фундаментальные принципы электрохимии, кинетику электродных процессов; классификацию электрохимических технологий; Свойства электродов (инертные, активные), электролитов (водные, неводные). уметь: формулировать цели и задачи на основе технического задания; выбирать методы анализа; рассчитывать электрохимические параметры процессов (плотность тока, выход по току). анализировать и интерпретировать данные владеть: методами планирования исследований; инструментами моделирования.
ПК-2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии	ПК-2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	знать: основные законы электрохимии; классификацию электрохимических технологий; принципы работы электрохимических ячеек; методы исследования; современные материалы уметь: рассчитывать выход по току и энергии; выбирать электролиты и электроды для конкретных процессов; интерпретировать поляризационные кривые; оценивать экономическую эффективность технологии. оптимизировать параметры процессов владеть: навыками работы с потенциостатами/гальваностатами; расчетно-теоретическими методами решения поставленной задачи; анализом рисков и управлением ресурсами в проектах.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 / 72.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			5 семестр		
Аудиторные занятия		54	54		
в том числе:	лекции	18	38		
	практические				
	лабораторные	36	38		
Самостоятельная работа		18	18		
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации (зачет)					
Итого:		72	72		

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 мембраны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем. Основные пути интенсификации электрохимических процессов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992
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=3992
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=3992
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=3992
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=3992

2. Лабораторные 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. Рассеивающая, выравнивающая и микрорассеивающая способность электролитов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992
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.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992
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=3992
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=3992
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=3992

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		6	3	13
2.	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	3		10	3	16
3.	Электрохимическая обработка поверхности металлов	5		8	3	16
4.	Электролиз водных растворов без выделения металлов	4		10	5	19
5.	Электрохимический синтез органических соединений	2		2	4	8
	Итого	18		36	18	72

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-1 и ПК-2). 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 аттестаций 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 «MOOC 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.	Гуров, А.А. Растворы. Электрохимические явления и процессы : учеб.-метод. пособие / 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)
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.
3.	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.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Дамаскин Б. Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению

	подгот. "Химия"] / Б.Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина .— Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015 .— 670 с.
4.	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. — М. : ЦУП Интеллект, 2008. — 568 с.
5.	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. — М.: БИНОМ, 2006. — 309 с.
6.	Гамбург Ю.Д. Теория и практика электроосаждения металлов / Ю.Д. Гамбург, Дж.Зангари - М. : БИНОМ, 2016. - 438 с.
7.	Поветкин В.В. Структура и свойства электролитических сплавов / В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. — М.: Наука, 1992. — 255 с.
8.	Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. — М.: КомКнига, 2006. — 592 с.
9.	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. — М. : Химия, 2000. — 672 с.
10.	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.
11.	Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 456 с.
12.	Прикладная электрохимия / под ред. А.П. Томилова. — М.: Химия, 1984. — 520 с.
13.	Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии. / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. — Долгопрудный: Интеллект, 2008. — 423 с.
14.	Электрохимия /Ф.Миомандр и др. — М.: Техносфера, 2008. — 359 с.
15.	Барабошкин А.Н. Электрокристаллизация из расплавленных солей /А.Н. Барабошкин. — М.:Наука, 1976. — 279 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
16.	Зональная научная библиотека www.lib.vsu.ru
17.	Ковенский И.М. Металловедение покрытий / И.М. Ковенский, В.В. Поветкин. — М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. — 296 с. http:// www.galvanicus.ru /lit /books.php
18.	Григорян Н.С. Фосфатирование. / Н.С. Григорян, Е.Ф. Акимова, Т.А. Ваграмян. — М.: Глобус, 2008. — 144 с. http:// www.galvanicus.ru /lit /books.php
19.	Интернет портал для химиков http://www.chemweb.com
20.	Интернет-ресурсы - библиотека http://www.twirpx.com
21.	Портал научно-технической информации ЭБ Нефть и Газ 2007 www.nglib.ru
22.	Интернет портал образовательных ресурсов http://window.edu.ru
23.	УЭМК «Теоретические основы электрохимических технологий 3 к» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	<i>Физикохимия процессов фазообразования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост.: С.Н. Грушевская, Н.В. Соцкая. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 96 с.</i>
2	<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>
3.	<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</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 Acdmс 2 Proc, Учебная мебель, проектор Epson, экран для проектора
Учебная аудитория (лаборатория): Специализированная мебель, шкаф вытяжной, лабораторные приборы, оборудование, посуда; учебно-лабораторный комплекс «УЛК-1» «Электрохимия» - 2 шт.; иономер ЭВ-74 - 2 шт; мультитест ИПЛ-1 -2 шт; вольтметр универсальный В7-21; потенциостат/гальваностат 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-2	ПК-2.1, ПК-2.2	<i>Практико-ориентированное задание</i>
2.	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	<i>Контрольная работа</i>
3.	Электрохимическая обработка поверхности металлов	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	<i>Практико-ориентированное задание</i>
4.	Электролиз водных растворов без выделения металлов	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	<i>Практико-ориентированное задание</i>
5.	Электрохимический синтез органических соединений	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	<i>Практико-ориентированное задание</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				<i>Перечень вопросов</i>

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 (фронтальная беседа) и письменных работ (выполнение практико-ориентированных заданий и контрольной работы).

