

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» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Электрохимия**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения, Коллоидная химия, Лазерная химия, Медицинская химия и тонкий органический синтез, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Неорганическая химия, Нефтехимия, Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Фундаментальная и прикладная энзимология, Химия ионных и молекулярных систем, Химическая кинетика, Химия высоких энергий, Химия и технология веществ и материалов, Химия твердого тела, Электрохимия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №7 от 07.07.2021)  
Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021, 2021/2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, блок ХД.

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><b>УК-1.С</b> Способен формулировать научно обоснованные гипотезы, создавать теоретические модели явлений и процессов, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности</p>	<p><b>УК-1.С.2</b> Формулирует научно обоснованные гипотезы, создает теоретические модели явлений и процессов</p>	<p><b>Уметь:</b> использовать теоретические знания для решения конкретных задач профессиональной деятельности</p> <p><b>Владеть:</b> системой фундаментальных химических понятий и методологией научных исследований в выбранной области химии,</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ традиционных и современных разделов химии при решении профессиональных задач</p>
<p><b>ОПК-1.С</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p><b>ОПК-1.С.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных</p>	<p><b>Знать:</b> фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов и способы их применения для решения практических задач</p> <p><b>Знать:</b> актуальные направления исследований в области современной электрохимии</p> <p><b>Уметь:</b> использовать основные феноменологические и теоретические соотношения для количественного описания влияния различных факторов на характеристики растворов, межфазных границ и электродных процессов</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания при решении практических задач в области прикладной электрохимии, используя методологию научного подхода</p>

	<b>ОПК-1.С.2.</b> Выявляет ошибочные суждения и логические противоречия, опираясь на знание теоретических основ фундаментальных разделов химии	<b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ электрохимии при решении учебных и научных задач
<b>ОПК-4.С</b> Способен создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные математические результаты	<b>ОПК-4.С.1</b> Предлагает математические и (или) физические модели химических процессов	<b>Знать:</b> современные способы описания термодинамических свойств растворов и межфазных границ, кинетики процессов с участием электронов <b>Знать:</b> возможности и ограничения разных типов термодинамических и кинетических моделей, применяемых для описания свойств растворов, межфазных границ и процессов в этих системах <b>Уметь:</b> осознанно выбирать адекватные модели для описания равновесий в конкретных растворах, состояния межфазных границ, кинетики процессов в этих системах
	<b>ОПК-4.С.2</b> Грамотно интерпретирует математические результаты расчета характеристик (свойств, параметров) химических объектов	<b>Владеть:</b> навыками интерпретации результатов термодинамического моделирования
<b>ОПК-5.С</b> Способен использовать современные расчетно-теоретические методы изучения свойств веществ и процессов с их участием при решении профессиональных задач	<b>ОПК-5.С.1.</b> Оценивает свойства веществ и материалов, прогнозирует результаты химических процессов с использованием современных расчетно-теоретических методов и представлений	<b>Уметь:</b> проводить физико-химические расчеты с использованием основных соотношений электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов <b>Уметь:</b> решать учебные задачи по основным разделам электрохимии
<b>ОПК-7.С</b> Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	<b>ОПК-7.С.1</b> Использует современные компьютерные технологии при сборе информации химического профиля с использованием общих и профессиональных баз данных	<b>Знать:</b> основные источники информации по электрохимии <b>Уметь:</b> пользоваться справочной литературой и базами данных по электрохимии <b>Уметь:</b> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах <b>Владеть:</b> приемами поиска корректной справочной информации, навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научной информации

3. 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					Самостоятельная работа обучающегося, часы			
		из них					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. Термодинамика элект-	28	8	8				16	12		12

<b>трохимических систем и строение межфазных границ</b>										
<b>Раздел 2. Отдельные вопросы кинетики электрохимических процессов и прикладной электрохимии</b>	32	10	10				20	12		12
Промежуточная аттестация: <i>зачет</i>	12			2		2	4	8		8
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	2		2	<b>40</b>	32		<b>32</b>

#### 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 странице <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/wp/index.php/415-2/>.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### 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. Рудой В. М., Останина Т. Н., Мурашова И. Б., Даринцева А. Б. Электрохимия. Методика исследования кинетики электродных процессов 2-е изд. Учебное пособие для вузов, Юрайт, 2021

### **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:

Семенихин Олег Александрович, в.н.с., к.х.н.

Анищенко Дмитрий Викторович, 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. Возникновение двойного электрического слоя на границе фаз, содержащих заряженные частицы. Модельные представления о строении межфазной границы (модели Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна, Грэма).
2. Поверхностный потенциал, внутренний потенциал, внешний потенциал. Потенциалы Вольта и Гальвани. Гальвани-потенциал, как разность внутренних потенциалов. Почему нельзя измерить Гальвани - потенциал? Можно ли измерить потенциал Вольта?
3. Разности потенциалов в электрохимических системах. “Правильно разомкнутая цепь”. Гальванический элемент. Природа эдс электрохимической цепи. Проблема Вольта.

