

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)**  
**Кинетика процессов в электрохимических устройствах**

**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): **Кинетика процессов в электрохимических устройствах**
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-1.С.</b> Способность использовать общие представления о природе явлений и процессов в электрохимических системах для решения задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> современные перспективные электрохимические технологии, применяемые в различных областях промышленности <b>Уметь:</b> применять полученные знания при решении практических задач в области прикладной электрохимии
<b>СПК-4.С.</b> Способность планировать, организовывать и проводить электрохимический эксперимент, корректно обрабатывать его результаты	<b>Знать:</b> устройство и принцип действия современных электрохимических приборов

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 78 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 4 часа промежуточная аттестация), 66 часов составляет самостоятельная работа студента.*

7. 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:** представлениями об электрохимической термодинамике и кинетике в рамках общих курсов химического факультета

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. Электрохимические устройства	70	22	24				46	12	12	24
Раздел 2. Процессы электролиза и электрохимические производства	36	14	12				26	10		10
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	38			2		4	6	32		32
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>78</b>	<b>54</b>	<b>12</b>	<b>66</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 расположены на сайте на странице <http://www.elch.chem.msu.ru/rus/wp/index.php/kinetics/>.

#### 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

##### **Основная литература**

1. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Электрохимические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981.
2. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов. М.: Янус-К, 1997.

##### **Дополнительная литература**

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2001 г.; М.: КолосС-Химия, 2008 г.; СПб.: Лань, 2015.
  2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа, 1987.
  3. Фрумкин А.Н., Багоцкий В.С., Иофа З.А., Кабанов Б.Н. Кинетика электродных процессов, М.: изд-во МГУ, 1952.
  4. Делахей П. Двойной слой и кинетика электродных процессов. М.: Мир, 1967.
  5. Феттер К. Электрохимическая кинетика. М.-Л.: Химия, 1967.
  6. Корыта И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия, М.: Мир, 1977.
  7. Ньюмен Дж. Электрохимические системы, М.: Мир, 1977.
- 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. Сформулировать достоинства и недостатки первичных источников тока на основе водных и неводных растворов.
2. Сформулировать достоинства и недостатки электролиза с инертным и расходуемым анодами.
3. Сопоставить (на уровне оценок) ключевые характеристики литий-ионных и натрий-ионных аккумуляторов.
4. Сопоставить (на уровне оценок) ключевые параметры процессов темнового и фото-электролиза воды.
5. Рассчитать объемы расходуемых газов и генерируемой воды при функционировании фосфорнокислого топливного элемента.
6. Оценить удельные энергозатраты на нанесение гальванического покрытия заданной толщины.

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

1. Приведены технические характеристики батареек 44ЕС, 1154 (1.16 см диаметр, 0,54 см высота, объем 0.55 см<sup>3</sup>). Оценить минимально необходимое количество анодного и катодного материалов, объем пространства, остающегося на электролит и мембрану. Оценить минимально возможное сопротивление и ток. Сопоставить с литературными данными.

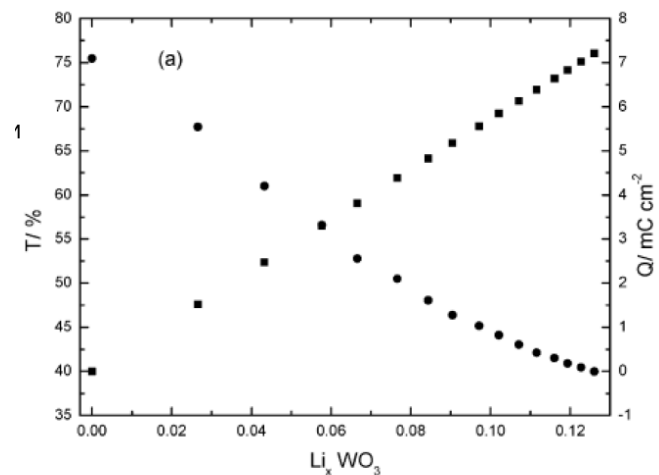
System	Voltage, V		Capacity <sup>1</sup>		Weight, g	Energy density <sup>1</sup>	
	Nominal	Working	mAh	mWh		mWh/g	Wh/L
Zn/alk/MnO <sub>2</sub>	1.5	1.25	145	180	2.3	80	360
Zn/HgO	1.35	1.3	180-230	260	2.6	100	417
Zn/Ag <sub>2</sub> O	1.5	1.55	190	295	2.2	135	575
Zn/AgO	1.5	1.55	245	380	2.2	170	690

