

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета,
Акад. РАН, профессор



С.Н.Калмыков/

«30» августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процессы переноса электрона в химических системах

Electron transfer in chemical systems

Уровень высшего образования:

Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Электрохимия (104-01-00-146-хн)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Требованиями к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемыми Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова (приказ № 1216 от 24 ноября 2021 г.)

1. Краткая аннотация:

Название дисциплины: Процессы переноса электрона в химических системах (Electron transfer in chemical systems)

Цель изучения дисциплины развитие широкого кругозора обучающихся путем интеграции нескольких разделов физической химии и химической физики и демонстрации аналогий в явлениях гомогенного и гетерогенного переноса электрона в существенно различных системах: растворы, стекла, твердые тела, заряженные межфазные границы (электрод/раствор и жидкость/жидкость).

2. Уровень высшего образования подготовка кадров высшей квалификации

3. Научная специальность: **1.4.6** Электрохимия, область науки: 1. Естественные науки

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: Обязательные дисциплины (модули).

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 56 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (22 часа занятия лекционного типа, 24 часов семинарского типа, 8 часов групповые консультации, 2 часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 16 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: на предыдущих уровнях высшего образования должны быть освоены общие курсы:

- 1) «Общая физика»,
- 2) «Физическая химия»,
- 3) «Электрохимия».

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Всего
Раздел 1. Гомогенный перенос электрона	36	12	12	4			28	8	8
1.1. Экспериментальные методы исследования кинетики гомогенных реакций	4	2	2				4		
1.2. Теория Маркуса для гомогенных реакций переноса электрона, общий подход	6	2	2	2			6		
1.3. Электростатические факторы, определяющие работы подвода, зависимость скорости реакции от ионной силы раствора	6	2	2				4	2	2
1.4. Энергия реорганизации полярной среды, зависимость скорости реакции от природы растворителя	6	2	2				4	2	2
1.5. Внутрисферная энергия реорганизации, зависимость скорости	6	2	2				4	2	2

реакции от природы реагента									
1.6. Вероятность переноса электрона, внутримолекулярный перенос, экспериментальное обнаружение инвертированной маркусовской области	8	2	2	2			6	2	2
Раздел 2. Гетерогенный перенос электрона	34	10	12	4			26	8	8
2.1. Экспериментальные методы определения скоростей гетерогенного переноса электрона	8	2	4				6	2	2
2.2. Влияние заряда поверхности на скорость гетерогенного переноса электрона	6	2	2				4	2	2
2.3. Особенности расчета энергии реорганизации растворителя для электродных реакций	12	4	4	2			10	2	2
2.4. Электронное перекрытие электрод/реагент, зависимости скорости реакции от потенциала в безактивационной области	8	2	2	2			6	2	2
Промежуточная аттестация: <u>зачет</u>	2					2	2		
Итого	72	22	24	8		2	56	16	16

8. Образовательные технологии.

Используются следующие технологии: традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; лекции проблемного характера. Преподавание дисциплины проводится в форме авторского курса по программе, составленной на основе результатов исследований, проведенных зарубежными, советскими и российскими учеными, в том числе, принадлежащими к школе МГУ.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. — М.: Химия, 2001; второе издание — М.: КолосС-Химия, 2006; третье издание — СПб.: Лань, 2015.
2. Schmickler W., Santos E. Interfacial Electrochemistry, 2nd Edition — Springer, 2010.

Дополнительная литература:

1. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. — Л.: Химия, 1988.
2. Корята И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия.— М.: Мир, 1977.
3. Феттер К. Электрохимическая кинетика. — М.: Химия, 1967.
4. Фрумкин А.Н., Багоцкий В.С., Иофа З.А., Кабанов Б.Н. Кинетика электродных процессов.— М.: изд-во МГУ, 1952.

Презентации лекций, а также вспомогательный материал для самостоятельной работы доступен аспирантам на сайте <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/prg5.htm>

Интернет-ресурсы:

- Учебные материалы (презентации лекций, также методические указания к самостоятельной работе расположены на сайте <http://www.elch.chem.msu.ru/>.
- Электронная библиотека РФФИ <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Доступ к коллекциям книг и журналов издательства “Elsevier”. <http://www.sciencedirect.com/>
- Доступ к коллекциям книг и журналов издательства “Springer”. <http://www.springerlink.com>
- Доступ к коллекциям журналов издательства “American Chemical Society (ACS)”. <http://www.pubs.acs.org>
- Доступ к коллекциям журналов издательства “The Royal Society of Chemistry”. <http://pubs.rsc.org/>
- Доступ к реферативным базам данных <http://www.scopus.com> и <http://www.isiknowledge.com>

Описание материально-технической базы:

Кафедра электрохимии имеет материально-техническую базу, обеспечивающую проведение всех предусмотренных учебной программой аспирантов видов теоретической и практической подготовки. Специальные аудитории на кафедре имеют: мультимедиа-проектор с экраном, персональные компьютеры (в том числе ноутбуки), оснащенные всеми необходимыми программами, базами данных и выходом в интернет, оргтехнику (принтеры и сканеры), учебные материалы на электронных носителях.

11. Язык преподавания русский

12. Преподаватели:

д.х.н., профессор, Цирлина Галина Александровна, tsir@elch.chem.msu.ru, 8(495)939-13-21.

**Фонды оценочных средств,
необходимые для оценки результатов обучения**

Пример задачи для домашнего задания:

Проанализировать экспериментальные данные по зависимости констант скорости переноса электрона от природы растворителя, приведенные в статье Fawcett W.R., Opallo M. // *J. Phys. Chem.*, 96 (1992) 2920-2924, с целью разделить вклады статического и динамического эффектов растворителя. Сравнить результаты модельных оценок энергии реорганизации растворителя по оригинальной формуле Маркуса и по ее исправленной версии, используемой авторами статьи (среднесферическое приближение).

Примеры вопросов к зачету:

1. Какие характеристики растворителя определяют скорость адиабатических процессов переноса электрона?
2. Какие эксперименты необходимы для разделения вкладов статического и динамического эффектов растворителя?
3. Какие параметры в уравнении теории Маркуса для скорости переноса электрона зависят от температуры?
4. Какие параметры в уравнении теории Маркуса для скорости переноса электрона зависят от природы и концентрации фонового электролита?
5. При какой свободной энергии реакции возможен переход в безактивационную область для гетерогенного переноса электрона на катион гексааммиаката Ru(III) в водном растворе?
6. При какой свободной энергии реакции возможен переход в инвертированную маркусовскую область для гетерогенного переноса электрона на анион Cr(III)EDTA?
7. При какой длине алкильной цепи происходит снижение скорости гетерогенного переноса электрона в 1000 раз по сравнению со скоростью на немодифицированной алкантиолами поверхности?
8. Каково соотношение скоростей гомогенной реакции обмена в гексацианоферратной системе и гетерогенной реакции восстановления гексацианоферрата?
9. Каковы различия электростатических эффектов, проявляющихся в процессах гетерогенного и гомогенного переноса электрона?
10. Как в уравнениях теории Маркуса для реакций восстановления анионов могут быть косвенно учтены эффекты катионного катализа?

Методические материалы

для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет проходит по билетам, включающим 3 вопроса. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже, чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено».

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка Результат	Незачёт (2)	Зачёт (3)	Зачёт (4)	Зачёт (5)
Знания	Отсутствие базовых знаний о современных концепциях и законах электрохимии	Общие, но неглубокие знания о современных концепциях и законах электрохимии, содержащие пробелы	Общие, но не структурированные знания о современных концепциях и законах электрохимии	Сформированные систематические знания о современных концепциях и законах электрохимии
Умения	Отсутствие умения применять знания о современном состоянии электрохимии для решения научных задач	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания о современном состоянии электрохимии для решения научных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания о современном состоянии электрохимии для решения научных задач (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение применять знания о современном состоянии электрохимии для решения научных задач
Навыки (владения)	Отсутствие навыков применения знаний о электрохимических процессах	Наличие навыков применения знаний о электрохимических процессах, не всегда верно используемых	В целом, сформированные навыки применения знаний о электрохимических процессах, но не в активной форме	Сформированные навыки применения знаний о электрохимических процессах