



вии ученического и педагогического коллективов, осознают и оценивают правильность профессионального выбора. Они ведут уроки, на которых используют работу в группах, дидактические игры, рассказы-загадки, брейн-ринги, фестивали, готовят сценарий внешкольного мероприятия по химии с экологическим уклоном.

Вершина пирамиды – заключительный этап подготовки преподавателей химии в классическом университете, который базируется на знаниях студентов, полученных ранее, изучении курса “Педагогика высшей школы” и ассистентской педагогической практике на пятом курсе, а также самостоятельной научно-исследовательской деятельности во время исполнения дипломных и магистерских проектов.

В тематику дипломных и магистерских проектов преподаватели факультета включают исследования, связанные с определением экологической чистоты объектов окружающей среды, исследования, связанные с качеством воды и продуктов питания, некоторые работы посвящены методике формирования экологической культуры и экологического образования у школьников. Во время такой научно-исследовательской работы у студентов формируется профессиональная грамотность и самостоятельность, способность к творческому и успешному решению возложенных задач. Именно творческая деятельность студентов является неотъемлемой составляющей готовности преподавателя химии к осуществлению экологического образования учащихся.

Таким образом, важную роль в подготовке будущего преподавателя химии играет химико-экологическая составляющая, которая способствует формированию системы теоретических химических и экологических знаний, практических умений и навыков, экологической культуры, а также практическая педагогическая деятельность.

Будущие поколения не имеют права на аморальные действия или решения по отношению к природе. Важно помнить девиз всемирной организации Greenpeace “Мы не получили Землю в наследство от родителей, мы взяли ее в долг у наших детей!”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон України: Про вищу освіту. – 17.01.2002. – №2984-III . – Київ, 2002. – 96 с.
2. Шпырка, З.М. Подготовка учителей химии на химическом факультете классического университета / З.М. Шпырка, П.К. Стародуб // Химическое и экологическое образование: состояние и перспективы развития: сб. научн. трудов Укр. научн.-практ. конф.; Винница, 9-10 сентября 2008 г. // Винницкий государственный педагогический университет им. М. Коцюбинского – Винница, 2008. – С. 118-121.
3. Ломницкая, Я.Ф. Состав и химический контроль объектов окружающей среды. Научное пособие / Я.Ф. Ломницкая, В.О. Василечко, С.И. Чихрий – Львов: Новый мир, 2011. – 589 с.

УДК 54:372.8

А. ШУЛЬЧУС

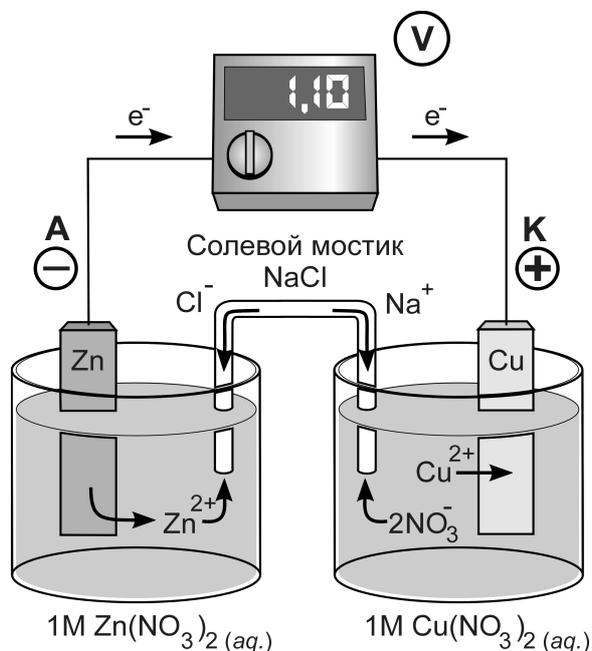
Каунасский технологический университет, г. Каунас, Литва

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ»

Электрохимия – это наиболее сложная тема для студентов, изучающих общую химию. Поэтому студенты совершают большое количество ошибок, многие из которых рассматриваются в педагогической литературе [1-9]. Трудность темы заставляет студентов разыскивать дополнительную информацию в Интернете, но там их



зачастую ожидают некоторые недоразумения. Так, в англоязычной учебной литературе объяснение гальванических элементов (ГЭ) ограничивается только рассмотрением элемента Даниэля, который был открыт в 1836 г. [10]. Известно, что вскоре после этого элемент Даниэля был качественно усовершенствован российским учёным Б. Якоби [11]. Поэтому в русскоязычной литературе такой гальванический элемент называется элементом Даниэля-Якоби [12].