Zn/air	1.25	1.25	600	750	1.8	415	1450
Li/FeS <sub>2</sub>	1.5	1.4	160	220	1.7	130	400
Li/CuO	1.5	1.4	225	315	1.7	135	570
Li/MnO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	3.0	2.85	160	450	3.3	155	395
Li/Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	3.0	3 to 2.7	130	370	1.7	215	670

<sup>1</sup> – At approximately C/500 rate, 20°C

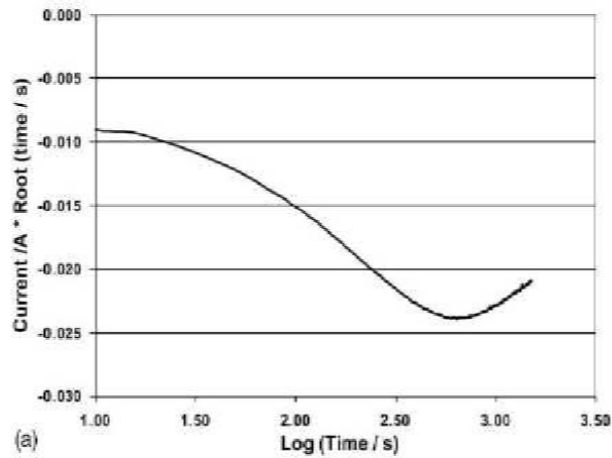
<sup>2</sup> – (1/3)N size, equivalent to 44-size batteries, 11.6 – mm diam. by 10.8 – mm high.

2. Пленка WO<sub>3</sub> нанесена на проводящее стекло. При обратимом перезарядении получены зависимости заряда и оптического пропускания от стехиометрии (рисунок). Какова толщина пленки (ее не указали авторы в статье)? Какова электрохромная эффективность?



Transmittance (circles) and charge density (squares) versus lithium concentration  $x$  for (a) WO<sub>3</sub> in 0.1 M LiClO<sub>4</sub> dissolved in propylene carbonate

3. Воспроизведите расчет коэффициента диффузии, выполненный авторами по приведенной на рисунке кривой.



Plot of the current response resulting from the application of a voltage step of 50 mV to the  $\text{Li}/\text{Li}_x\text{V}_6\text{O}_{13+y}$  coin cell with 1M  $\text{LiPF}_6$  in 1:1 EC:DMC electrolyte.  $x = 0.89\text{--}0.84$  ( $c_{\text{Li}^+}^* = 1 \times 10^4 \text{ mol m}^{-3}$ ),  $A = 1.267 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $\delta = 2.5 \times 10^{-4} \text{ m}$ ,  $T = 23^\circ\text{C}$ ,  $l = 5.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ .

4. Эксперимент по интеркаляции лития из водного раствора.

Электрод содержит 30 мг (80 мас.%) кобальтита и по 10 мас.% тефлона и ацетиленовой сажи. Определите достигаемые в приведенном интервале потенциалов сорбционные емкости (в терминах  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ ).

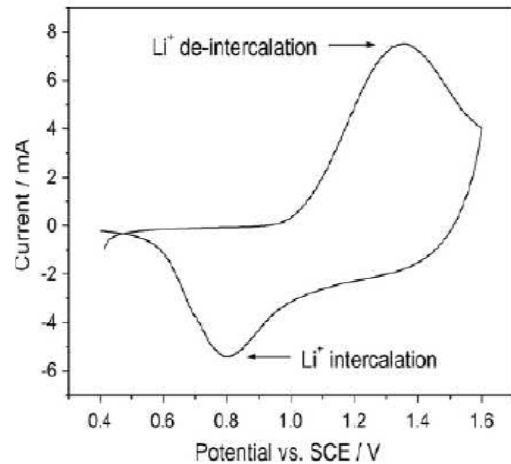


Fig. 4. Cyclic voltammogram of  $\text{LiCoO}_2$  in saturated  $\text{LiNO}_3$  aqueous electrolyte with a scanning rate of 2 mV/s using SCE as reference electrode system (second scan).

5. Масса активного материала - 8 мг. Соответствуют ли друг другу данные по емкости, представленные на двух рисунках? Если нет – каковы могут быть причины различий?