4. Условия равновесия на границе электрода с раствором и в электрохимической цепи. Электрохимический потенциал. Пример электрохимической цепи (элементы Даниэля, Вестона и др.).
5. Лимитирующие стадии в электрохимических реакциях. Диффузия, конвекция, миграция. Диффузионная кинетика электродных процессов: три основных уравнения, концентрационное перенапряжение, диффузионный слой, его толщина. Предельный диффузионный ток. Диффузионная и смешанная кинетика.
6. Зависимость скорости электродного процесса от потенциала. Теория замедленного разряда. Уравнение Батлера - Фольмера. Коэффициенты переноса. Ток обмена.
7. Электрохимические процессы, протекающие при коррозии металлов: стационарный потенциал и ток саморастворения металла. Методы защиты металлов от коррозии. Химические источники тока. Первичные и вторичные источники тока.

### **Примеры контрольных вопросов и задач для зачета**

#### **Контрольные вопросы**

1. Электрохимическая теория коррозии: стационарный потенциал и ток саморастворения металла. Методы защиты металлов от коррозии.
2. Зависимость эквивалентной электропроводности и чисел переноса от концентрации раствора. Электрофоретический и релаксационный эффекты.
3. Лимитирующие стадии в электрохимических реакциях. Поляризация электрода и ток обмена. Зависимость энергии активации от потенциала.
4. Электрохимический потенциал. Условия равновесия на границе электрода с раствором и в электрохимической цепи. Уравнение Нернста.
5. Модельные представления двойного электрического слоя (модели Гельмгольца, Гуи–Чапмена, Штерна и Грэма).
6. Основы теории замедленного разряда: вывод основного уравнения Батлера–Фольмера и его анализ. Уравнение Тафеля.

#### **Расчетные задачи**

1. Для некоторой реакции зависимости электродного потенциала  $E$  от  $\lg(i)$  при значительных катодных и анодных перенапряжениях представляют собой прямые линии с наклонами 107 и 131 мВ соответственно. При экстраполяции эти линейные участки пересекаются в точке с координатами:  $E = -0.15$  В (н.в.э.),  $\lg(i) = -2.2$ . Найдите кинетические параметры реакции (природа лимитирующей стадии, числа переноса, количество переносимых в медленной стадии электронов для анодного и катодного процессов, ток обмена, равновесный потенциал). Температура 298 К.



2. Рассмотрите следующую электрохимическую цепь:



Рассчитайте ее э.д.с. Будет ли реакция, отвечающая указанной схеме цепи, протекать самопроизвольно?  $E^0_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = +0.8 \text{ В (н.в.э.)}$ ,  $E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0.34 \text{ В (н.в.э.)}$ .

3. Удельная электропроводность 0.01 М водного раствора KCl при 25 °С равна  $0.14 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ . Найдите эквивалентную электропроводность раствора и сопротивление ячейки, содержащей данный раствор, с электродами площадью  $1 \text{ см}^2$  и расстоянием между электродами 1 см.

### 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 \ Результат	2	3	4	5
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 непринципиального 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><b>Знать:</b> теоретические основы базовых химических дисциплин, необходимые для проведения научных исследований в сфере профессиональной деятельности</p> <p><b>Знать:</b> фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов и способы их применения для решения практических задач</p> <p><b>Знать:</b> актуальные направления исследований в области современной электрохимии</p>	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете

<p><b>Знать:</b> современные способы описания термодинамических свойств растворов и межфазных границ, кинетики процессов с участием электронов</p> <p><b>Знать:</b> возможности и ограничения разных типов термодинамических и кинетических моделей, применяемых для описания свойств растворов, межфазных границ и процессов в этих системах</p> <p><b>Знать:</b> основные источники информации по электрохимии</p>	
<p><b>Уметь:</b> использовать теоретические знания для решения конкретных задач профессиональной деятельности</p> <p><b>Уметь:</b> использовать основные феноменологические и теоретические соотношения для количественного описания влияния различных факторов на характеристики растворов, межфазных границ и электродных процессов</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученные знания при решении практических задач в области прикладной электрохимии, используя методологию научного подхода</p> <p><b>Уметь:</b> осознанно выбирать адекватные модели для описания равновесий в конкретных растворах, состояния межфазных границ, кинетики процессов в этих системах</p> <p><b>Уметь:</b> проводить физико-химические расчеты с использованием основных соотношений электрохимической термодинамики и кинетики электродных процессов</p> <p><b>Уметь:</b> решать учебные задачи по основным разделам электрохимии</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться справочной литературой и базами данных по электрохимии</p> <p><b>Уметь:</b> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p><b>Владеть:</b> системой фундаментальных химических понятий и методологией научных исследований в выбранной области химии,</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ традиционных и современных разделов химии при решении профессиональных задач</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения теоретических основ электрохимии при решении учебных и научных задач</p> <p><b>Владеть:</b> навыками интерпретации результатов термодинамического моделирования</p> <p><b>Владеть:</b> приемами поиска корректной справочной информации, навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научной информации</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>