

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии, проф.



Введенский А.В.

31.08.2017

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.3.1 Электрохимические технологии в синтезе новых материалов

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**
04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализации:**
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма образования:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
Кафедра физической химии
- 6. Составители программы:** Грушевская Светлана Николаевна, к.х.н., доцент
- 7. Рекомендована:** научно - методическим советом химического факультета от 26.06.2017, протокол № 6
- 8. Учебный год:** 2019 / 2020 **Семестр:** 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения дисциплины: сформировать систему знаний о свойствах электрохимических систем, фундаментальных законах протекания электрохимических процессов, основах электрохимической технологии и энергетики.

Основные задачи курса:

- дать основы электрохимической термодинамики и кинетики;
- познакомить с основами электрохимических производств и способами электрохимического преобразования энергии;
- научить решать практические задачи по реализации электрохимических процессов и осуществлять выбор режимов электрохимических технологий.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Цикл Б1. Вариативная часть. Дисциплина по выбору. Для освоения этой дисциплины 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 выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-2	способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного и механики материалов, позволяющее эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов	знать: теоретические основы технологии электрохимических процессов получения органических и неорганических веществ уметь: разрабатывать схему получения органических и неорганических материалов, прогнозировать их свойства владеть: основными методами электрохимического синтеза материалов
ПК-4	способность к оптимизации и реализации основных технологий получения современных материалов	знать: основные принципы выбора оптимальных условий получения материалов с заданными свойствами уметь: выбирать оптимальный способ получения новых материалов с заданными свойствами иметь навыки оптимизации условий проведения электрохимических процессов

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

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ 6		
Аудиторные занятия	64	64		
в том числе:				
лекции	16	16		
практические	32	32		
лабораторные				
Самостоятельная работа	60	60		
Форма промежуточной аттестации	0	Зачет с оценкой		
Итого:	108	108		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Основные аспекты электрохимической инженерии. Классификация электрохимических производств. Современные тенденции развития
1.2		Электродные материалы. Электроды на основе углеродсодержащих материалов. Металлические электроды. Электроды на основе оксидов металлов.
1.3		Композиционные электроды. Диафрагмы и мембраны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем.
1.4		Распределение тока на электродах. Рассеивающая, выравнивающая и микрорассеивающая способность электролитов
1.5	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Кинетика реакций при электроосаждении металлов.
1.6		Кинетика разряда в присутствии поверхностно-активных веществ.
1.7		Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов.
1.8		Электроосаждение цинка, никеля, хрома и их сплавов
1.9	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Теоретические основы электрохимической обработки поверхности металлов.
1.10		Электрохимическая размерная обработка металлов.
1.11		Электролитическое травление и полирование.
1.12		Конверсионные покрытия. Оксидные покрытия металлов. Фосфатные покрытия
1.13	Электролиз растворов без	Электрохимический синтез органических веществ

1.14	выделения металлов	Электрохимическое получение водорода
1.15		Электролиз воды и хлорида натрия.
1.16		Электрохимическое получение диоксида марганца.
2. Практические занятия		
2.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Решение задач по темам: Гальванические элементы. Электролизеры.
2.2		Решение задач по теме: Количественные параметры электролиза
2.3		
2.4		
2.5	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Решение задач по темам: Электрохимическое рафинирование. Электрохимическая экстракция
2.6		Семинар по темам: Электрохимическое рафинирование. Электрохимическая экстракция
2.7		
2.8		
2.9	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Семинар по темам: Электрохимическое полирование и электрохимическое травление
2.10		Решение задач по темам: Электрохимическое полирование и электрохимическое травление.
2.11		
2.12		
2.13	Электролиз растворов без выделения металлов	Решение задач по темам: электрохимическое получение водорода, кислорода, хлора, гидроксида натрия, диоксида марганца
2.14		Семинар по теме: Электрохимический синтез органических материалов. Электрохимическое получение неорганических материалов
2.15		
2.16		

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	4	8		14	26
2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	4	8		16	28
3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	4	8		16	28
4	Электролиз растворов без выделения металлов	4	8		14	26
	Итого	16	32		60	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Составление конспектов лекций для последующего изучения, самостоятельное изучение отдельных вопросов, выполнение домашних заданий, подготовка к практическим занятиям и контрольным работам в рамках текущей аттестации.