20.1.1 Перечень практико-ориентированных 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 сенсibilизации 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 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. Пример заданий для контрольной работы

Вариант 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 $i_k = 10$ А/дм², плотность тока анодного периода $i_a = 5$ А/дм². Выход по фактическому катодному току для меди составил 99%. Какова необходимая продолжительность процесса меднения при толщине медного покрытия 20 мкм?

Описание технологии проведения

Текущая аттестация является основной формой контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающихся. По разделам дисциплины 1, 3, 4 и 5 выполняются практико-ориентированные задания. По разделу 2 проводится контрольная работа.

При оценивании используются количественная шкала оценок.

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.

Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация студентов является основной формой контроля аудиторной работы студентов и проводится с целью установления уровня и качества подготовки студентов и определяет:

- полноту и прочность теоретических знаний;
- сформированность умений применять теоретические знания при решении практических и задач;
- сформированность необходимых компетенций.

Подготовка к промежуточной аттестации является формой самостоятельной работы студентов. При этом обучающийся должен использовать рекомендованный рабочей программой перечень основной и дополнительной литературы, материалы лекций, информационные и электронно-образовательные ресурсы.

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

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 темами.

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.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала: «зачтено», «незачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продemonстрировано 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	<i>зачтено</i>
Ответ не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>зачтено</i>
Ответ не соответствует двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>зачтено</i>
Ответ не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теории, допускает грубые ошибки при трактовке практических задач	<i>незачтено</i>

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-1 Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности

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

1. Технология получения чистого металла из подготовленного обычно пирометаллургическим способом чернового металла методом электролиза называется:
 - **электрорафинирование**
 - электроэкстракция
 - цементация
 - электросинтез
2. Технология контактного электрохимического вытеснения одних металлов другими из их соединений, находящихся в растворах и расплавах называется:
 - **электрорафинирование**
 - электроэкстракция
 - **цементация**
 - электрохимическая размерная обработка
3. Технология изготовления деталей точной формы методом локального электрохимического растворения называется :
 - **электрорафинирование**
 - 2. электроэкстракция
 - цементация
 - **электрохимическая размерная обработка**
4. Технология изготовления металлических копий различных предметов электрохимическим осаждением называется:
 - **гальванопластика**
 - электрорафинирование
 - цементация
 - электрохимическая размерная обработка
5. Какая побочная реакция может протекать при электролизе в водном растворе электролита на катоде:
 - Реакция выделения кислорода;
 - **Реакция выделения водорода;**
 - 3. Реакция окисления водорода;
 - Реакция окисления катода.
5. Какая побочная реакция может протекать при электролизе в водном растворе электролита на аноде:
 - **Реакция выделения кислорода;**
 - 2. Реакция выделения водорода;
 - 3. Реакция окисления кислорода;

- 4. Реакция восстановления анода.
- 6. Электрохимические 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
- 7. Основные 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

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

8. Электролизером называется аппарат, в котором осуществляют процесс электролиза. Минимально необходимыми составными частями электролизера являются.....

Ответ: катод, анод, корпус (ванна) или электроды, корпус (ванна)

9. Электрохимические требования к катодным электродным материалам: потенциал разряда молекул растворителя должен быть.....(**меньше или отрицательнее**) по сравнению с потенциалом восстановления исходного вещества (субстрата).

10. Электрохимические требования к анодным электродным материалам: потенциал разряда молекул растворителя должен быть..... (**больше или положительнее**) по сравнению с потенциалом окисления исходного вещества (субстрата).

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

11. В промышленности используют бездиафрагменные и 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)

ПК-2 Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии

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

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
- полимерный

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
- полимерный

3. В процессе осаждения медных покрытий используются растворимые аноды. Какой электрод нужно выбрать в качестве растворимого:

- графит,
- Никель,
- **Медь,**
- Сплав меди с никелем

4. В процессе осаждения никелевых покрытий используются растворимые аноды. Какой электрод нужно выбрать в качестве растворимого:

- Графит
- **Никель,**
- Медь,
- Сплав меди с никелем

5. В процессе электроэкстракции цинка необходимо полученные цинковые покрытия отделять от электрода. Какие материалы для электрода следует выбрать:

- **Алюминий,**
- Цинк,
- Кадмий,
- Графит

6. 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)**

7. Стандартный электродный потенциал кадмия в водном растворе соли кадмия (II) равен $-0,28\text{ В}$.

На основе этой информации можно заключить, что кадмиевый электрод в растворе CoCl_2 является электродом

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

потенциалопределяющая реакция описывается уравнением

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

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)

- **$E = -0,34\text{ В}$**
- $E = -0,25\text{ В}$
- $E = -0,28\text{ В}$

8. В технологии гидроэлектрометаллургического получения чистого никеля (электрорафинирование) используют

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

9. При планировании работ необходимо учитывать, что электролит никелирования в ходе электролиза загрязняется ионами Cu^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Ag^+ . Исходя из примерно равенства концентраций этих ионов, можно предположить в первую очередь на катоде будет выделяться

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

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

- **водород**
- *кислород*

10. 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 до второго знака)

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

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).