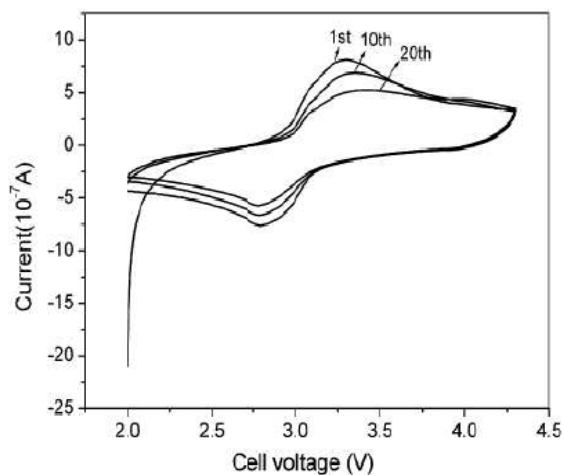


Fig. 8 Cyclic voltammograms for Li/LiMn<sub>0.98</sub>Y<sub>0.02</sub>O<sub>2</sub> cell obtained at scan rate of 1 mV s<sup>-1</sup>

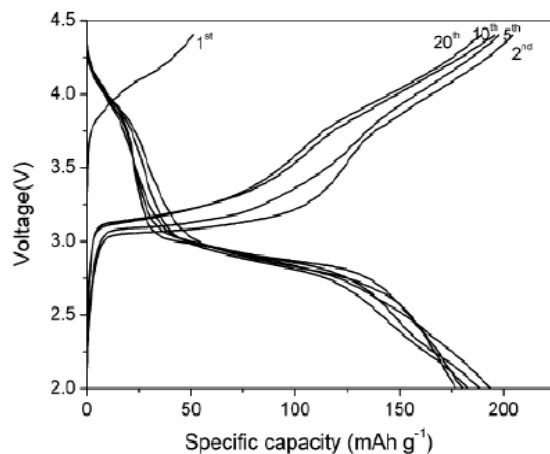
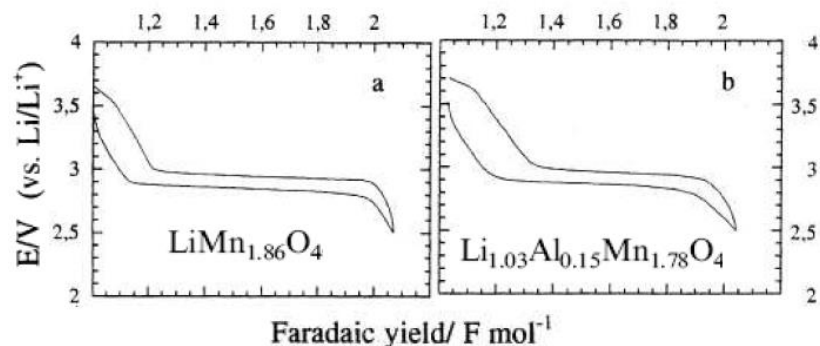
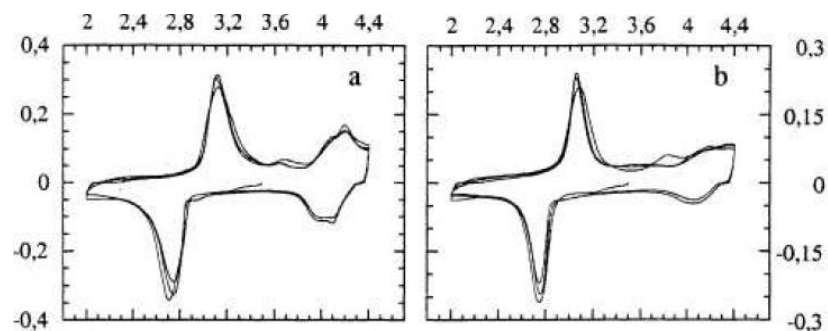


Fig. 6 Charge-discharge curves of LiMn<sub>0.98</sub>Y<sub>0.02</sub>O<sub>2</sub> material prepared at 700°C for 24 h in the voltage range of 2.0–4.4 V at a current density of 25 mA g<sup>-1</sup> at room temperature

6. Исследуемые таблетки диаметром 7 мм содержали по 3 мг легированного оксида марганца. Соответствуют ли друг другу данные по емкости, полученные для двух материалов: — в гальваностатическом режиме (0.05 мА/см<sup>2</sup>), — в режиме ступенчатой развертки (шаг 1.25 мВ, длительность ступени 30 с), если нет – каковы могут быть причины различий?



1M LiClO<sub>4</sub> в этилен/пропиленкарбонате (1:1)



### 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: особенности современных электрохимических технологий, применяемых в промышленности и энергетике Знать: устройство и принцип действия современных электрохимических приборов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: применять полученные знания при решении практических задач в области прикладной электрохимии	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене