

УДК 541.1

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ

© И.Н. Благова<sup>1</sup>, В.Ю. Пилипенко<sup>2</sup>, Л.Е. Кириллова<sup>3</sup>

Филиал Иркутского национального исследовательского технического университета, 665470, Россия, г. Усолье-Сибирское, ул. Менделеева, 65.

Модернизация лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия» (раздел электрохимия) проводится с целью повышения эффективности образовательного процесса с использованием компьютерных технологий. Учебно-лабораторный комплекс «Химия» использовался для изучения зависимости электропроводности от концентрации слабого электролита, влияния разбавления на степень и константу диссоциации, действия концентрации электролита на ЭДС концентрационного гальванического элемента и других параметров. Управление экспериментом и обработка результатов проводились с помощью компьютерных программ. Внедрение нового подхода к выполнению лабораторных работ выводит процесс обучения на новый современный уровень.

*Ключевые слова:* учебно-лабораторный комплекс «Химия», электрическая проводимость, электролиты, степень и константа диссоциации, активность, гальванический элемент.

### MODERNIZATION OF LABORATORY COURSE IN PHYSICAL CHEMISTRY

I. Blagova, V. Pilipenko, L. Kirillova

Branch of Irkutsk National Research Technical University

65 Mendeleev Str., Usolie Sibirskoye, 665470

Laboratory course modernization in subject "Physical Chemistry" (electrochemistry section) is carried out to enhance the effectiveness of the educational process with the use of computer technology. Laboratory complex "Chemistry" has been used to study the dependence of electrical conductivity on weak electrolyte concentration, attenuating influence on the degree and constant of dissociation, electrolyte concentration impact on EMF of the concentration galvanic element and other parameters. The management of experiment and results of processing have been carried out with the help of computer programs. The introduction of a new approach to the performance of laboratory course brings an educational process to a new modern level.

*Keywords:* laboratory complex "Chemistry", electric conduction, electrolytes, dissociation constant and degree, galvanic cell.

На многих предприятиях химической и нефтехимической промышленности управление технологическими процессами осуществляется с помощью компьютерных программ, повсеместно вводится электронный документооборот. Поэтому в процессе обучения студенты должны приобрести необходимые навыки применения информационных технологий в изучении и управлении химических и электрохимических процессов, обработке экспериментальных данных и ведении электронной технической документации.

Для развития у студентов таких навыков разработан ряд лабораторных работ по электрохимии по дисциплине «Физическая химия» для химико-технологических специальностей на основе учебно-лабораторного комплекса (УЛК) «Химия». Согласно выбранному профилю, использовали модуль «Электрохимия». Проработав и адаптировав к нашим условиям некоторые методики, предложенные учебно-лабораторным комплексом «Химия», мы предлагаем расширить диапазон применения этих методов для исследования других объектов, похожих по свойствам.

---

<sup>1</sup>Благова Ирина Николаевна, студентка гр. УХТб-12-1 кафедры «Химическая технология неорганических веществ и материалов», e-mail: blagova.i94@mail.ru

Blagova Irina, a student of group UHTb-12-1 of Chemical Technology of Inorganic Substances and Materials Department, e-mail: blagova.i94@mail.ru

<sup>2</sup>Пилипенко Виктория Юрьевна, студентка гр. УХТб-12-1 кафедры «Химическая технология неорганических веществ и материалов», e-mail: vista9406@mail.ru

Pilipenko Viktoriya, a student of group UHTb-12-1 of Chemical Technology of Inorganic Substances and Materials Department, e-mail: vista9406@mail.ru

<sup>3</sup>Кириллова Лидия Евгеньевна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Химическая технология неорганических веществ и материалов», e-mail: kirillova-53@mail.ru

Kirillova Lydia, Assistant Professor of Chemical Technology of Inorganic Substances and Materials Department, e-mail: kirillova-53@mail.ru

Так как в электрохимии рассматриваются системы и межфазные границы при протекании через них электрического тока, исследуются процессы в проводниках, на электродах (из металлов или полупроводников, включая графит) и в ионных проводниках (электролитах), то в лабораторном практикуме выделены два направления: исследование электрической проводимости растворов электролитов и равновесных электродных процессов [1, 2, 3].

При изучении свойств растворов электролитов определяли следующие параметры: зависимость электрической проводимости от концентрации электролита, степень и константу диссоциации слабых электролитов, а также к этому же разделу отнесены методы кондуктометрического титрования.

Для выполнения лабораторных работ по изучению электропроводности используется электрохимический модуль УЛК, который через контроллер подключен к компьютеру и состоит из: электролитической ячейки, датчика для кондуктометрических измерений (рис. 1). Набор исследуемых растворов электролитов может варьироваться как по типу электролита, так и по концентрации [4].



**Рис. 1. Установка УЛК «Химия»**

На мониторе компьютера с помощью страницы управления программой задаются необходимые параметры для выполнения работы (рис. 2). Для этого подключается датчик по электропроводности, вводится варьируемый параметр – концентрация. При необходимости включается исполнительные устройства: мешалка, источник тока. Исследуемый раствор заливается в ячейку с кондуктометрическим датчиком и регистрируется результат.

