

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)**

**Электрохимия ионных жидкостей**

**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): **Электрохимия ионных жидкостей**
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>СПК-2.С.</b> Способность использовать количественные термодинамические соотношения, описывающие равновесия в электрохимических системах	<b>Знать:</b> термодинамические свойства ионных жидкостей и расплавов
<b>СПК-3.С.</b> Способность понимать физические основы моделей и применять их для описания свойств растворов и межфазных границ	<b>Знать:</b> современные способы описания термодинамических свойств растворов и межфазных границ <b>Знать:</b> возможности и ограничения разных типов термодинамических моделей, применяемых для описания свойств растворов и межфазных границ <b>Уметь:</b> применять методы химической термодинамики и осознанно выбирать адекватные модели для описания равновесий в конкретных растворах и состоянии межфазных границ

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 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 62 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (42 часа - занятия лекционного типа, 14 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа промежуточная аттестация), 82 часа составляет самостоятельная работа студента.*

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

Обучающийся должен

**Знать:** основы строения жидкостей

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

**Владеть:** представлениями об электрохимической термодинамике и кинетике в рамках общего курса физической химии

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
Раздел 1. Ионика	32	12	4				16	16		16
Раздел 2. Адсорбционные явления и процессы переноса электрона	74	30	10				40	34		34
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	38			2		4	6	32		32
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>42</b>	<b>14</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>62</b>	<b>82</b>		<b>82</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 и семинарских занятий. Самостоятельная работа студентов обеспечивается доступом к сети Интернет и базам данных. Методические указания к самостоятельной работе размещаются на сайте <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/wp/>.

## 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

### Основная литература

1. Асланов Л.А., Захаров М.А., Абрамычева Н.Л. Ионные жидкости в ряду растворителей. М., Изд-во МГУ, 2005.
2. Кустов Л.М., Васина Т.В., Ксенофонтов В.А. Ионные жидкости как каталитические среды // Рос. хим. журн. 2004. Т.48, Вып.6, С.13-35.

### Дополнительная литература

1. Lim H.-K., Kim H. The mechanism of room-temperature ionic-liquid-based electrochemical CO<sub>2</sub> reduction: A review (open access) // Molecules. 2017. V.22 (4), N 536.
  2. Liu B., Jin N. The applications of ionic liquid as functional material: A review (open access) // Cur. Org. Chem. 2016. V.20. P.2109-2116.
  3. Шведене Н.В., Чернышев Д.В., Плетнев И.В. Ионные жидкости в электрохимических сенсорах // Рос. хим. журн. 2008. Т.52. N 2. С.80-91.
  4. Лебедева О.К., Культин Д.Ю., Кустов Л.М., Дунаев С.Ф. Ионные жидкости в электрохимических процессах // Рос. хим. журн. 2004. Т.48. N 6. С.59-73.
- 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**

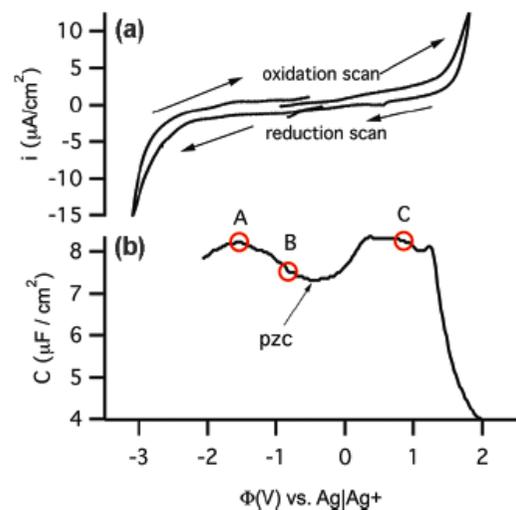
Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Рассчитать стоксовские радиусы ионов в ионной жидкости по предложенным значениям коэффициентов диффузии.
2. Рассчитать электропроводность ионной жидкости по предложенным значениям коэффициентов диффузии.
3. Оценить емкость диффузного слоя в ионной жидкости.
4. Оценить изменение скорости реакции переноса электрона при замене метильного заместителя на бутильный в имидазольном кольце ионной жидкости.
5. Предложить режим гальваностатического выделения алюминия из ионной жидкости первого поколения по предложенным данным о зависимостях тока от времени при постоянном потенциале.
6. Оценить предельный диффузионный ток восстановления кислорода в ионной жидкости.

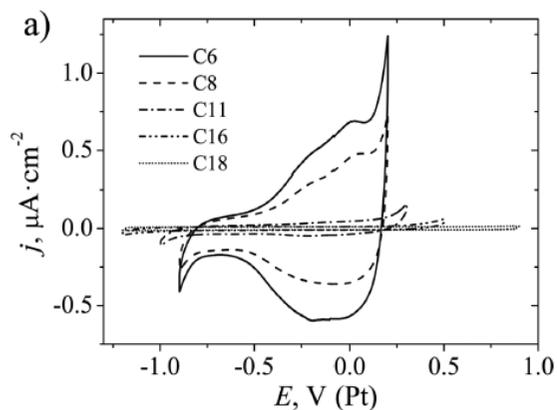
#### **Примеры контрольных заданий и задач для экзамена**

1. В работе [Langmuir 2012. V.28. P.7374–7381], в которой представлены результаты измерений в ионной жидкости 1-butyl-1-methylpyrrolidinium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide ( $[C_4mpyr][NTf_2]$ ) на золотом электроде, авторы интерпретируют минимум емкости как точку нулевого заряда.



Дать приближенную оценку по модели Гуи-Чапмена: может ли этот минимум отвечать емкости диффузного слоя, в каких предположениях? Если поверить или доказать что форма кривой определяется теми же обстоятельствами, как и на границе с раствором, чему окажется равна диэлектрическая проницаемость в плотном слое?

2. В работе [J. Chem. Phys. C 2014. V.118. P.15970-15977] представлены вольтамперограммы золотого электрода, модифицированного алкантиолами с разной длиной цепи (C6 – C18), полученные в ионной жидкости [bmim][BF4].



Оценить величины емкости при потенциалах  $-0.75$  и  $+0.1$  В в приведенной на рисунке шкале, интерпретировать зависимость емкости от длины цепи модифицирующих молекул.

**Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

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

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
<b>Оценка \ Результат</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Знания</b>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b>	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

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: термодинамические свойства ионных жидкостей и расплавов Знать: современные способы описания термодинамических свойств растворов и межфазных границ Знать: возможности и ограничения разных типов термодинамических моделей, применяемых для описания свойств растворов и межфазных границ	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: применять методы химической термодинамики и осознанно выбирать адекватные модели для описания равновесий в конкретных растворах и состояния межфазных границ	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене