

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.ОД.16 Кинетика электрохимических процессов

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.01 – Химия
- 2. Профиль подготовки/специализации:** Теоретическая и экспериментальная химия
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** физической химии
- 6. Составитель программы:** Введенский Александр Викторович, д.х.н., проф.
- 7. Рекомендована:** научно - методическим Советом химического факультета от 26.06.2017 протокол № 6
- 8. Учебный год:** 2020 / 2021 **Семестр** 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины является формирование полной системы знаний в области электрохимической кинетики.

Задачи освоения учебной дисциплины:

- освоить общие идеи и принципы электрохимической кинетики,
- знать принципы моделирования электрохимических процессов,
- уметь применять основные способы описания электрохимических процессов, контролируемых стадиями различной природы.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Вариативная часть блока 1. Обязательная дисциплина. Для освоения данной дисциплины необходимы знания теоретических основ физической химии и электрохимии.

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	владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций;	знать: основы химического эксперимента; уметь: использовать синтетические и аналитические методы получения и исследования химических веществ; иметь навыки использования методов получения и исследования химических веществ.
ПК-2	владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	знать: систему фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии; уметь: применять систему фундаментальных химических понятий при выполнении лабораторных работ, по предложенным методикам; владеть основными методами выполнения лабораторных работ.

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		7	
Аудиторные занятия, в том числе:	66	66	
лекции	16	16	
лабораторные	50	50	
Самостоятельная работа	78	78	
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой			
Итого:	144	144	

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1.	Предмет электрохимической кинетики. Основные определения, цель и задачи курса.	Предмет и содержание электрохимии. Цель и задачи курса Электрохимическая цепь как источник тока. Электролизер. Поляризация. Перенапряжение
1.2.	Перенапряжение перехода. Роль адсорбции. Равновесные и кинетические изотермы адсорбции	Соотношение Бренстеда-Поляни-Семенова–Фрумкина в электродной кинетике. Одностадийная Ох-Red реакция. Энергия активации на стадии перехода заряда. Коэффициент переноса. Безбарьерные и безактивационные процессы. Количественный анализ вольтамперограмм. Роль структуры ДЭС в кинетике электродных реакций. Учет специфической адсорбции реагентов и продуктов в кинетике электрохимических реакций. Исправленные тафелевы зависимости. Кинетика восстановления анионов и ионов гидроксония. Стадийные электродные реакции. Критерии стадийности. Порядки электродной реакции по реагентам. Учет стадийности при определении порядка реакции.
1.3.	Перенапряжение диффузии. Постановка диффузионных задач. Роль конвекции	Перенапряжение диффузии. Модель Нернста строения диффузионной зоны. Полярография. Одновременный перенос Ох - и Red - форм. Учет миграции ионов в диффузионной кинетике. Модель Прандля – Левича. Вращающийся дисковый электрод.
1.4.	Диффузионно-электрохимическая кинетика. Выявление "кинетических" токов.	Закономерности смешанной диффузионно-электрохимической кинетики. Выделение кинетических токов на ВДЭ. Метод Фрумкина –Тедорадзе. Вращающийся дисковый электрод с кольцом. Выделение кинетических токов при помощи нестационарных электрохимических методов.
1.5.	Перенапряжение химической реакции. Перенапряжение кристаллизации (общие представления)	Перенапряжение реакции. Гомогенный химический процесс. Перенапряжение реакции. Гетерогенный химический процесс. Основы теории перенапряжения кристаллизации.
2. Лабораторные занятия		
2.2.	Перенапряжение перехода. Роль адсорбции. Равновесные и кинетические изотермы адсорбции	Получение циклических вольтамперограмм на металлических электродах. Расчет изотерм адсорбции.
2.3.	Перенапряжение диффузии. Постановка диффузионных задач. Роль конвекции	Влияние перемешивания на скорость электрохимических процессов.
2.4.	Диффузионно-электрохимическая кинетика. Выявление "кинетических" токов.	Выявление «кинетических» токов методом хроноамперометрии.
2.5.	Перенапряжение химической реакции. Перенапряжение кристаллизации (общие представления)	Получение тафелевских зависимостей электрохимических процессов. 2D- и 3D-нуклеация.

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Предмет электрохимической кинетики. Основные определения, цель и задачи	2		0	6	8

	курса.					
2	Перенапряжение перехода. Роль адсорбции. Равновесные и кинетические изотермы адсорбции	4		12	18	34
3	Перенапряжение диффузии. Постановка диффузионных задач. Роль конвекции	4		12	18	34
4	Диффузионно-электрохимическая кинетика. Выявление "кинетических" токов.	2		12	18	32
5	Перенапряжение химической реакции. Перенапряжение кристаллизации (общие представления)	4		14	18	36
Итого:		16		50	78	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. На лабораторных занятиях студенты либо индивидуально, либо в составе малой группы выполняют лабораторную работу. В ходе выполнения работ студенты приобретают навыки обращения с лабораторным оборудованием и инструментарием, самостоятельно осуществляют эксперименты, регистрируют, анализируют и интерпретируют результаты электрохимических исследований. Результаты учебно-исследовательской работы, включая необходимые расчеты, заключения и выводы, ответы на вопросы (задания) оформляются в рабочей тетради студента. В конце лабораторного занятия результаты и материалы учебно-исследовательской работы докладываются преподавателю, при необходимости обсуждаются в группе (отчет о лабораторном занятии). В случаях пропуска лабораторного занятия по каким-либо причинам студент обязан его самостоятельно выполнить под контролем преподавателя во время индивидуальных консультаций.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Она включает формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); подготовка к лабораторным работам, их оформление.

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов.

Текущая аттестация включает в себя регулярные отчеты студентов по лабораторным работам, выполнение тестовых и иных заданий к лекциям и разделам электрохимии в соответствии с методическими рекомендациями ЭУМК по дисциплине «Кинетика электрохимических процессов».

Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся является зачет.

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.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Краснов К.С. Физическая химия: учеб для вузов / К.С. Краснов - М. : Высш. шк., 2001. - Кн. 2: Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. - 318 с.
3	Феттер К. Электрохимическая кинетика / К. Феттер. - М.: Химия, 1967. - 855 с.
4	Скорчеллетти В.В. . Теоретическая электрохимия / В.В. Скорчеллетти .— 4-е изд., исправ. и доп. — Л. : Химия , 1974 .— 567 с.
5	Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия / А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шохина. - Л. : Химия, 1981. - 432 с.
6	Антропов Л.И. . Теоретическая электрохимия : учебник для студ. хим. и хим.-технол. спец. вузов / Л.И. Антропов .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1984 .— 518.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	Справочник по электрохимии / Под ред. А.М. Сухотина .— Л. : Химия : Ленингр. отд-ние, 1981 .— 486 с.
8	Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.В. Введенский [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010.
9	Научная электронная библиотека — < http://www.elibrary.ru >
10	Электронная библиотека Воронежского государственного университета — < http://www.lib.vsu.ru >
11	Официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Интернет - < http://www.chemnet.ru >

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

№ п/п	Источник
12.	Введенский А.В. Кинетика электрохимических процессов. Часть 1. Стадия переноса заряда / А.В, Введенский, Н.Б. Морозова, Е.В. Бобринская // уч. пособ. для вузов. – Воронеж. – Изд. дом ВГУ. – 2017. – 117 с.
13.	Введенский А.В. Кинетика электрохимических процессов. Часть 2. Стадия диффузии и химической реакции / А.В, Введенский, Н.Б. Морозова, Е.В. Бобринская // уч. пособ. для вузов. – Воронеж. – Изд. дом ВГУ. - 2017. – 60 с.

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

Образовательный портал «Электронный университет» www.edu.vsu.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук, проектор, лекционная аудитория

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 владением навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций;	Знать: основные экспериментальные методы электрохимического анализа	2.2-2.5	Контрольная работа
	Уметь: использовать методы вольтамперометрии, хронопотенци- и хроноамперометрии при изучении электрохимических систем	2.2-2.5	
	Владеть: навыками электрохимического эксперимента с использованием необходимого оборудования	2.2-2.5	
ПК-1 способность выполнять стандартные операции по предложенным методикам;	Знать: основные теоретические понятия курса	1.1-1.5	Отчет по лабораторным работам
	Уметь: применять основы кинетики электрохимических процессов при выполнении лабораторных работ по электрохимической кинетики	1.1-1.5	
	Владеть: основными методами выполнения лабораторных работ.	1.1-1.5	
Промежуточная аттестация			Комплект вопросов

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

Для оценивания результатов обучения используются следующие показатели:

