

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ


«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

физической химии



Козадеров О.А.

12.04.2024

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.01 Теоретические основы электрохимических технологий

1. **Шифр и наименование специальности:** 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
2. **Профиль подготовки:** Фундаментальная химия в профессиональном образовании
3. **Квалификация выпускника:** Химик. Преподаватель химии
4. **Форма обучения:** очная
5. **Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра физической химии
6. **Составители программы:** Соцкая Надежда Васильевна, к.х.н., доцент
7. **Рекомендована:** научно - методическим Советом химического факультета от 11.04.2024 протокол №10-04
8. **Учебный год:** 2026 / 2027

**Семестр: 5**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является обучение студентов теоретическим основам технологии электрохимических процессов получения металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ

Задачи настоящего курса: овладение принципами использования электрохимических явлений в современных технологиях, ознакомление с особенностями типичных электрохимических производств.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: вариативная часть блока 1.

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

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-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	
ПК-2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научных задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии	ПК-2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	знать: механизм электрохимических реакций, термодинамику и кинетику процессов уметь: объяснить основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе владеть: основными навыками в использовании теоретических знаний при планировании работы и выборе адекватных экспериментальных и теоретических методов решения задач в области электрохимических технологий
		ПК-2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной	

			задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	
--	--	--	---	--

**12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 / 72.**

**Форма промежуточной аттестации - зачет**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			№ сем. 5	№ сем.	.....
Аудиторные занятия	54	-	54		
в том числе: лекции	18	-	18		
практические		-			
лабораторные	36	-	36		
Самостоятельная работа	18	-	18		
Итого:	72	-	72		

**13.1 Содержание дисциплины:**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Основные аспекты электрохимической инженерии. Классификация электрохимических производств. Современные тенденции развития. Электродные материалы. Электроды на основе углеродсодержащих материалов. Металлические электроды. Электроды на основе оксидов металлов. Композиционные электроды. Диафрагмы и мембраны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем Основные пути интенсификации электрохимических процессов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
1.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Кинетика реакций при электроосаждении металлов. Кинетика разряда в присутствии поверхностно-активных веществ. Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов. Электроосаждение цинка, никеля, хрома и их сплавов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
1.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Теоретические основы электрохимической обработки поверхности металлов. Электрохимическая размерная обработка металлов. Электролитическое травление и полирование. Конверсионные покрытия. Оксидные покрытия металлов. Фосфатные покрытия	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>

1.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Кинетические аспекты электрохимических реакций. Перенос вещества. Теоретические основы процессов электрохимического получения некоторых продуктов.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
1.5	Электрохимический синтез органических соединений	Теоретические основы органической электрохимии. Важнейшие процессы органического электросинтеза. Основные окислительные реакции и образуемые продукты. Реакции восстановления.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Принципиальные схемы установок для проведения электролиза и измерения потенциалов. Подготовка поверхности перед нанесением покрытий. Выбор площади покрываемой поверхности и формы образцов в работах по электроосаждению металлов. Распределение тока на электродах. Рассеивающая, выравнивающая и микрорассеивающая способность электролитов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
2.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Электрохимическое осаждение никеля и его сплавов. Электрохимическое осаждение меди и её сплавов. Электрохимическое цинкование. Химическое осаждение никеля и меди. Химическая и электрохимическая металлизация диэлектриков.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
2.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Электрохимическая размерная обработка металлов. Электрохимическое полирование металлов. Анодное окисление алюминия. Нанопористые оксидные пленки на основе алюминия и титана.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
2.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Электрохимическое получение хлора и щелочи. Электрохимическое получение пероксида водорода. Электролиз воды.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>
2.5	Электрохимический синтез органических соединений	Катодное восстановление органических соединений (нитросоединения, гидрирование непредельных углеводородов). Анодное окисление органических соединений (окисление алифатических спиртов)	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3992</a>

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	4		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

Составление конспектов. Самостоятельное изучение отдельных тем. Выполнение домашних заданий. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к текущей и промежуточной аттестации.

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

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	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.
2.	Козадеров О.А. Современные химические источники тока : учебное пособие / О.А. Козадеров, А.В. Введенский .— Изд. 2-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2017 .— 130 с.

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.	Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев. – 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 нанобъектов / 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.	Барaboшкин А.Н. Электрокристаллизация из расплавленных солей /А.Н. Барaboшкин. – М.:Наука, 1976. – 279 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

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

№ п/п	Источник
1.	Физикохимия процессов фазообразования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост.: С.Н. Грушевская, Н.В. Соцкая. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 96 с.
2	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.
3.	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

**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:**

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

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

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2	Практическое задание
2.	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	Контрольная работа
3.	Электрохимическая обработка поверхности металлов	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	Практическое задание
4.	Электролиз водных растворов без выделения металлов	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	Практическое задание
5.	Электрохимический синтез органических соединений	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1-ПК 2.2	Практическое задание
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

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

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### 20.1.1 Перечень практических заданий

01. Чем отличается поляризуемость от поляризации и на какие свойства электрохимических покрытий оказывает влияние каждая из этих величин?
02. С какой целью в электролит для нанесения электрохимического покрытия вводится электропроводящая добавка? Приведите примеры.
03. Какое влияние на качество покрытия оказывает расстояние между катодом и анодом, а также внутренние размеры гальванической ванны?
04. Какой из параметров при нанесении электрохимического покрытия является более важным: выход по току металла или рассеивающая способность электролита?
05. Как влияет на рассеивающую способность характер зависимости между катодной плотностью тока и выходом по току металла? Что лучше: если с ростом плотности тока выход по току увеличивается или, наоборот, уменьшается? Ответ мотивируйте.
06. Какие факторы влияют на рассеивающую способность электролита? Какую роль при этом играет тип электролита (простой, комплексный)?
07. Из каких предпосылок исходят при выборе толщины защитного или защитно-декоративного покрытия?

08. Известно, что одна из возможностей увеличить скорость нанесения электрохимического покрытия связана с повышением концентрации разряжающихся ионов, однако, это ухудшает экологические показатели технологии. Назовите другие способы интенсификации процесса.
09. Проанализируйте преимущества и недостатки наиболее известных электролитов цинкования. Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура). В каких случаях применяют те или иные электролиты для нанесения защитных цинковых покрытий?
10. Почему защитные свойства цинкового покрытия в процессе эксплуатации улучшаются и каков механизм этого явления?
11. Может ли быть цинковое покрытие защитно-декоративным? Ответ поясните.
12. Назовите наиболее простой способ удаления примесей железа и никеля из сульфатного электролита цинкования.
13. Каким наиболее доступным способом можно привести ванну цинкования в рабочее состояние, если концентрация цинка в электролите достигла верхнего допустимого предела?
14. Почему при расчете продолжительности нанесения покрытия в колокольной и особенно в барабанной гальванической ванне следует исходить из значения катодной плотности тока более низкого, чем рекомендованное для стационарной ванны?
15. Проведите сравнительный анализ свойств электролитов меднения. Каково их назначение и особенности? Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура).
16. Почему при погружении стальной пластины в дифосфатный электролит меднения не наблюдается процесс цементации меди, характерный для сульфатного электролита меднения? Поясните механизм этого явления.
17. Какая взаимосвязь между концентрациями сульфата меди и серной кислоты в сульфатном электролите меднения?
18. Какие осложнения могут возникнуть при работе дифосфатной ванны меднения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?
19. Какое значение имеют ПАВ в сульфатных электролитах цинкования, меднения и др.? Каков механизм влияния ПАВ на качество покрытий?
20. При электроосаждении из сульфатного электролита меднения или цинкования образуются значительно более крупнокристаллические осадки, чем из сульфатного электролита никелирования. Объясните причину этого явления. Почему в последнем случае рассеивающая способность электролита наилучшая?
21. Почему защитные свойства двойного и тройного никелевого покрытия при той же толщине заметно выше, чем однослойного покрытия никелем? Каковы технологические особенности получения каждого из названных видов покрытия?
22. Опишите механизм и условия перехода никелевого анода в пассивное состояние при работе сульфатной никелевой ванны. Каковы пути повышения плотности тока пассивации никеля?
23. Выход по току водорода при цинковании и никелировании из сульфатных электролитов приблизительно одинаков. Между тем для никелевого покрытия характерна питтинговая пористость, которую связывают с катодным водородом, а на цинковых покрытиях питтинг не наблюдается. Объясните причины питтингообразования при никелировании и меры борьбы с ним.



24. Каковы пути интенсификации процесса никелирования? Почему при повышении катодной плотности тока при никелировании следует снижать pH сульфатного электролита?
25. Почему при никелировании нельзя прерывать электролиз и тем более даже кратковременно извлекать подвеску с деталями из гальванической ванны?
26. В каком случае требования к пористости покрытия более жесткие: при цинковании или при никелировании и почему?
27. В чем заключаются наиболее характерные отличия в технологии электроосаждения металла в гальванопластике по сравнению с гальваностегией?
28. Чем отличается состав и концентрация электролита, а также режим электролиза, применяемые в гальванопластике для получения первичного покрытия (затяжки), от условий нанесения толстослойного металлического осадка?
29. Каковы требования к качеству сцепления электроосажденного металла с основой в гальванопластике по сравнению с гальваностегией? Какие меры предпринимают для обеспечения этих требований?
30. Какие условия способствуют совместному разряду металлов с различными стандартными электродными потенциалами с образованием компактного покрытия сплавом?
31. Каким образом при электроосаждении сплавов решается проблема анодов? Приведите примеры.
32. Поясните, можно ли использовать электролит, содержащий сульфаты меди и цинка для электроосаждения латуни.
33. Сравните качество покрытий и параметры технологических процессов химического и электрохимического никелирования, в том числе с позиций учета экологической характеристики технологии.
34. Исходя из каких предпосылок выбирают электролит меднения для печатных плат?
35. Каковы назначение и механизм процессов сенсбилизации 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. Контрольная работа № 1

