



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**Институт физической химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук
(ИФХЭ РАН)**

Рабочая программа дисциплины

Кинетика электрохимических реакций

по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Специальность 02.00.05 «Электрохимия»

Москва

2014 год

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины. Создание у аспирантов теоретической базы для изучения теории и методов решения задач в областях теоретической и прикладной электрохимии, что должно позволить им успешно работать в различных областях науки и техники, использующих электрохимические методы, а также в области профессионального образования.

Задачи дисциплины:

- создание углубленного представления о кинетике электрохимических реакций;
- освоение подходов для практического использования полученных знаний для анализа и совершенствования существующих и разработки новых электрохимических процессов и технологий, методов анализа состава различных сред, создания новых безопасных технологий и др.;
- изучение методов и подходов к решению разнообразных научных и прикладных проблем, связанных с электрохимией;
- обучение навыкам теоретического анализа результатов экспериментальных исследований, методам планирования экспериментов и обработки их результатов, систематизирования и обобщения как уже имеющейся в литературе, так и самостоятельно полученной в ходе исследований информации.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Настоящая дисциплина «Кинетика электрохимических реакций» - модуль основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 02.00.05 – Электрохимия.

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: знание разделов физической химии, относящихся к электрохимии, навыки, приобретенные на практических (лабораторных) занятиях в рамках учебных программ химических факультетов университетов или химико-технологических университетов.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: разделы физической химии – химическая кинетика, теория адсорбции

3 Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции.

Универсальные компетенции (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

Профессиональные компетенции (ПК)

- способность применить основные экспериментальные методы, используемые при исследованиях в области электрохимии, на практике (ПК-1);
- способность практического использования полученных знаний для анализа и совершенствования существующих и разработки новых электрохимических процессов и технологий, методов анализа состава различных сред, создания новых безопасных технологий и др. (

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов). Дисциплина читается на 3 курсе

4.1 Структура дисциплины

| № п/п | Наименование дисциплины | Объем учебной работы (в часах) | | | | | | Вид итогового контроля | |
|----------|--|--------------------------------|-----------------|---------------|------|-------|------|---------------------------|----------------|
| | | Всего | Всего аудит. | Из аудиторных | | | | | Сам. работа |
| | | | | Лекц. | Лаб. | Прак. | КСР. | | |
| 1 | Кинетика электрохимических реакций | 180 | 144 | 36 | | 108 | | 36 | Экзамен |

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Раздел Дисциплины | Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах) | | | | Самостоятельная работа |
|-------|---|---|------|-----|-----|------------------------|
| | | Лек. | Лаб. | Пр. | КСР | |
| 1 | Диффузионная кинетика. | 10 | | 36 | | 10 |
| 2 | Кинетика стадии разряда-ионизации. | 16 | | 36 | | 16 |
| 3 | Кинетика сложных электрохимических реакций. | 10 | | 36 | | 10 |

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела (темы) | Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.) |
|-------|---|---|--|
| 1 | Диффузионная кинетика. | <i>Понятие лимитирующей стадии электродной реакции. Основные уравнения диффузионной кинетики. Явление миграции в электрохимических системах. Теория конвективной диффузии. Нестационарная диффузия.</i> | <i>Лекции, практические занятия в лаборатории</i> |
| 2 | Кинетика стадии разряда-ионизации. | <i>Основные уравнения теории замедленного разряда. Ток обмена. Поляризационная кривая. Влияние двойного электрического слоя на скорость стадии разряда. Зависимости скорости электрохимической реакции от температуры, материала электрода и растворителя. Импеданс стадии разряда-ионизации.</i> | <i>Лекции, практические занятия в лаборатории</i> |
| 3 | Кинетика сложных электрохимических реакций. | <i>Электрохимические процессы в условиях медленной химической реакции. Поляризация, связанная с образованием новой фазы. Последовательный перенос нескольких электронов. Катодное выделение водорода. Электровосстановление кислорода. Коррозия металлов.</i> | <i>Лекции, практические занятия в лаборатории</i> |

5. Образовательные технологии

Основные виды образовательных технологий:

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Сопровождение лекций визуальным материалом в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Powerpoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора, а также результатов компьютерного моделирования поверхностных явлений и явлений переноса в электрохимических системах.
3. Проведение практических работ в научной лаборатории, участие обучающихся в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Виды самостоятельной работы:

- с компьютером в лабораториях и в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет, с учебной и научной литературой по специальности;
- с лабораторным оборудованием под контролем сотрудников Института.

Форма контроля знаний: систематические обсуждения с научными руководителями по результатам освоения теоретических разделов, результатов проведенной экспериментальной работы с целью контроля успехов освоения научной дисциплины, подготовки к сдаче экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Определения перенапряжения и поляризации. Методы измерения потенциала электрода под током. Основные стадии электрохимического процесса. Понятие о лимитирующей стадии. Классификация перенапряжений. Стехиометрическое число стадии.
2. Компоненты суммарного потока. Связь суммарного потока с плотностью тока. Диффузионный поток. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии, его зависимость от концентрации раствора. Распределение концентрации в приэлектродном слое при стационарной диффузии. Эффективная толщина диффузионного слоя.
3. Миграционный поток. Связь подвижности с коэффициентом диффузии иона. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Точная и приближенная оценка вклада миграции в перенос ионов к электроду и величину предельного тока.
4. Конвективный поток. Естественная и вынужденная конвекция. Предельный поток и предельная плотность тока в растворе с избытком индифферентного электролита в условиях естественной и вынужденной конвекции. Вращающийся дисковый электрод. Уравнение Левича.

5. Падение потенциала в диффузионном слое, его составляющие.
6. Уравнение диффузионного перенапряжения при катодном восстановлении металлов из растворов их простых солей.
7. Уравнение поляризационной кривой и выражение для потенциала полуволны обратимой окислительно-восстановительной системы.
8. Нестационарная диффузия. Второй закон Фика. Условия, при которых изменения концентрации описываются вторым законом Фика. Нестационарная диффузия к плоскому электроду в потенциостатических условиях. Граничные условия. Распределение концентрации в приэлектродной зоне. Выражение для плотности диффузионного тока.
9. Нестационарная диффузия в гальваностатических условиях. Граничные условия. Распределение концентрации в приэлектродной зоне. Переходное время.
10. Соотношение Бренстеда-Поляни-Семенова и его физическое обоснование в условиях электродного процесса. Электронные термы. Влияние скачков потенциала в области межфазной границы и работы специфической адсорбции на изменение стандартной электрохимической энергии Гиббса и энергию активации катодной и анодной реакции. Коэффициенты переноса.
11. Скорость прямой и обратной реакции. Абсолютная, гетерогенная и измеренная константы скорости. Ток обмена. Уравнение Фольмера. Анализ уравнения Фольмера (предельные формы).
12. Уравнение Тафеля. Константы a и b в уравнении Тафеля. Нахождение констант из поляризационных кривых. Расчет тока обмена.
13. Уравнение Фрумкина для перенапряжения. Влияние природы металла и строения ДЭС на электрохимическое перенапряжение.
14. Роль специфической адсорбции ионов и предпочтительной ориентации полярных молекул растворителя и растворенных веществ в образовании ДЭС.
15. Влияние органических ПАВ на электровосстановление ионов металлов. Эффект Лошкарева.
16. Электрохимические реакции с последовательным переносом электронов. Быстрые и замедленная электрохимические стадии. Уравнение полной и частных поляризационных кривых для сложной электрохимической реакции (без учета двойнослойных эффектов). Кажущиеся коэффициенты переноса. Способ определения и применение для установления механизма реакции.
17. Химическое перенапряжение. Классификация химических стадий. Поляризационные кривые при замедленной гетерогенной химической стадии.
18. Микро- и макрораспределения. Принцип эквипотенциальности микропрофиля и неэквипотенциальности макропрофиля. Явления выравнивания и антивыравнивания при электроосаждении металлов. Механизм действия выравнивающих добавок.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – 2-е изд., испр. И перераб. – М.: Химия, КолосС, 2006.
- Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А., Тимонов А.М. Теоретическая электрохимия. – М.: Студент, 2013.

б) дополнительная литература:

- Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия. 2001.
- Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высшая школа. 1984.
- Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. Л.: Химия, 1974.
- Феттер К. Электрохимическая кинетика. М.: Химия. 1967.
- Ньюмен Дж. Электрохимические системы. М.: Мир. 1977.
- Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.: Химия. 1988.
- Корыта И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия. М.: Мир. 1977.
- Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А. Теоретическая электрохимия. Л.: Химия, 1981.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

НОК располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

Аудитория для проведения лекций, оснащенная компьютером и проектором для показа слайдов компьютерных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Инструментальная база НОК основана на центре коллективного пользования физическими методами исследования ИФХЭ РАН. В составе имеющегося оборудования ЯМР-спектрометр фирмы «Брукер»: AVANCE II DRX-600, масс-спектрометр MALDI-TOF Bruker ultraflex III, масс-спектрометр ICP-MS - Bruker Daltonics aurora M90, спектрофотометр УФ и видимой области Specord M400, ИК-спектрометр Perkin-Elmer-2000, спектрофотометр Agilent 8453, сканирующий зондовый микроскоп Solver P47 PRO, атомно-силовой микроскоп – спектрометр Force Master 402 MD, рентгено-флюороресцентный микроанализатор VRA-30, рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-6000 и многие другие приборы. Лаборатории оснащены современными приборами для физикохимического анализа.

Авторы программы:

Заведующий лабораторией Строения поверхностных слоев
д.х.н. А.И. Данилов
с.н.с. лаборатории Строения поверхностных сил
к.х.н. Поляков Н.А.

Программа подготовлена в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 883 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании секции «Электрохимия» при Ученом Совете ИФХЭ РАН (протокол № 1 от 02 декабря 2014 г.).

Председатель секции:
Заместитель директора Института
по научной работе, д.х.н.

В.Н. Андреев