Как было сказано выше, изучение темы “Гальванические элементы” в учебниках ограничивается только объяснением действия усовершенствованного *оригинального* элемента Даниэля-Якоби, где используются электроды из меди и цинка, чаще всего погружённые в растворы сульфатов этих же металлов. Лишь в некоторых учебниках [13, 14] электроды Zn/Cu погружены в растворы нитратов (рисунок 1).

Рисунок 1 – Элемент Даниэля-Якоби на основе нитратов солей

Возникает вопрос: почему же в элементе Даниэля-Якоби чаще всего используются сульфаты цинка и меди, а не их нитраты или хлориды? Неужели всё определяет цена солей? Рассмотрим этот вопрос подробнее. В элементе Даниэля-Якоби (рисунок 1) или его электрохимической схеме указываются концентрации растворов:



Но студенты забывают, что в реальности указывается не молярная концентрация, а *активность*, т.е. эффективная концентрация – функция концентрации, зависящая от природы веществ и ионной силы растворов. Так, ионные силы сульфатов и нитратов цинка и меди различаются:

$$I_{\text{Zn(NO}_3)_2} = \frac{1}{2}(c_{\text{Zn}^{2+}} \cdot z_{\text{Zn}^{2+}}^2 + 2c_{\text{NO}_3^-} \cdot z_{\text{NO}_3^-}^2) = 0,5(1 \cdot 2^2 + 2 \cdot 1 \cdot 1^2) = 3$$

$$I_{\text{ZnSO}_4} = \frac{1}{2}(c_{\text{Zn}^{2+}} \cdot z_{\text{Zn}^{2+}}^2 + 1c_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot z_{\text{SO}_4^{2-}}^2) = 0,5(1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 1 \cdot 2^2) = 4$$

Как видно из таблицы 1, лишь в усовершенствованном *оригинальном* элементе Даниэля-Якоби – самая большая ионная сила, а значения коэффициентов активности γ в 1 М растворах сульфатов цинка и меди одинаковые. Поэтому в учебниках чаще всего указываются сульфаты цинка и меди, а электрохимические схемы элемента Даниэля-Якоби представляются следующим образом (без обозначения молярной концентрации или активности):

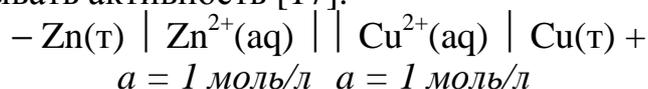




Таблица 1 – Значения коэффициентов активности γ в электролитах различной концентрации и ионная сила электролитов [15, 16]

Электролит	Концентрация электролитов, моль/л				Ионная сила электролитов
	0,001	0,01	0,1	1	
CuCl ₂ (aq)	0,887	0,722	0,495	0,405	3
ZnCl ₂ (aq)	0,877	0,719	0,499	0,330	3
CuSO ₄ (aq)	0,740	0,438	0,154	0,043	4
ZnSO ₄ (aq)	0,700	0,387	0,150	0,043	4
Cu(NO ₃) ₂ (aq)	---	---	0,511	0,417	3
Zn(NO ₃) ₂ (aq)	---	---	0,531	0,533	3

С точки зрения студентов такое, часто используемое в учебной литературе, представление методически неправильно. Независимо от применяемых растворов солей (сульфаты, нитраты или другие) в элементах Даниэля–Якоби *обязательно* нужно указывать активность [17]:

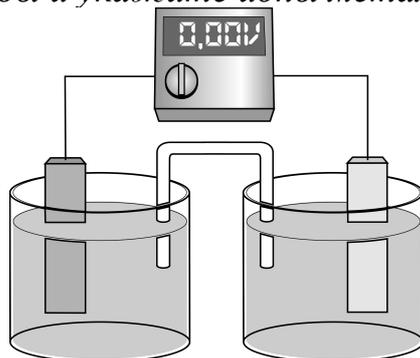


Мы считаем, что при изучении темы „Гальванические элементы” неправильно ограничиваться рассмотрением только усовершенствованного *оригинального* элемента Даниэля-Якоби с медными и цинковыми электродами, например, как указано в учебниках [9, 10, 18] и в Интернет-ресурсах [19, 20]. Студенты должны понять, что на практике возможны и другие виды элементов Даниэля-Якоби, которые в отличие от оригинального элемента относятся к различным *типами* гальванических элементов согласно принятой в литовской учебной литературе классификации (таблица 2). Так, в учебниках и образовательных ресурсах сети Интернет можно найти описание и других разновидностей элемента Даниэля-Якоби. В частности, рассматриваются электроды из других металлов: пары активный металл / активный металл (Fe/Ni [21]) или пары неактивный металл / неактивный металл (Cu/Ag или Ag/Pb [14, 18, 22] или Cu/Fe [23]).

А существуют ли примеры элемента Даниэля–Якоби, где пара электродов изготовлена из очень активных металлов? На этот вопрос ответим с помощью ответа студента.

Для лучшего понимания процессов, протекающих на электродах элемента Даниэля-Якоби, в Каунасском технологическом университете мы предлагаем студентам использовать „Алгоритм гальванических элементов“ (рисунок 2) и выполнить с его помощью следующее задание.

1. Подберите электроды и укажите ионы металлов в растворах:





2. Укажите, какой электрод является анодом, а какой – катодом.
3. Укажите направление движения электронов в проводнике.

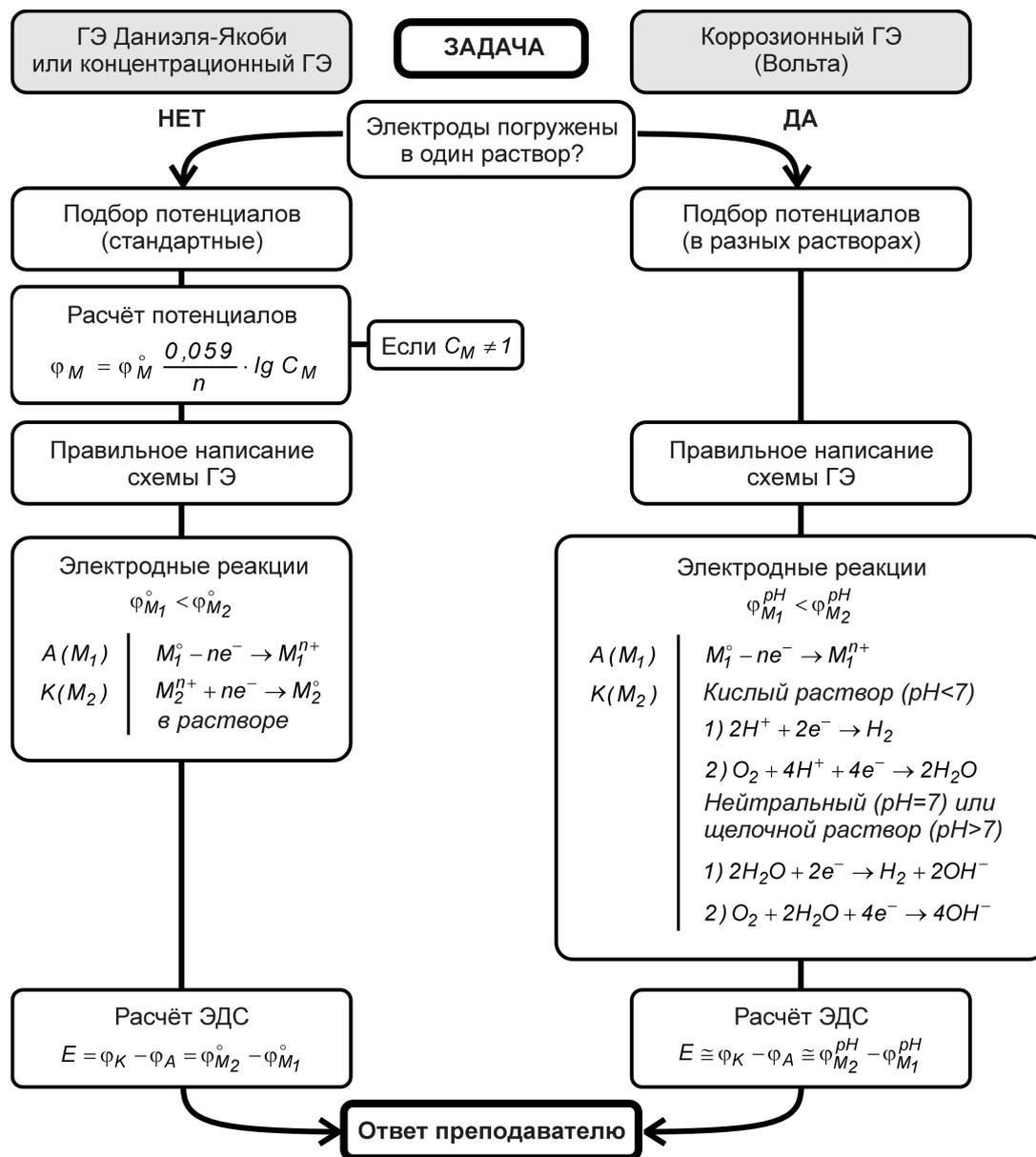


Рисунок 2 – Алгоритм гальванических элементов

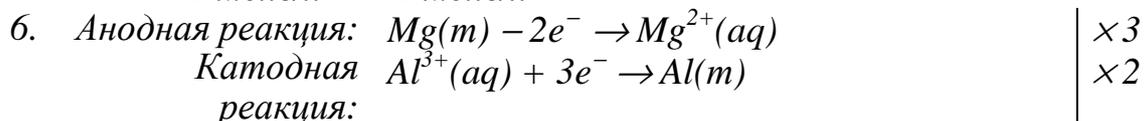
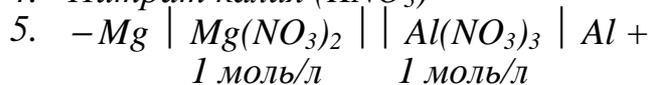
4. Укажите, какой электролит используется в „солевом мостике“.
5. Напишите правильную электрохимическую схему [24] выбранного гальванического элемента.
6. Напишите электрохимические реакции, протекающие на электродах, и рассчитайте электродвижущую силу гальванического элемента.

Ниже представлен ответ студента на данное задание – сконструировать элемент типа Даниэля–Якоби из двух активных металлов:

1. Магний (Mg) и алюминий (Al), растворы нитратов этих же металлов, концентрации растворов 1 моль/л



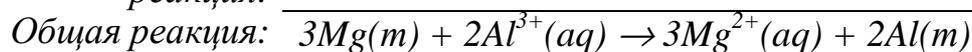
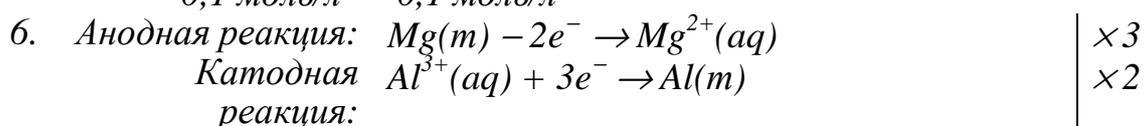
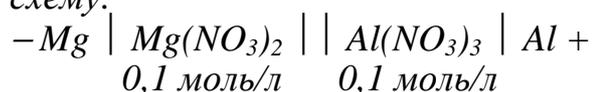
2. Mg – анод ($\varphi^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2,37\text{ В}$), Al – катод ($\varphi^\circ(Al^{3+}/Al) = -1,66\text{ В}$)
3. От магниевом (Mg) к алюминиевому (Al) электроду
4. Нитрат калия (KNO_3)



$$E = \varphi^\circ(Mg^{2+}/Mg) - \varphi^\circ(Al^{3+}/Al) = (-1,66\text{ В}) - (-2,37\text{ В}) = 0,71\text{ В}$$

Студент мог не только теоретически сконструировать элемент типа Даниэля-Якоби, но имел возможность и практически проверить свой ответ в лаборатории:

5. После подсказки преподавателя о том, что растворимость нитратов магния и алюминия ограничена (при температуре 20°C растворимость $Mg(NO_3)_2$ и $Al(NO_3)_3$ составляет $69,5\text{ г}$ и $73,9\text{ г}$ на 100 г воды соответственно[25]), студент представил такую электрохимическую схему:



Уточнил расчёт ЭДС гальванического элемента:

$$E = \varphi(Mg^{2+}/Mg) - \varphi(Al^{3+}/Al) = (-1,66\text{ В} + \frac{0,059}{3} \cdot \lg 0,1) - (-2,37\text{ В} + \frac{0,059}{2} \cdot \lg 0,1)$$

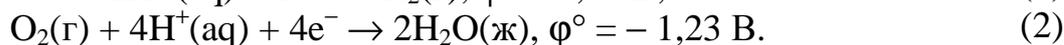
$$=$$

$$= (-1,68\text{ В}) - (-2,40\text{ В}) = 0,72\text{ В}$$

Какие же ошибки допустил студент в своём ответе?

Во-первых, как отмечено выше, он указал молярную концентрацию, а не активность (эффективную концентрацию). Поэтому ионные силы электролитов различаются.

Во-вторых, студент не обратил внимание на то, что алюминий не может быть выделен электролизом из водных растворов. Так как при 19°C $0,1\text{ М}$ раствор $Al(NO_3)_3$ имеет $pH \cong 3,3$, на катоде предположительно могут протекать реакции (1) или (2):

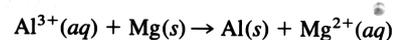


Примечательно, что такую же ошибку делают и авторы известных учебников, например [26] (рисунок 3).

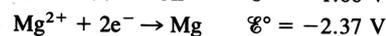
Рисунок 3 – Пример некорректно сформулированной задачи в учебном пособии

Sample Exercise 17.1

a. Consider a galvanic cell based on the reaction



The half-reactions are



Give the balanced cell reaction, and calculate \mathcal{E}° for the cell.



Считая, что на катоде протекают реакции (1) или (2), можно подсчитать ЭДС элемента Даниэля-Якоби с магниевым и алюминиевым электродами в реальных условиях, т.е. $p(\text{H}_2) = 1,0$ атм., $p(\text{O}_2) = 0,2$ атм., $\text{pH} \cong 3,3$. Для этого используются формулы (1) и (2) [27]:

$$\varphi(2\text{H}^+/\text{H}_2) = \varphi^\circ(2\text{H}^+/\text{H}_2) - 0,059 \cdot \text{pH} - 0,0295 \cdot \lg p(\text{H}_2) = \quad (1)$$

$$= 0 - 0,059 \cdot 3,3 - 0,0295 \cdot \lg 1 = -0,195 \text{ В},$$

$$\varphi(\text{O}_2, \text{H}^+) = \varphi^\circ(\text{O}_2, \text{H}^+) - 0,059 \cdot \text{pH} + 0,015 \cdot \lg p(\text{O}_2) = \quad (2)$$

$$= 1,230 - 0,059 \cdot 3,3 - 0,015 \cdot \lg 0,2 = 1,020 \text{ В}.$$

Тогда можно рассчитать ЭДС:

$$E = \varphi_{\text{К}} - \varphi_{\text{А}} = \varphi(2\text{H}^+/\text{H}_2) - \varphi^{0,1 \text{ M}}(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -0,195 \text{ В} - (-2,40 \text{ В}) = 2,205 \text{ В}$$

или

$$E = \varphi_{\text{К}} - \varphi_{\text{А}} = \varphi(\text{O}_2, \text{H}^+) - \varphi^{0,1 \text{ M}}(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = 1,020 \text{ В} - (-2,40 \text{ В}) = 1,380 \text{ В}.$$

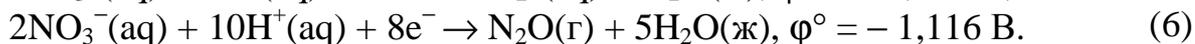
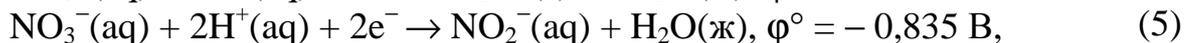
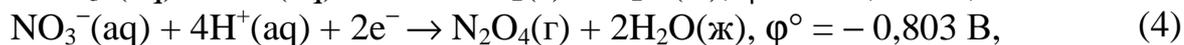
Студент в лаборатории экспериментально двумя методами определил ЭДС элемента Даниэля-Якоби с магниевым и алюминиевым электродами. Определение компенсационным методом ($I = 0$) показало значение $E = 989$ мВ, а некомпенсационным методом ($I \neq 0$) – $E = 7,7$ мВ и $I = 79$ мкА. Используя закон Фарадея, можно подсчитать предполагаемую массу растворившегося магния и предполагаемый объём выделившегося водорода за 1 ч работы элемента Даниэля-Якоби с электродами Mg-Al:

$$m(\text{Mg}) = \frac{24 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot (79 \cdot 10^{-6}) \text{ А} \cdot 3600 \text{ с}}{2 \cdot 96500 \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{моль}}} = 3,53 \cdot 10^{-5} \text{ г},$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{22,4 \frac{\text{дм}^3}{\text{моль}} \cdot (79 \cdot 10^{-6}) \text{ А} \cdot 3600 \text{ с}}{2 \cdot 96500 \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{моль}}} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ дм}^3 = 0,033 \text{ см}^3.$$

Определение таких малых значений химических веществ в лаборатории связано с большими трудностями.

Конечно, нельзя не принимать в расчёт и другие реакции (3), (4), (5) и (6), которые могут протекать на катоде в рассмотренном элементе Даниэля-Якоби с электродами Mg-Al [25]:



Но поскольку отвечал студент-первокурсник нехимической специальности, то, разумеется, он не знал о возможности протекания данных реакций.

Как известно, в гальванических элементах электрохимические реакции протекают самопроизвольно. Для лучшего понимания механизма таких реакций мы предлагаем студентам классификацию гальванических элементов по типам, представленную в таблице 3.



Таблица 2 – Классификация гальванических элементов по типам

Типы гальванических элементов	Краткое описание, электрохимическая схема и расчёт ЭДС
<p><i>Даниэля–Якоби,</i> в том числе усовершенствованный оригинальный элемент Даниэля–Якоби с электродами Zn–Cu</p>	<p>Два электрода из различных металлов, погружённые в водные растворы солей этих же металлов, активность которых равна 1 моль/л.</p> <p>Схема ГЭ: $-M_1 \mid M_1^{n+} \parallel M_2^{n+} \mid M_2 +$ $a = 1 \text{ моль/л} \quad a = 1 \text{ моль/л}$ $\varphi_{M_1}^\circ < \varphi_{M_2}^\circ,$ $E = \varphi_K - \varphi_A = \varphi_{M_2}^\circ - \varphi_{M_1}^\circ$</p>
<p><i>Коррозионный элемент (Вольта),</i> в том числе оригинальный элемент Вольта, включающий электроды Zn–Ag в NaCl(aq)</p>	<p>Два электрода из различных металлов, погружённые в водные растворы (NaOH, или HCl, или NaCl).</p> <p>Схема ГЭ: $-M_1 \mid \text{pH} \geq 7 \text{ или } \text{pH} < 7 \mid M_2 +$ $\varphi_{M_1}^{\text{pH}} < \varphi_{M_2}^{\text{pH}},$ (стационарные потенциалы [27–28]), $E = \varphi_K - \varphi_A \cong \varphi_{M_2}^{\text{pH}} - \varphi_{M_1}^{\text{pH}} \text{ [28–29]}$</p>
<p><i>Концентрационный элемент</i></p>	<p>Два электрода из одного металла, погружённые в водные растворы, отличающиеся активностями.</p> <p>Схема ГЭ: $-M \mid M^{n+} \parallel M^{n+} \mid M +$ $a_1 < a_2$ $\varphi_M^{c_1} < \varphi_M^{c_2},$ $\varphi_M^{c_1} \text{ и } \varphi_M^{c_2} \text{ рассчитываются по формуле Нернста:}$ $\varphi_M^c = \varphi_M^\circ + \frac{0,059}{n} \lg c_{M^{n+}},$ $E = \varphi_K - \varphi_A = \varphi_M^{c_2} - \varphi_M^{c_1}$</p>
<p><i>Термогальванический элемент</i></p>	<p>Два электрода одного металла, погружённые в водные растворы с одинаковой активностью, но с различной температурой.</p> <p>Схема ГЭ: $-M \mid M^{n+} \parallel M^{n+} \mid M +$ $T_1 < T_2$ $\varphi_M^{T_1} < \varphi_M^{T_2},$ $\varphi_M^{T_1} \text{ и } \varphi_M^{T_2} \text{ рассчитываются по формуле Нернста:}$ $\varphi_M^T = \varphi_M^\circ + \frac{0,000193 \cdot T}{n} \lg c_{M^{n+}},$ $E = \varphi_K - \varphi_A = \varphi_M^{T_2} - \varphi_M^{T_1}$</p>

Из вышесказанного можно делать вывод, что при рассмотрении темы „Гальванические элементы“ объяснение только оригинального элемента Даниэля–Якоби ограничивает понимание студентов о сути процессов, протекающих в гальванических элементах.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sanger, M.J. Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic, and concentration cells / M.J. Sanger, T.J. Greenbowe // *Journal of Research in Science Teaching*. – 1997. – No. 34. – P. 377–398.
2. Sanger, M.J. Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge / M.J. Sanger, T.J. Greenbowe // *Journal of Chemical Education*. – 1997. – Vol. 74. – No. 7. – P. 819–823.
3. Goodwin, A. Conceptual understanding of electricity: galvanic and electrolytic cells / A. Goodwin // *University Chemical Education*. – 2003. – Vol. 7. – No. 2. – P. 59–63.
4. Ogude, N. Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells / N. Ogude, J. Bradley // *Journal of Chemical Education*. – 1996. – Vol. 73. – No. 12. – P. 1145–1149.
5. Ceyhun, I. Chemistry Students Misconceptions in Electrochemistry / I. Ceyhun, Z. Karagolge // *Australian Journal of Education in Chemistry*. – 2005. – Vol. 65. – P. 24–28.
6. Özkaya, A.R. Conceptual Difficulties Experienced by Prospective Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, Cell Potential, and Chemical and Electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells / A.R. Özkaya // *Journal of Chemical Education*. – 2002. – Vol. 79. – No. 6. – P. 735–738.
7. Özkaya, A.R. Prospective teachers' conceptual understanding of electrochemistry: Galvanic and electrolytic cells / A.R. Özkaya, M. Üce, M. Şahin // *University Chemistry Education*. – 2003. – Vol. 7. – No. 1. – P. 1–12.
8. Yuruk, N. The Effect of Supplementing Instruction with Conceptual Change Texts on Students' Conceptions of Electrochemical Cells / N. Yuruk // *Journal Science Education of Technology*. – 2007. – No. 16. – P. 515–523.
9. Неверов, А.С. О некоторых особенностях преподавания раздела “Электрохимия” студентам технических специальностей / А.С. Неверов // *Методика преподавания химических и экологических дисциплин: Сб. материалов междунар. науч.-метод. конф.; Брест, 24–25 ноября 2011 г. / Брестск. гос. ун-т имени А.С. Пушкина, Брестск. гос. техн. ун-т; редкол.: Н.М. Голуб [и др.]. – Брест: БрГУ, 2011. – С. 121–124.*
10. Daniel, J.F. On Voltaic combinations. – *Phil. Trans.*, vol. 126, P. 89–96. // *Electrochemical Science and Technology Information Resource (ESTIR) [Electronic resource]*. – Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio. – Mode of access: <http://electrochem.cwru.edu/estir/hist/hist-18-Daniell-1.pdf>. – Date of access: 20.09.2012.
11. Якоби, Б.С. Работы по электрохимии: сборник статей и материалов / Б.С. Якоби.; под ред. акад. А.Н. Фрумкина. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1957. – 304 с.
12. История учения о химическом процессе / Редкол.: Г.В.Быков [и др.]; отв. ред. Ю.И.Соловьев. // *Всеобщая история химии / АН СССР. Ин-т истории естествознания и техники*. – М.: Наука, 1981. – Вып. 2 – 448 с.
13. Averill, B. *Chemistry. Principles, patterns and applications* / B. Averill, P. Eldredge. – Pearson Benjamin Cummings, 2006. – 1070 p.
14. Petrucu, R.H. *General chemistry: Principles and modern applications* / R.H. Petrucu. – Macmillan Publishing Company, 1989. – 1042 p.
15. Добош, Д. Электрохимические константы. Справочник для электрохимиков / Д. Добош; перевод с англ. и венг. В.А. Сафонова; под ред. Я.М. Колотыркина – Москва: Мир, 1980. – 365 с.
16. Parsons, R. *Handbook of electrochemical constants* / R. Parsons – London: Butterworths Scientific Publications, 1959. – 113 p.
17. McCafferty, Edw. *Introduction to Corrosion Science* / Edw. McCafferty. – Springer, 2010. – 571 p.
18. Portela, C.F. Galvanic cell / C.F. Portela, A. Blumtritt [Electronic resource]. – ECS. – Mode of access: <http://eix.dyndns.org/files/portela2003.pdf>. – Date of access: 20.09.2012.



