

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий
кафедрой
физической
химии



д.х.н., доц. О.А. Козадеров

01.07.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.05.02 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ И
РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ**

1. Шифр и наименование направления подготовки: 04.04.01 - Химия
 2. Профиль подготовки/специализация: Экспертная химия
 3. Квалификация (степень) выпускника: магистр
 4. Форма обучения: Очно-заочная
 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физической химии
 6. Составитель программы: Козадеров Олег Александрович, д.х.н., доцент
 7. Рекомендована: НМС химического факультета 17.06.2021, протокол № 5
 8. Учебный год: 2022/2023
- Семестр: 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины: обучение теоретическим основам электрохимических методов получения металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ.

Основные задачи учебной дисциплины:

- на основании полученных теоретических знаний научить студентов правильно выбирать методы синтеза новых материалов, разработать схему их получения, выделения, анализа и прогнозировать свойства.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: вариативная часть блока Б1, дисциплина по выбору

При освоении данного курса обучающийся должен знать основы физической химии, электрохимии, уметь составлять электрохимические цепи, иметь навыки решения задач по электрохимической термодинамике и кинетике

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПКВ - 1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПКВ - 1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации для решения исследовательских задач	знать: основы проведения патентного исследования; уметь: применять результаты патентного поиска при решении профессиональных задач; владеть: методами анализа патентной информации.
		ПКВ - 1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	знать: способы анализа информации уметь: интерпретировать собранную научную, техническую и патентную информацию по тематике исследовательского проекта; владеть: методами обобщения собранной информации
ПКВ - 2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии	ПКВ - 2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	Знать: основы планирования научного исследования Уметь: использовать на практике правила составления плана исследований Владеть: методами детализации плана исследований
		ПКВ - 2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	Знать: основы методов электрохимического синтеза. Уметь: разработать схему расчета и практически провести его с использованием. Владеть: способами интерпретации полученных результатов.
ПКВ - 3	Способен на основе критического анализа результатов НИР	ПКВ - 3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и	уметь: применять знания о электрохимических методах синтеза веществ и материалов при решении профессиональных задач; владеть: способами использования

и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии		сопоставляет с литературными данными	теоретических основ электрохимических методов синтеза при решении задач.
	ПКВ - 3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	знать: перспективы развития электрохимических методов получения веществ и материалов уметь: использовать аппаратуру для проведения электрохимического синтеза; владеть: методами расчета основных параметров электрохимического синтеза

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации - зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			4		
Контактная работа		32	32		
в том числе:	лекции	16	16		
	практические	16	16		
	лабораторные	-	-		
	курсовая работа	-	-		
Самостоятельная работа		76	76		
Промежуточная аттестация		-	-		
Итого:		108	108		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Электрохимический синтез неорганических и органических веществ	Основные понятия и определения. Основные элементы электрохимической системы. Электролитическое производство неорганических веществ. Производство водорода и кислорода. Производство перекиси водорода и надсернистых соединений. Получение хлора и щелочи. Получение хлоркислородных соединений. Получение перманганата калия. Электролитическое производство органических соединений. Электрохимическое восстановление глюкозы и маннозы. Электросинтез адипонитрила. Электрохимическое восстановление ароматических нитросоединений. Процессы электрохимического окисления органических соединений.	
1.2	Гидроэлектрометаллургия. Электролиз расплавленных соединений	Основы электрохимических процессов, применяемых в гидрометаллургии. Электролитическое рафинирование металлов. Электроэкстракция металлов. Теоретические основы электролиза расплавленных сред. Производство алюминия.	

1.3	Гальванотехника	Виды металлических покрытий. Основные требования к покрываемой поверхности. Электролитическое никелирование, меднение, золочение. Электролитическое покрытие сплавами. Электролитическое получение металлических копий. Металлизация диэлектриков.
1.4	Синтез нанопористых материалов методом селективного растворения	Теоретические основы метода селективного растворения сплавов и интерметаллидов. Нанопористые металлы. Селективная коррозия. Анодное селективное растворение. Устойчивость нанопористых металлов. Электрокаталитическая активность нанопористых металлов.
2. Практические занятия		
2.1	Электрохимический синтез неорганических и органических веществ	Основы получения водорода электролизом. Электроокисление муравьиной кислоты на палладии.
2.2	Гидроэлектрометаллургия. Электролиз расплавленных соединений	Процессы рафинирования металлов с твердыми электродами. Подбор оптимальных параметров процесса электролиза. Выход по току и удельный расход энергии при электролизе расплавов.
2.3	Гальванотехника	Механизм процесса электрокристаллизации. Покрытие стали сплавами никель-цинк.
2.4	Синтез нанопористых материалов методом селективного растворения	Получение нанопористой меди обесцинкованием гамма-латуни. Электроокисление муравьиной кислоты на анодно-модифицированном серебряно-палладиевом сплаве.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Электрохимический синтез неорганических и органических веществ	4	4	-	19	25
2	Гидроэлектрометаллургия. Электролиз расплавленных соединений	4	4	-	19	29
3	Гальванотехника	4	4	-	19	29
4	Синтез нанопористых материалов методом селективного растворения	4	4	-	19	25
	Итого:	16	16	-	76	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами лекций, презентационным материалом, литературой, указанной в п.15, решение практических задач, выполнение заданий текущей аттестации, составление отчетов. Подготовка к промежуточной аттестации. При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (bigbluebutton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Химия"] / Б.Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015. - 670 с.
2	Плит В. Электрохимия в материаловедении / 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. Массоперенос и фазообразование при анодном селективном растворении гомогенных сплавов / О.А. Козадеров, А.В. Введенский. - Воронеж : Научная книга, 2014. - 288 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Прикладная электрохимия : учебник для студентов хим.-технол. спец. вузов / [Р.И. Агладзе, Т.А. Ваграмян, Н.Т. Гофман и др.] ; под ред. А.П. Томилова. - М. : Химия, 1984. – 518 с.
5	Дамаскин Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику : учеб. пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. — М. : Высшая школа, 1983. — 399 с.
6	Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя, А.И. Пономаревой. — М. : Вербум-М, 2008. — 230 с.
7	Добош Д. Электрохимические константы : справ. для электрохимиков / Д. Добош. — М. : Мир, 1980. — 364 с.
8	Справочник по электрохимии / под ред. А.М. Сухотина. — Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1981. — 486 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

9	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
---	--

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

№ п/п	Источник
1	Введенский А.В. Современная теоретическая и прикладная электрохимия. Кинетика электрохимических процессов : учебное пособие / А.В. Введенский. - Воронеж : Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2017. - 149 с.
2	Сборник задач по теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Технология электрохимических производств" / под ред. Ф.И. Кукоза. — М. : Высшая школа, 1982. — 159 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины проводятся различные типы лекций, практические занятия, контрольные работы по основным разделам теоретического материала, решение практических задач в режиме контактной и самостоятельной работы. При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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.	Электрохимический синтез неорганических и органических веществ	ПКВ-1	ПКВ-1.1, ПКВ-1.2	<i>Перечень заданий 1</i>
2.	Гидроэлектрометаллургия. Электролиз расплавленных соединений	ПКВ-2	ПКВ-2.1, ПКВ-2.2	<i>Перечень заданий 1</i>
3.	Гальванотехника	ПКВ-3	ПКВ-3.1, ПКВ-3.2	<i>Перечень заданий 1</i>
4	Синтез нанопористых материалов методом селективного растворения	ПКВ-3	ПКВ-3.1, ПКВ-3.2	<i>Перечень заданий 1</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, контрольная работа				<i>Перечень заданий 2</i>

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:

Практико-ориентированные задания

Перечень заданий 1

1. Производство водорода электролизом
2. Производство перекиси водорода
3. Получение щелочей
4. Получение перманганата калия
5. Электролитическое рафинирование меди.
6. Электроэкстракция меди
7. Производство алюминия
8. Факторы, определяющие характер образования и роста кристаллов в процессе электроосаждения металлов.
9. Электролитическое получение металлических копий
10. Электроокисление муравьиной кислоты.
11. Процессы рафинирования металлов с твердыми электродами. Подбор оптимальных параметров процесса электролиза.
12. Выход по току и удельный расход энергии при электролизе расплавов.
13. Покрытие стали сплавами никель-цинк.
14. Получение нанопористой меди обесцинкованием гамма-латуни.
15. Электроокисление муравьиной кислоты на анодно-модифицированных сплавах.

Описание технологии проведения

В течение семестра обучающийся прослушивает курс лекций и посещает практические занятия, на которых реализуются:

- решение практико-ориентированные задания по основным разделам дисциплины, оформление отчета и собеседование по результатам решения задач;
- устные опросы по основным разделам дисциплины.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания):

Задача решена корректно.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Контрольная работа

Перечень заданий 2

1. Вычислить заряд, необходимый для электроосаждения 1 кг Cu из раствора Cu^{2+} при силе тока 40 А. Сколько времени длится электролиз, если $\eta = 80\%$.
2. Плотность TI равна $11,85 \text{ кг/дм}^3$. Вычислить q , необходимый для электроосаждения одного монослоя TI на электроде площадью $0,0176 \text{ см}^2$ из раствора TI^+ . Принять, что атомы упакованы как кубы.
3. Вычислить постоянную времени для процесса восстановления цинка в амальгаму, если ток обмена этого процесса равен 54 А/м^2 , а емкость двойного электрического слоя 1.0 Ф/м^2 . Сравнить поляризуемость цинкового и платинового электродов (см. задание Б6).
4. В 100 см^3 раствора содержатся ионы меди (II) и серебра (I) в концентрации 10 ммоль/дм^3 . Считая площадь катода равной 20 см^2 , толщину диффузионного слоя $= 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ и коэффициенты диффузии ионов $1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$, определить: а) какой из ионов будет восстанавливаться в первую очередь при электролизе? б) максимально возможную степень разделения ионов электролизом в гальваностатических условиях; в) максимально возможный ток осаждения, при котором из раствора будет извлечено 95% серебра и время электролиза при этом; г) время, за которое будет извлечено 95% серебра электролизом в потенциостатических условиях.
5. Медь осаждают из раствора $0,1 \text{ М CuSO}_4 + 1 \text{ М H}_2\text{SO}_4$ при 298 К на медный диск, поверхность которого 60 см^2 при постоянной силе тока $0,5 \text{ А}$ с нерастворимым анодом. Рассчитайте, через какое время начнется выделение водорода из этого раствора, если считать, что этот процесс начинается при достижении предельного диффузионного тока по ионам меди. Принять объем раствора $0,5 \text{ дм}^3$, кинематическую вязкость равной $0,016 \text{ см}^2/\text{с}$; коэффициент диффузии Cu^{+2} равным $0,72 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, а скорость оборотов диска 60 об/мин .
6. На электрод требуется осадить из раствора, содержащего Cu^{+2} слой меди толщиной $0,75 \text{ мм}$. Сколько времени следует пропускать через раствор ток силой 5.0 А , если площадь электрода 25 см^2 ?
7. Какова должна быть площадь поверхности никелевого электрода, чтобы по изменению его массы можно было определить скорость ионизации металла. Длительность опыта 6.0 часов , средняя скорость растворения металла 50 мкА/см^2 , точность взвешивания $0,1 \text{ мг}$, а допустимая ошибка за счет взвешивания $\sim 5\%$.
8. Медь осаждают из раствора на пластину размером $5 \times 5 \text{ см}$ при 290 К . Возникающее при этом перенапряжение диффузии составляет (-29.3 мВ). Какова сила тока, при которой проводился электролиз, если плотность предельного диффузионного тока равна 2 А/дм^2 .
9. Электролиз 1 М раствора сульфата кобальта протекает без перемешивания с растворимым анодом при 293 К . Считая, что поляризация носит концентрационный характер, оценить величину потенциала анода, при которой возможно образование осадка $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ на его поверхности. Растворимость соли в этих условиях составляет $35,5 \text{ г/100г}$ воды, а стационарный потенциал электрода в этих условиях составляет ($-0,286 \text{ В}$).
10. При электролизе водного раствора кислоты за 6 минут при 17°C выделяется 120 см^3 водорода под давлением $9,89 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Вычислить силу тока, при которой проводился электролиз.
11. Ток последовательно проходит через два электролизера (электроды Pt), содержащих соответственно 750 см^3 нитрата серебра и 750 см^3 сульфата меди (II). Какая масса меди выделится на катоде за время, необходимое для выделения 95% серебра из водного раствора AgNO_3 .
12. Через кислый раствор сульфата меди пропусклся постоянный ток в течение 30 мин . Амперметр, включенный в цепь, показывал $0,4 \text{ А}$. Привес катода оказался равным $0,25 \text{ г}$. Какова ошибка в показании амперметра?