#### БИЛЕТ № 1

1. Проведите сравнительный анализ свойств электролитов меднения (сульфатные и дифосфатные). Каково их назначение и особенности? Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура).
2. Какая взаимосвязь между концентрациями сульфата меди и серной кислоты в сульфатном электролите меднения? Каким фактором ограничен верхний предел концентрации кислоты?
3. Почему при погружении стальной пластины в дифосфатный электролит меднения не наблюдается процесс цементации меди, характерный для сульфатного электролита меднения? Поясните механизм этого явления.
4. В дифосфатный электролит меднения вводят ион  $\text{NO}_3^-$ . При этом выход по току меди с увеличением плотности тока снижается. Объясните, за счет каких побочных реакций это происходит. А какой положительный эффект наблюдается при этом?
5. Какие осложнения могут возникнуть при работе дифосфатной ванны меднения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?
6. Для гальванического меднения деталей в сернокислом электролите использован ток переменной полярности с длительностью катодного импульса  $\tau_k = 8$  с и анодного периода  $\tau_a = 2$  с; плотность тока катодного периода  $i_k = 10$  А/дм<sup>2</sup>, плотность тока анодного периода  $i_a = 5$  А/дм<sup>2</sup>. Выход по фактическому катодному току для меди составил 99%. Какова необходимая продолжительность процесса меднения при толщине медного покрытия 20 мкм?

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

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

## 20.1. 2 Перечень заданий для проверки сформированности компетенций:

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 одной контрольной работы).

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

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности 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	<i>Повышенный уровень</i>	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теории, допускает грубые ошибки при трактовке практических задач	–	<i>незачтено</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### 20.2.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Классификация электрохимических производств. Преимущества и недостатки электрохимических производств.
2. Основные элементы электрохимической системы. Катоды. Аноды. Диафрагма.
3. Гальваностегия. Гальванопластика.
4. Структура гальванических осадков. Влияние различных факторов на качество покрытия.
5. Рассеивающая способность электролита.
6. Подготовка поверхности перед покрытием. Механический способ. Химические и электрохимические способы подготовки поверхности.
7. Оборудование гальванических цехов. Контроль качества гальванических покрытий.

8. Цинкование. Применение цинковых покрытий.
9. Гальванопластика. Технология гальванопластического метода.
10. Влияние различных факторов на процесс оксидирования металлов.
11. Гальваническое осаждение сплавов.
12. Хромирование. Пористое и беспористое хромовое покрытие. Электролиты хромирования.
13. Меднение. Электролиты меднения.
14. Сравнительная характеристика методов гидроэлектрометаллургии.
15. Электролитическое рафинирование меди. Сырье. Подготовка руды. Электродные процессы. Устройство ванн и электродов.. Электроэкстракция меди.
16. Электролитическое рафинирование никеля. Трудности рафинирования. Электродные процессы. Технологическая схема процесса.
17. Технологическая схема производства цинка. Электродные процессы. Влияние примесей.
18. Методы порошковой металлургии. Свойства медных порошков. Технология получения медных порошков.
19. Особенности процесса электролиза расплавленных сред.
20. Технологическая схема производства алюминия.
21. Получение металлического натрия из расплава едкого натра.
22. Получение металлического натрия из расплава хлористого натрия.
23. Производство водорода и кислорода. Электродные процессы. Принципиальная схема электролизера.
24. Производство перекиси водорода. Электродные процессы. Технология получения.
25. Получение хлора, щелочи и водорода диафрагменным методом. Электродные процессы. Теория процесса электролиза.
26. Технология получения хлора, щелочи и водорода диафрагменным методом. Принципиальная схема электролизера.
27. Производство хлора, щелочи и водорода электролизом с жидким ртутным катодом. Электродные процессы.
28. Конструкция аппаратов для электролиза хлора, щелочи и водорода ртутным методом.
29. Получение хлора, щелочи и водорода мембранным методом. Электродные процессы. Теория процесса электролиза.
30. Технология получения хлора, щелочи и водорода мембранным методом. Принципиальная схема электролизера.
31. Электросинтез неорганических соединений. Получение гипохлорита натрия.
32. Электросинтез неорганических соединений. Получение хлоратов.
33. Электросинтез неорганических соединений. Получение перхлоратов и хлорной кислоты.

34. Электросинтез неорганических соединений. Получение перманганата калия.
35. Электросинтез органических соединений. Получение йодаформа.
36. Электросинтез органических соединений. Электрохимическое окисление алифатических спиртов в карбоновые кислоты

#### Описание технологии проведения

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

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценка за зачет/экзамен может быть выставлена по результатам текущей атт

#### **20.2. 2 Перечень заданий для проверки сформированности компетенций:**

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

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*

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. 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)**

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

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

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

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  $-0,28$  В.

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

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

потенциалопределяющая реакция описывается уравнением

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

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

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

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

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

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  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ . 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*