

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Введение в специализацию «Электрохимия»**

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Электрохимия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

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 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

1. Наименование дисциплины (модуля) **Введение в специализацию «Электрохимия»**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<b>ОПК-1.С.</b> Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов	<b>Знать:</b> актуальные направления исследований в области современной электрохимии
<b>СПК-1.С.</b> Способность использовать общие представления о природе явлений и процессов в электрохимических системах для решения задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные понятия и определения, используемые в электрохимии <b>Знать:</b> фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов основные понятия и определения, используемые в электрохимии <b>Уметь:</b> использовать основные феноменологические и теоретические соотношения для количественного описания наблюдаемых зависимостей характеристик растворов, межфазных границ и электродных процессов от параметров, варьирование которых возможно в эксперименте
<b>СПК-2.С.</b> Способность использовать количественные термодинамические соотношения, описывающие равновесия в электрохимических системах	<b>Знать:</b> основы термодинамики электрохимических систем <b>Знать:</b> термодинамические свойства растворов, ионных жидкостей и расплавов <b>Уметь:</b> определять термодинамические характеристики окислительно-восстановительных процессов <b>Уметь:</b> проводить расчеты с использованием основных соотношений

	<p>электрохимической термодинамики</p> <p><b>Уметь:</b> решать практические задачи расчета равновесий с участием заряженных частиц</p> <p><b>Владеть:</b> методами термодинамических расчетов и навыками поиска термодинамических данных в литературных источниках</p> <p><b>Владеть:</b> навыками вычисления термодинамических характеристик электрохимических систем</p>
<p><b>СПК-3.С.</b> Способность понимать физические основы моделей и применять их для описания свойств растворов и межфазных границ</p>	<p><b>Знать:</b> современные подходы к описанию равновесных и неравновесных свойств растворов и межфазных границ</p> <p><b>Знать:</b> возможности и ограничения различных моделей, применяемых для описания свойств растворов и межфазных границ</p> <p><b>Уметь:</b> осознанно выбирать адекватные модели для описания свойств конкретных растворов и межфазных границ</p>
<p><b>СПК-4.С.</b> Способность планировать, организовывать и проводить электрохимический эксперимент, корректно обрабатывать его результаты</p>	<p><b>Знать:</b> принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов</p> <p><b>Уметь:</b> обосновать выбор метода экспериментальной проверки основных положений применяемой модели</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать и интерпретировать полученные экспериментальные данные</p>

6. 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 (36 часов - занятия лекционного типа, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа составляет самостоятельная работа студента.*

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

Обучающийся должен

**Знать:** общие принципы работы со справочной литературой

**Уметь:** проводить расчеты и оценки ключевых физико-химических величин

**Владеть:** представлениями о строении растворов и электрохимической термодинамике в рамках предшествующих общехимических курсов

8. 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
<b>Раздел 1. Фундаментальная электрохимия</b>	36	18					18	18		18
Тема 1. Ион-ионные взаимодействия в растворах. Коэффициенты активности. Теория Дебая-Хюккеля	12	6					6	6		6

Тема 2. Равновесия в системах электрод-раствор, уравнение Нернста	8	4					4	4		4
Тема 3. Заряженные межфазные границы. Теория Гуи-Чапмена	8	4					4	4		4
Тема 4. Электропроводность растворов. Числа переноса	8	4					4	4		4
<b>Раздел 2. Взаимосвязь фундаментальной и прикладной электрохимии</b>	<b>28</b>	<b>18</b>					<b>18</b>	<b>10</b>		<b>10</b>
Тема 1. Ключевые электродные процессы в технологиях и технологических операциях	18	12					12	6		6
Тема 2. Крупномасштабные электрохимические приложения и перспективы их развития	10	6					6	4		4
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>	8			2		2	4	4		4
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>36</b>		<b>2</b>		<b>2</b>	<b>40</b>	<b>32</b>		<b>32</b>

#### 9. 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.

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

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

**11. 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, 2006; КолосС, 2008; СПб.: Лань, 2015

**Дополнительная литература**

1. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.: Химия, 1988.
2. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: Янус-К, 1997.
3. Bard A.J., Faulkner L.R. Electrochemical methods: Fundamentals and Applications. N.Y.: John Wiley, 2001.
4. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981.
5. Fawcett W.R. Liquids, Solutions and Interfaces. N.Y.: Oxford Univ. Press., 2004.
6. Гохштейн А.Я. Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция. М: Наука, 1976.

- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)

**12. Язык преподавания – русский**

**13. Преподаватели:**

Цирлина Галина Александровна, профессор, д.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.5.

### Примеры контрольных заданий и задач для зачета

#### Раздел 1

##### **Тема 1**

1. Имеется набор экспериментальных вольтамперограмм для растворов гетерополивольфрамата со структурой Доусона в различных ионных жидкостях и растворах (иллюстрация прилагается). По этим данным табулированы формальные потенциалы редокс-переходов.

