

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«31» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Электрохимия

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки (специальность):
04.03.01 Химия

Направленность (профиль) ОПОП:
Общая химия

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией факультета
(протокол №2 от 14.05.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.03.01 «Химия» (программа бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки от 17 июля 2017 г. №671.

Год (годы) приема на обучение 2021/2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: дисциплины (модули), часть, формируемая участниками образовательных отношений.
2. . Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>ОПК-1.Б Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</p>	<p>ОПК-1.Б.1. Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных</p>	<p>Знать: фундаментальные основы электрохимии и химии высоких энергий, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов и способы их применения для решения практических задач Знать: актуальные направления исследований в области современной электрохимии и химии высоких энергий Уметь: использовать основные феноменологические и теоретические соотношения для количественного описания влияния различных факторов на характеристики растворов, межфазных границ и электродных процессов, а также процессов с участием сольватированных электронов</p>
	<p>ОПК-1.Б.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p>Уметь: применять полученные знания при решении практических задач в области прикладной электрохимии и химии высоких энергий, используя методологию научного подхода Владеть: навыками применения теоретических основ электрохимии при решении учебных и научных задач</p>
<p>ОПК-3. Способен применять расчётно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники</p>	<p>ОПК-3.Б.1. Оценивает свойства веществ и материалов, прогнозирует результаты химических процессов с использованием современных расчетно-теоретических методов и представлений</p>	<p>Знать: возможности и ограничения разных типов термодинамических и кинетических моделей, применяемых для описания свойств растворов, межфазных границ и процессов в этих системах Уметь: осознанно выбирать адекватные модели для описания равновесий в конкретных растворах, состояния межфазных границ, кинетики процессов в этих системах Уметь: проводить физико-химические расчеты с использованием основных соотношений электрохимической термодинамики и кинетики</p>

		тики электродных процессов и процессов с участием сольватированных электронов в растворах Уметь: решать учебные задачи по основным разделам электрохимии
	ОПК-3.Б.3. Систематизирует и анализирует результаты теоретических расчетов свойств веществ и материалов	Знать: современные способы описания термодинамических свойств растворов и межфазных границ, кинетики процессов с участием электронов Владеть: навыками интерпретации результатов термодинамического моделирования
ОПК-5 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-5.Б.2 Использует современные компьютерные технологии при сборе информации химического профиля с использованием общих и профессиональных баз данных, систематизации и обработке данных	Знать: основные источники информации по электрохимии Уметь: пользоваться справочной литературой и базами данных по электрохимии и химии высоких энергий Уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах Владеть: приемами поиска корректной справочной информации, навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научной информации

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 40 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (18 часов – занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

Знать: основные физико-химические понятия

Уметь: проводить расчеты и оценки ключевых физико-химических величин

Владеть: основами механики и электростатики в рамках курса общей физики

5. 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	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Раздел 1. Равновесия с участием ионов и электронов в растворах и на межфазных границах	20	6	6				12	8		8
Раздел 2. Основные понятия химии высоких энергий. Сольватированный электрон в химии	18	4	6				10	8		8
Раздел 3. Строение заряженных межфазных границ и кинетика электродных процессов	22	8	6				14	8		8
Промежуточная аттестация: <u>зачет</u>	12			2		2	4	8		8
Итого	72	18	18	2		2	40	32		32

6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Самостоятельная работа проводится в соответствии с заданиями, получаемыми студентами во время лекций и семинаров. Самостоятельная работа студентов обеспечивается доступом к сети Интернет и базам данных. Методические указания к самостоятельной работе расположены на сайте кафедры на страницах <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/wp/index.php/opotok/> и <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/wp/index.php/seminar/>.

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbgmu.ru/>

Основная литература

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2001; М.: КолосС-Химия, 2006; СПб.: Лань, 2015.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа, 1983.
3. Фрумкин А.Н., Багоцкий В.С., Иофа З.А., Кабанов Б.Н. Кинетика электродных процессов. М.: изд-во МГУ, 1952.
4. Экспериментальные методы химии высоких энергий / под ред. М.Я. Мельникова. М.: Изд-во МГУ, 2009.

Дополнительная литература

1. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. Л.: Химия, 1988.
2. Корыта И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия. М.: Мир, 1977.
3. Ньюмен Дж. Электрохимические системы. М.: Мир, 1977.
4. Феттер К. Электрохимическая кинетика. М.: Химия, 1967.

5. Харт Э., Анбар М. Гидратированный электрон. М.: Атомиздат, 1973.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

Цирлина Галина Александровна, профессор, д.х.н.

Фельдман Владимир Исаевич, профессор, д.х.н.

Борзенко Марина Игоревна, доцент, к.х.н.

Лауринавичюте Вероника Кестуче, с.н.с., к.х.н.

Свиридова Лиана Николаевна, с.н.с., к.х.н.

Пуголовкин Леонид Витальевич, н.с., к.х.н.

Левин Эдуард Евгеньевич, н.с.

Хохлов Александр Анатольевич, м.н.с., к.х.н.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачета. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

Вопросы для подготовки к зачету

1. Сформулируйте ограничения при использовании энергий сольватации, рассчитанных по модели Борна, для предсказания растворимости солей.
2. Предложите обоснование для использования стоксовских радиусов при оценке параметра второго приближения модели Дебая-Хюкеля.
3. Предложите метод расчета первого слагаемого в эмпирическом уравнении Кольрауша для зависимости электропроводности от концентрации на основе уравнения Дебая-Хюкеля-Онзагера.
4. Перечислите требования к редокс-системе, которую можно использовать в качестве электрода сравнения в водных растворах кислот.
5. Укажите принципиальные различия идеально поляризуемого, совершенно поляризуемого и неполяризуемого электродов.
6. Перечислите параметры, необходимые для расчета тока обмена электродного процесса.
7. Сформулируйте как определяется энергетический выход радиационно-химических и фотохимических процессов.

Примеры контрольных вопросов и задач для зачета

Контрольные вопросы

1. Какая характеристика полярного растворителя влияет на энергию сольватации иона?
2. Как влияет размер и заряд ионов на концентрационный предел применимости уравнений Дебая-Хюккеля?
3. Для какого электролита больше константа в эмпирическом уравнении Кольрауша – для кислоты или для ее соли? Проведите качественное сравнение на основе модели Онзагера.
4. При увеличении pH среды будет ускоряться или замедляться реакция восстановления ионов металла формальдегидом?
5. На каком металле выше затраты заряда на формирование монослоя адсорбированного кислорода – на платине или на палладии при одинаковой кристаллографической ориентации поверхности?
6. При каких обстоятельствах наблюдаемый коэффициент переноса для электродного процесса может оказаться выше 1?
7. Приведите примеры «сверхбыстрых» реакций гидратированного электрона и поясните, какой смысл имеет в этом случае радиус реакции.
8. Как изменяется эффективный «термодинамический» радиус гидратированного электрона при повышении температуры ?

Расчетные задачи

1. Рассчитайте pH сантиметлярного раствора ацетата калия, зная константу кислотности уксусной кислоты. Воспользуйтесь вторым приближением модели Дебая-Хюккеля.
2. Оцените и сравните удельные электропроводности водных растворов, содержащих 10^{-3} М и 10^{-7} М гидроксида аммония, при 25 °С.
3. Как изменится концентрация ионов серебра в воде, находящейся в равновесии с твердых AgBr, при добавлении NaBr до достижения его концентрации 0.1 М? Температура раствора 40 °С, диэлектрическую проницаемость считать равной диэлектрической проницаемости воды при этой температуре.
4. Известно, что растворимости хлорида натрия в воде, этаноле и бензоле составляют 35.7, 0.065 и $<10^{-4}$ г/100 г воды соответственно, то есть уменьшаются при переходе к менее полярным растворителям. Описывается ли это поведение моделью Борна?
5. На гладкую поверхность стеклоуглеродного электрода нанесен монодисперсный родий (диаметр частиц 10 нм) в количестве 80 мкг/см². Какова геометрическая (видимая) площадь стеклоуглерода, если для электроокисления водорода, адсорбированного на родии при потенциале 0 В по обратимому водородному электроду в том же растворе, требуется пропускать ток 1 мА в течение 30 с. Число поверхностных атомов родия принять равным усредненному для трех низкоиндексных граней платины.