19. Bradley, J.D. Advanced learning packages. Microelectrochemistry experiments. Manual for learners [Electronic resource]. – UNESCO Database. – Mode of access: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001501/150114e.pdf>. – Date of access: 20.09.2012.
20. Chemistry Experiment Simulations and Conceptual Computer Animations [Electronic resource]. – Chemical Education Research Group, Department of Chemistry, Iowa State University. – Mode of access: <http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/simDownload/>. – Date of access: 20.09.2012.
21. Brady, J.E. General chemistry: Principles and structure / J.E. Brady – John Wiley & Sons, 1990. – 852 p.
22. Voltaic Cells [Electronic resource]. – Black Gold Regional Schools, Alberta, Canada. – Mode of access: <http://www.blackgold.ab.ca/ICT/Division4/Science/Div.%204/Voltaic%20Cells/Voltaic.htm>. – Date of access: 20.09.2012.
23. Неорганическая химия: в 3 т. / Под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков. – 240 с.
24. Woolf, A.A. To the editor / A.A. Woolf. – Journal of Chemical Education. – 1989. – Vol. 66. – No. 12. – P. 992.
25. Справочник химика: в 6 т. / Под ред. Б.Н. Никольского – 2-е из. перераб. и доп. – М.-Л.: Химия, 1965. – Т. 3: Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы. – 1008 с.
26. Zumdahl, S.S. Chemistry / S.S. Zumdahl. – Third Edition. – D.C.: Heath and Company, 1993. – 818 p.
27. Stransbury, E.E. Fundamentals of electrochemical corrosion / E.E. Stransbury, R.A. Buchanan. – ASM International, 2000. – 489 p.
28. Sulcius, A. Interpretation of voltaic cells in chemistry education / A. Sulcius // J. Science Education. – 2008. – Vol. 9. – No. 2. – P. 114-116.
29. Шульчус, А. Расчёт эдс в окислительно-восстановительных процессах / А. Шульчус // *Ķīmijas Izglītība – 2011: Starptautiskas zinātniski metodiskas konferences. Rakstu krājums, Rīga, 2011. gada 14-15. novembris / Latvijas Universitāte, Ķīmijas fakultāte, Ķīmijas didaktikas centrs.* – Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 2011. – P. 252-262.

УДК 378.091.2.096:547

**А.Э. ЩЕРБИНА, М.А. КУШНЕР, Т.С. СЕЛИВЕРСТОВА, О.Я. ТОЛКАЧ,
А.Д. АЛЕКСЕЕВ**

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск*

СТРУКТУРА И ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Современный период развития информационных технологий требует радикального пересмотра основных принципов и методов исторически сложившихся форм классического среднего и высшего образования. В настоящее время в системе технического университетского образования постоянное накопление (заучивание) чрезвычайно большого объема знаний при непрерывно расширяющемся потоке новых научных и технических фактов становится практически неосуществимой задачей. Формирование высококвалифициро-