Сравнить энергетику сольватации в исследованных средах, указать системы, в которых применима и неприменима модель Борна, сформулировать допущения, в рамках которых проведен такой анализ.

2. Водные растворы серной кислоты принадлежат к числу распространенных электролитов в электрохимических исследованиях и устройствах. Какие ионные равновесия устанавливаются в этих растворах? Запишите их уравнения и укажите возможные концентрационные интервалы, в которых могут существовать различные частицы. Рассчитайте ионный состав 0,01 М раствора серной кислоты и раствора 98 мас.% серной кислоты, используемого в различных практически важных электрохимических системах.

##### **Тема 2**

1. На поверхности грани серебра (111) молекулы воды адсорбированы в положении *ontop*, степень заполнения равна 0.5. Определите среднюю проекцию дипольного момента молекул воды на нормаль к поверхности, если скачок потенциала в монослое молекул составляет 0.4 В.

2. Проведите сопоставление изотерм Лэнгмюра, Фрумкина и Темкина. Запишите условия, при которых в некоторых интервалах заполнений (а) изотерма Фрумкина сводится к изотерме Лэнгмюра, (б) изотерма Темкина сводится к изотерме Лэнгмюра, (в) изотерма Темкина сводится к изотерме Фрумкина.

##### **Тема 3**

1. Сопоставьте ход тафельских зависимостей для реакции выделения водорода при различных рН в разбавленных растворах кислоты в отсутствие индифферентного электролита и при постоянной ионной силе.

2. Дайте оценку нижнего предела скорости вращения электрода диаметром 0,5 см, при которой в водном растворе еще будет соблюдаться уравнение Левича.



## Раздел 2

### Тема 1

1. Полусферические зародыши ртути электрохимически осаждаются на графитовой поверхности. Рассчитайте размеры критических зародышей при перенапряжениях  $-0,01$ ,  $-0,1$  и  $-0,2$  В.
2. На сколько уменьшится масса цинкового шарика диаметром 5 мм при нахождении в большом объеме раствора 1 мМ  $ZnSO_4$  в течение 2 часов, если плотность тока коррозии цинка в этом растворе составляет  $0.05$  мА/см<sup>2</sup>?

### Тема 2

1. От полностью заряженного свинцового аккумулятора, содержащего 450 г  $H_2SO_4$  в 1 кг воды, было отобрано 20 А-ч. Определите, как изменилась ЭДС аккумулятора, учитывая, что средний коэффициент активности  $\gamma_{\pm}$   $H_2SO_4$  в интервале концентраций от 2 до 5 моль/кг можно рассчитать по формуле  $\gamma_{\pm} = 0,0059m^2 - 0,0143m - 0,1325$  ( $m$  – моляльность  $H_2SO_4$ ).
2. Рассмотрите простейшую модель интеркаляции лития в твердую матрицу: катионы распределяются по упорядоченному набору вакансий, каждая из которых заполняется только одним катионом, между внедрившимися в матрицу катионами отсутствует взаимодействие. Выведите выражения для химического и электрохимического потенциалов катионов в зависимости от их концентрации  $c$  или степени заполнения вакансий  $\theta = c / c_{max}$  ( $c_{max}$  – предельная концентрация, отвечающая заполнению всех вакансий).

### 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	Отсутствие	Наличие отдельных	В целом, сформированные	Сформированные навыки,

(владения)	навыков	навыков	навыки, но не в активной форме	применяемые при решении задач
------------	---------	---------	--------------------------------	-------------------------------

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p>Знать: актуальные направления исследований в области современной электрохимии</p> <p>Знать: основные понятия и определения, используемые в электрохимии</p> <p>Знать: фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов основные понятия и определения, используемые в электрохимии</p> <p>Знать: основы термодинамики электрохимических систем</p> <p>Знать: термодинамические свойства растворов, ионных жидкостей и расплавов</p> <p>Знать: современные подходы к описанию равновесных и неравновесных свойств растворов и межфазных границ</p> <p>Знать: возможности и ограничения различных моделей, применяемых для описания свойств растворов и межфазных границ</p> <p>Знать: принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Уметь: использовать основные феноменологические и теоретические соотношения для количественного описания наблюдаемых зависимостей характеристик растворов, межфазных границ и электродных процессов от параметров, варьирование которых возможно в эксперименте</p> <p>Уметь: определять термодинамические характеристики окислительно-восстановительных процессов</p> <p>Уметь: проводить расчеты с использованием основных соотношений электрохимической термодинамики</p> <p>Уметь: решать практические задачи расчета равновесий с участием заряженных частиц</p> <p>Уметь: осознанно выбирать адекватные модели для описания свойств конкретных растворов и межфазных границ</p> <p>Уметь: обосновать выбор метода экспериментальной проверки основных положений применяемой модели</p> <p>Уметь: анализировать и интерпретировать полученные экспериментальные данные</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Владеть: методами термодинамических расчетов и навыками поиска термодинамических данных в литературных источниках</p> <p>Владеть: навыками вычисления термодинамических характеристик электрохимических систем</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>