6. Насколько надо изменить скорость вращения дискового электрода при замене раствора, содержащего 1 мМ бромат-аниона, на раствор 1 мМ хлорида железа(III), чтобы предельный диффузионный ток на диске остался неизменным?
7. Ртутный электрод с зарядом поверхности, равным -15 мкКл/см^2 , и потенциалом -1.30 В относительно хлорсеребряного электрода находится в растворе, содержащем 0.01 М индифферентного 1,1-электролита, $0.001 \text{ М Cr(III)EDTA}^-$ и $0.0005 \text{ М Cr(II)EDTA}^{2-}$. Найдите плотность тока восстановления Cr(III)EDTA^- на ртутном электроде при $25 \text{ }^\circ\text{C}$.
8. В раствор 2 М NaOH при температуре 368 К помещены два электрода: анод с геометрической площадью поверхности 10 см^2 , загрузка платины 100 мкг/см^2 , диаметр сферических частиц 9 нм , и катод с геометрической площадью поверхности 15 см^2 , загрузка никеля 80 мкг/см^2 , диаметр сферических частиц 10 нм . При каком напряжении функционирование системы в режиме электролизера (при отсутствии диффузионных ограничений) обеспечит выделение водорода со скоростью 2.5 л/час ? Омическими потерями пренебречь. Коэффициенты переноса для замедленных одноэлектронных стадий обеих реакций принять равными 0.5 .
9. Известно, что при повышении температуры наблюдается «красный» сдвиг максимума оптического поглощения гидратированного электрона с коэффициентом $dE_{max}/dT = -2.9 \cdot 10^{-3} \text{ эВ/ К}$. Предполагая, что это смещение обусловлено только изменением энергии гидратации (т.е., свободная энергия гидратации изменяется на такую же величину, как и оптическая глубина ловушки E_{max}), оцените, как и во сколько раз изменится эффективный радиус гидратированного электрона при изменении температуры от 25 до $85 \text{ }^\circ\text{C}$. Принять свободную энергию гидратации электрона при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ равной -157 кДж/ моль . Расчет провести в рамках приближения Борна.
10. Органическое вещество X способно претерпевать изомеризацию по нецепному механизму под действием ионизирующего излучения и света с длиной волны 540 нм . Квантовый выход фотоизомеризации составляет 0.5 . Возможно ли протекание радиационно-химического процесса с такой же энергетической эффективностью? Ответ подтвердить расчетом.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение

Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач
РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: фундаментальные основы электрохимии и химии высоких энергий, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов и способы их применения для решения практических задач</p> <p>Знать: актуальные направления исследований в области современной электрохимии и химии высоких энергий</p> <p>Знать: возможности и ограничения разных типов термодинамических и кинетических моделей, применяемых для описания свойств растворов, межфазных границ и процессов в этих системах</p> <p>Знать: современные способы описания термодинамических свойств растворов и межфазных границ, кинетики процессов с участием</p> <p>Знать: основные источники информации по электрохимии</p>				<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Уметь: использовать основные феноменологические и теоретические соотношения для количественного описания влияния различных факторов на характеристики растворов, межфазных границ и электродных процессов, а также процессов с участием сольватированных электронов</p> <p>Уметь: применять полученные знания при решении практических задач в области прикладной электрохимии и химии высоких энергий, используя методологию научного подхода</p> <p>Уметь: осознанно выбирать адекватные модели для описания равновесий в конкретных растворах, состояния межфазных границ, кинетики процессов в этих системах</p> <p>Уметь: проводить физико-химические расчеты с использованием основных соотношений электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов и процессов с участием сольватированных электронов в растворах</p> <p>Уметь: решать учебные задачи по основным разделам электрохимии</p> <p>Уметь: пользоваться справочной литературой и базами данных по электрохимии и химии высоких энергий</p> <p>Уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах</p>				<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Владеть: навыками применения теоретических основ электрохимии при решении учебных и научных задач электронов</p> <p>Владеть: навыками интерпретации результатов термодинамического моделирования</p> <p>Владеть: приемами поиска корректной справочной информации, навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научной информации</p>				<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>