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

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 .— Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015 .— 670 с.
2.	Плит В. Электрохимия в материаловедении : [учебное пособие] / В. Плит ; пер. с англ. О.Д. Чаркина, Л.А. Фишгойт, А.А. Митрофанова .— Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015 .— 446 с.
3.	Гамбург Ю. Д. Теория и практика электроосаждения металлов = Theory and Practice of Metal Electrodeposition / Ю.Д.Гамбург, Д. Зангари . — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 . — 441 с. biblioclub.vsu.ru

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Краснов К.С. Физическая химия: учеб для вузов / К.С. Краснов - М. : Высш. шк., 2001. - Кн. 2: Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. - 318 с.
5.	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
6.	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М.: БИНОМ, 2006. – 309 с.
7.	Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов / Ю.Д. Гамбург. - М. : Янус-К, 1997. - 384 с.
8.	Поветкин В.В. Структура и свойства электролитических сплавов / В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. – М.: Наука, 1992. – 255 с.
9.	Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
10.	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. – М. : Химия, 2000. – 672 с.
11.	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.
12.	Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 456 с.
13.	Прикладная электрохимия / под ред.А.П.Томилова. – М.: Химия, 1984. – 520 с.
14.	Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии. / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 423 с.
15.	Электрохимия / Ф.Миомандр и др. – М.: Техносфера, 2008. – 359 с.
16.	Барабошкин А.Н. Электrokристаллизация из расплавленных солей /А.Н. Барабошкин. – М.:Наука, 1976. – 279 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
17.	Зональная Научная Библиотека www.lib.vsu.ru
18.	Интернет портал для химиков http://www.chemweb.com
19.	Интернет-ресурсы - библиотека http://www.twirpx.com
20.	Портал научно-технической информации ЭБ Нефть и Газ 2007 www.nglib.ru
21.	Интернет портал образовательных ресурсов http://window.edu.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Теоретические основы электрохимических технологий [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов. Раздел 1. Основы электрохимии / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: О.В. Долгих, Н.В. Соцкая, С.Н. Грушевская .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013 .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-149.pdf >.
2	Сборник примеров и задач по электрохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие : Ч. 1: Равновесные процессы в растворах электролитов / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.В. Введенский [и др.] ; Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.В. Введенский, С.А. Калужина, Т.А. Кравченко [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-43.pdf >.
3	Сборник примеров и задач по электрохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие : Ч. 2: Ионный транспорт. Кулонометрия / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.В. Введенский, С.А. Калужина, Т.А. Кравченко [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-41.pdf >.

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

Образовательный портал "Электронный университет ВГУ": <https://edu.vsu.ru/>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория, оснащенная мультимедиа-техникой, учебники, учебные пособия.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)

ОПК-2: способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов	<p>знать: теоретические основы технологии электрохимических процессов получения органических и неорганических веществ</p> <p>уметь: разрабатывать схему получения органических и неорганических материалов, прогнозировать их свойства</p> <p>владеть: основными методами электрохимического синтеза материалов</p>	1-4	Контрольная работа
ПК-2: способность к оптимизации и реализации основных технологий получения современных материалов	<p>знать: основные принципы выбора оптимальных условий получения материалов с заданными свойствами</p> <p>уметь: выбирать оптимальный способ получения новых материалов с заданными свойствами</p> <p>иметь навыки оптимизации условий проведения электрохимических процессов</p>	1-4	Контрольная работа
Промежуточная аттестация – зачет с оценкой			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание теоретических основ технологии электрохимических процессов получения органических и неорганических веществ;
- 2) умение решать практические задачи по реализации электрохимических процессов;
- 3) способность предложить схемы получения органических и неорганических материалов с заданными свойствами;

3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

4) владение основными способами электрохимических технологий

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области, предлагать варианты реализации основных электрохимических технологий	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных выше показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум из перечисленных выше показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных выше показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе на основные и дополнительные вопросы, не способен решать практические задачи.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

Для оценивания результатов обучения в ходе текущей аттестации – по результатам выполнения контрольной работы - используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Даны ответы на все задания. Теоретические вопросы освещены полно, логично, с примерами из современной литературы, иллюстрирующими теоретические основы электрохимических технологий. Решены все практические задания с пояснениями и обоснованиями.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Даны ответы на все задания. Теоретические вопросы освещены не достаточно полно, логично, отсутствуют примеры из современной литературы, иллюстрирующие теоретические основы электрохимических технологий. Решены все практические задания, но пояснения и обоснования не достаточно полны или неверны.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Даны ответы не на все задания. Теоретические вопросы освещены не полно, отсутствуют примеры из современной литературы. Решены не все практические задания, пояснения и обоснования не достаточно полны или неверны.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Задания выполнены фрагментарно или не выполнены.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету с оценкой:

1. Термодинамические условия образования новой фазы.
2. Факторы, определяющие формирование различных типов морфологии осадков.
3. Механизм Фольмера – Вебера и условия его реализации.