- владение основными понятиями и законами электрохимической кинетики, способностью иллюстрировать ответ примерами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач;
- знание основ электрохимического эксперимента, методов исследования и получения химических веществ;
- умение формулирования выводов, предложений, обоснования полученных результатов электрохимического эксперимента; способность поиска, обработки и анализа научной информации.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется система оценок.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Всесторонние и глубокие знания по разделам курса. Безупречное выполнение в процессе изучения дисциплины всех заданий. Исчерпывающий ответ на вопросы билета.	Повышенный уровень	Отлично
Остаточное полное знание учебного материала, предусмотренного рабочей программой. Наличие аргументированного и обоснованного ответа на вопросы билета. Допускаются незначительные ошибки и неточности, которые исправлены после замечания преподавателя.	Базовый уровень	Хорошо
Знание основных положений рабочей программы. Ответ неполный, без обоснований и объяснений. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Отрывочные знания. Грубые, принципиальные ошибки при ответе на вопросы билета.	–	Неудовлетворительно

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 экзамену:

1. Понятия «перенапряжение» и «поляризация».
2. Химические источники тока. Гальванический элемент и электролизер.
3. Виды перенапряжений.
4. Перенапряжение переноса заряда. Уравнения Эрдей-Груза и Фольмера без учета структуры ДЭС.
5. Уравнения Эрдей-Груза и Фольмера с учетом структуры ДЭС.
6. Соотношение Бренстеда-Поляни-Семенова–Фрумкина.
7. Коэффициент переноса. Безбарьерные и безактивационные процессы.
8. Роль структуры ДЭС в кинетике электродных реакций.
9. Учет специфической адсорбции реагентов и продуктов в кинетике электрохимических реакций.
10. Стадийные электродные реакции. Критерии стадийности.
11. Порядки электродной реакции по реагентам. Учет стадийности при определении порядка реакции.
12. Перенапряжение диффузии. Модель Нернста строения диффузионной зоны.
13. Учет миграции ионов в диффузионной кинетике.
14. Вращающийся дисковый электрод.
15. Закономерности смешанной диффузионно-электрохимической кинетики.
16. Выделение кинетических токов на ВДЭ. Метод Фрумкина–Тедорадзе.
17. Вращающийся дисковый электрод с кольцом.
18. Перенапряжение реакции в гомогенных и гетерогенных процессах.
19. Основы теории перенапряжения кристаллизации.
20. Кинетика выделения водорода. Основные механизмы.

19.3.2. Перечень заданий для контрольной работы

1. Коэффициент переноса для необратимой двухэлектронной электродной реакции при температуре $T = 298 \text{ K}$ равен 0.5. Рассчитайте, при каком изменении активационного перенапряжения скорость переноса заряда увеличится в 10 раз.
2. Плотность тока обмена i_0 реакции электрохимического выделения водорода сильно зависит от природы металлического электрода. В кислых водных растворах при стандартных условиях ($T = 298 \text{ K}$, $p = 101325 \text{ Па}$) параметр i_0 равен 10^{-3} A/cm^2 на платине и 10^{-12} A/cm^2 на кадмии. Предполагая, что процесс лимитируется стадией переноса заряда, а катодное перенапряжение равно -0.1 В , рассчитайте плотность тока выделения водорода на платине. При каком перенапряжении такая же плотность тока будет достигнута на кадмии? Примите, что коэффициент переноса заряда равен 0.5.
3. На электроде геометрической площадью 0.5 см^2 протекает одноэлектронная реакция, лимитируемая переносом заряда. Равновесный потенциал электрода в данной среде равен 0.47 В . Рассчитайте силу тока, протекающего через электрод при потенциале 0.54 В и температуре 298 K , если геометрическая плотность тока обмена электродного процесса составляет 28 мкА/см^2 . Примите, что коэффициент переноса заряда равен 0.5, а фактор шероховатости поверхности электрода $f_r = 1.2$.
4. Рассчитайте коэффициент диффузии ионов Ag^+ в водном растворе с концентрацией нитрата серебра 0.001 моль/дм^3 , если опытная потенциостатическая зависимость силы парциального тока восстановления серебра от времени на плоском гладком электроде площадью 0.8 см^2 подчиняется уравнению $I_{\text{Ag}^+} = \text{const} \cdot t^{-1/2}$, в котором $\text{const} = 172 \text{ мкА} \cdot \text{с}^{1/2}$.
5. При какой плотности тока гальваностатического восстановления ионов серебра на плоском гладком электроде переходное время процесса τ составит 25 с , если коэффициент диффузии ионов Ag^+ равен $1.6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, а их концентрация составляет $10^{-2} \text{ моль/дм}^3$? Как изменится τ , если разбавить раствор в 10 раз? Увеличить плотность тока в 10 раз?

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 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 формах: выполнение и сдача лабораторных работ и написание контрольных работ. 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, позволяющие оценить степень сформированности умений, навыков и опыта выполнения химического эксперимента.