13. Ток силой 2 А пропускался в течение 2 ч через водный раствор CuCl_2 . Сколько меди выделилось на катоде? Сколько меди выделится на катоде в тех же условиях, если хлорид меди (II) заменить на хлорид меди (I)?
14. Сколько времени нужно пропускать ток силой 1 А, чтобы восстановить до двухвалентного все трехвалентное железо, содержащееся в 80 мл 0,1 М раствора?
15. Металлическая деталь, поверхность которой равна 100 см^2 , должна быть покрыта слоем электролитически осажденного никеля толщиной 0,3 мм. Сколько времени должно длиться осаждение при силе тока 3 А? Сколько времени потребуется на осаждение того же количества никеля, если выход по току равен 90%? Плотность никеля равна 9 г/см^3 .
16. Сколько времени нужно пропускать ток силой 2 А, чтобы выделить из раствора NaOH 300 см^3 гремучего газа при 273 К и давлении 101325 Па ?
17. Через раствор KI в течение часа пропускался постоянный ток. На титрование выделившегося иода потребовалось 20 мл 0,05 М раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Определить силу тока.
18. При электролизе кислого раствора сульфата цинка на катоде вместе с цинком выделяется водород, что приводит к снижению выхода цинка по току. Определить вес цинка и объем водорода (273 К и давлении 101325 Па), выделившихся на катоде, если через раствор пропущено 20 А-ч и выход цинка по току равен 90%.
19. При электролизе раствора сульфата никеля на катоде, поверхность которого равна 200 см^2 , образовался слой никеля толщиной 0,05 мм и выделилось 1030 см^3 водорода (при 293 К и давлении 101325 Па). Определить выход никеля по току и силу тока, если электролиз продолжался 10 ч. Плотность никеля равна 9 г/см^3 .
20. Если при электролизе раствора сульфата натрия с нерастворимым анодом отделить анодное пространство от катодного, то у катода будет накапливаться щелочь (NaOH), а у анода – кислота (H_2SO_4). Определить концентрацию кислоты и щелочи, если электролиз продолжался 10 ч при силе тока 4 А. Объем католита равен 5 л, объем анолита 8 л.
21. Через электролизер, содержащий 2 л 15%го раствора NaOH, пропускался ток силой 5 А в течение трех суток. Определить концентрацию NaOH(%) после электролиза, если плотность 15%го раствора NaOH равна $1,1665 \text{ г/см}^3$.
22. Железный лист, общая поверхность которого равна 1000 см^2 , опущен в качестве катода в раствор соли цинка. Какой толщины достигнет слой цинка, выделившегося на катоде, за 25 мин., если средняя плотность тока равна $2,5 \text{ А/дм}^2$. Плотность цинка равна $7,15 \text{ г/см}^3$.

Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация осуществляется по результатам контрольной работы. При успешном прохождении текущей аттестации зачет выставляется автоматически. В случае, если обучающийся не справился с заданиями контрольных работ, он получает задания из перечня для прохождения промежуточной аттестации.

Требования к выполнению заданий: корректное решение задачи. Ответ должен отражать способность обучающегося применять знания и умения, полученные на лекциях и практических занятиях, умение работать с литературой и находить нужную информацию. Критерии оценивания приведены в таблице:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами электрохимического синтеза неорганических и органических веществ, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимического материаловедения</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично (Зачтено)</i>
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами электрохимического синтеза неорганических и органических веществ, способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при применении теоретических знаний для</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо (Зачтено)</i>

решения практических задач в области электрохимического материаловедения		
Обучающийся владеет частично теоретическими основами электрохимического синтеза неорганических и органических веществ, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фрагментарно умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимического материаловедения	Пороговый уровень	Удовлетворительно (Зачтено)
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теоретических основ электрохимического синтеза неорганических и органических веществ, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимического материаловедения	–	Неудовлетворительно (Не зачтено)