4. Механизм Франка – Ван-Дер-Мерве и условия его реализации.
5. Механизм Странского – Крастанова и условия его реализации.
6. Гомогенное зародышеобразование.
7. Гетерогенное 3D-зародышеобразование.
8. Основные характеристики функции Φ .
9. Условия перехода от 3D- к 2D- нуклеации.
10. Гетерогенное 2D-зародышеобразование.
11. Роль адгезии в процессе гетерогенного зародышеобразования.
12. Учет огранки растущего кристалла.
13. Условия осаждения при недонапряжении.
14. Определение размеров критических зародышей по термодинамическим параметрам зародышеобразования.
 15. Зависимость размера критического зародыша от перенапряжения.
 16. Учет размерного фактора в процессах нуклеации.
 17. Специфика электрокристаллизации (зависимость поверхностного натяжения на межфазных границах и краевого угла пузырька газа от перенапряжения; концентрационная и омическая составляющие перенапряжения).
 18. Равновесное и стационарное распределение зародышей по размерам.
 19. Потoki зародышей в пространстве размеров.
 20. Механизм прямого встраивания. Кинетический и диффузионный режимы.
 21. Механизм поверхностной диффузии. Кинетический и диффузионный режимы.
 22. Типы роста зародышей – нормальный и латеральный.
 23. Мгновенный и непрерывный характер нуклеации.
 24. Степень заполнения поверхности растущим осадком.
 25. Возможные стадии, осложняющие зародышеобразование и способы их учета.
 26. Определение кинетики зародышеобразования по экспериментальным зависимостям плотности тока от времени.
 27. Влияние условий электрохимического осаждения на морфологию получаемых осадков.
 28. Способы локализации электрохимических покрытий.

19.3.2 Перечень заданий для контрольных работ

Теоретические вопросы

1. Какие условия электрокристаллизации влияют на морфологию осадка?
2. Как свойства покрытий зависят от их морфологии?
3. Что такое ад-атом, критический зародыш, ступень, излом?
 4. Назовите условия реализации и основные стадии зародышевого механизма роста фазы.

5. Как зависит работа образования зародыша от его размера?
6. Как определить размер критического зародыша? Почему он называется критическим?
7. Можно ли прогнозировать характер огранки растущего кристалла?
8. Как учесть распределение зародышей по размеру?
9. В чем отличия неравновесной функции распределения зародышей по размерам от равновесной?
10. Что называют стационарной нуклеацией?

Практические задания

1. Определить мольную полезную работу образования кристаллов CuSO_4 из 20%-ного раствора с плотностью $1,22 \text{ г/см}^3$, если концентрация насыщенного при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ раствора составляет 18% (плотность $1,21 \text{ г/см}^3$).
2. Какому перенапряжению соответствует разность химических потенциалов в 1 кДж/моль ? Расчеты провести для $z = 1, 2$ и 3 .
3. При каком перенапряжении следует вести электроосаждение меди из сульфатного раствора, чтобы получить кубические зародыши со стороной грани $0,4 \text{ нм}$? Молярный объем меди $7,1 \text{ см}^3/\text{моль}$, поверхностное натяжение $1,354 \text{ Н/м}$.
4. Никель осаждают на собственную подложку при перенапряжении $0,05 \text{ В}$. Определить работу образования критического зародыша кубической формы и количество атомов в нем, если поверхностное натяжение никеля $1,75 \text{ Н/м}$, а плотность $13,55 \text{ г/см}^3$.
5. Сравните объемы зародышей жидкого этанола критического размера при гомогенном и гетерогенном образовании. Температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$, давление 4000 Па , давление насыщенного пара 5333 Па , поверхностное натяжение 22 мДж/м^2 , плотность $0,789 \text{ г/см}^3$, краевой угол смачивания 95° .
6. Рассчитать размер критических зародышей кадмия и энергию их образования в процессе кристаллизации из расплава при $590 \text{ }^\circ\text{C}$. Необходимые справочные данные найти самостоятельно.
7. Зависимость давления насыщенного пара меди от температуры выражается уравнением: $\lg p^0 = A - B/T$ (мм рт. ст.), где $A = 8,5$; $B = 16600$. Получить зависимость радиуса критического зародыша от температуры для процесса кластеризации меди из ее паров при давлении 1 мм рт. ст. . Рассчитать размер зародышей, полученных при $1600 \text{ }^\circ\text{C}$; $1500 \text{ }^\circ\text{C}$; $1400 \text{ }^\circ\text{C}$.
8. Запишите в общем виде исходное выражение для расчета энергии образования:
 - а) 3D-зародыша в объеме материнской фазы;
 - б) 3D-зародыша на твердой поверхности;
 - в) 2D-зародыша на твердой поверхности.

Объем зародыша принять равным V , площадь поверхности зародыша – S_1 , площадь границы раздела между зародышем и твердой поверхностью – S_2 , длину границы раздела – l .

8. Получена экспериментальная зависимость плотности тока от времени:

t, c	1	2	3	4	5	6
$i, \text{мкА/см}^2$	1	7,8	27,2	63,9	126	215

Предложите модель 3D-нуклеации. Перекрытие зон растущих зародышей не учитывать.

9. Получена экспериментальная зависимость плотности тока от времени:

t, c	1	2	3	4	5	6	7	8
$i, \text{мА/см}^2$	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32

Определить характер активации потенциальных центров, тип зародышеобразования и природу лимитирующей стадии, если известно, что гидродинамический режим не оказывает влияния на скорость процесса. Перекрытие зон растущих зародышей не учитывать.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме письменной контрольной работы. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используется количественная шкала оценок (нужное выбрать). Критерии оценивания приведены выше.