После проведения эксперимента в программе автоматически строится график в заданных координатах «проводимость (мСм) – концентрация (моль/л)» (рис. 3). На графике четко видно, что зависимость электропроводности от концентрации проходит через максимум, остается перенести полученный график в подготовленный электронный отчет, дать объяснения и сделать выводы. При необходимости можно преобразовать графическую зависимость, с помощью той же программы, указывая в соответствующих окнах математическую зависимость одних параметров от других. Например, можно получить график в координатах  $1/\lambda - \lambda \cdot C$ . Это подразумевает линеаризацию полученной зависимости путем замены переменной  $X$  на соответствующую функцию от исходной переменной  $x$ . Для этого соответствующие поля заполняются необходимыми формулами. Поле «Y=» заполняется как « $1000/(y/x^{0.23})$ », а поле «X=» – как « $y^{0.23}$ » (рис. 4).

Большое практическое значение имеет метод кондуктометрического титрования, который основан на свойстве веществ изменять свою электрическую проводимость в процессе титрования. Этот метод может применяться в курсе аналитической химии для количественного анализа и курсе физической химии для изучения изменения электропроводности в процессе образования сильного или слабого электролита.

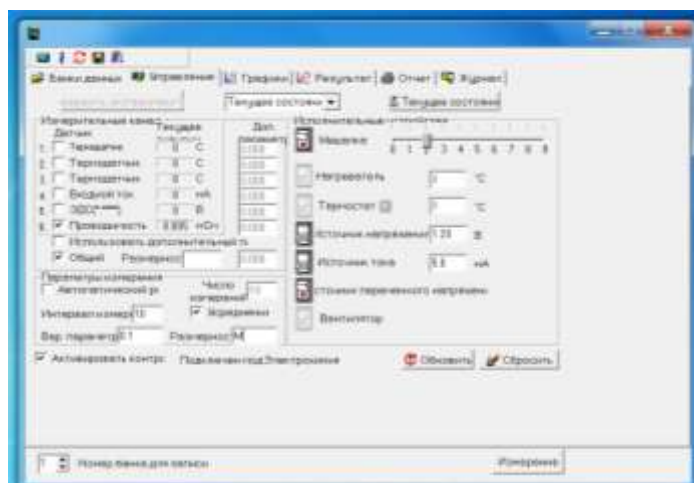


Рис. 2. Страница управления УЛК

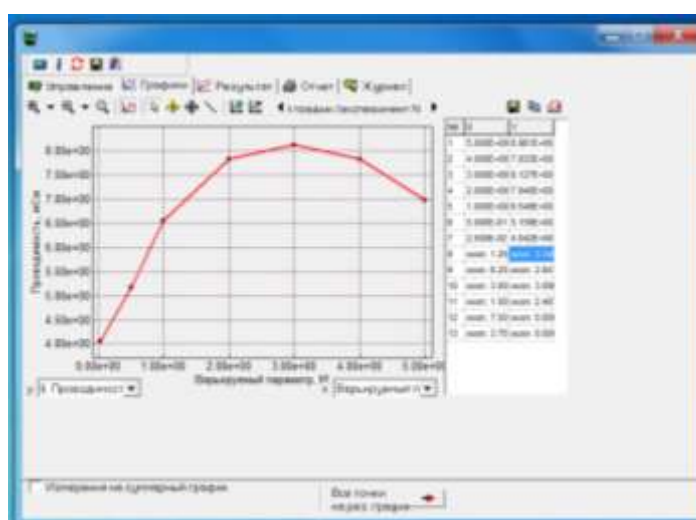


Рис. 3. График зависимости электропроводности слабого электролита от концентрации

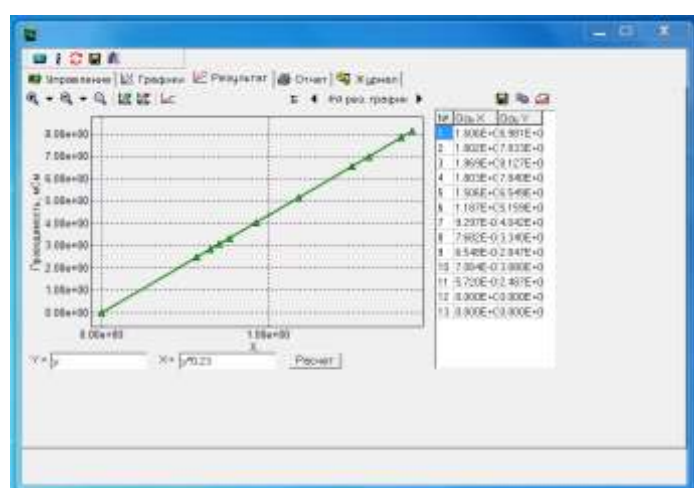
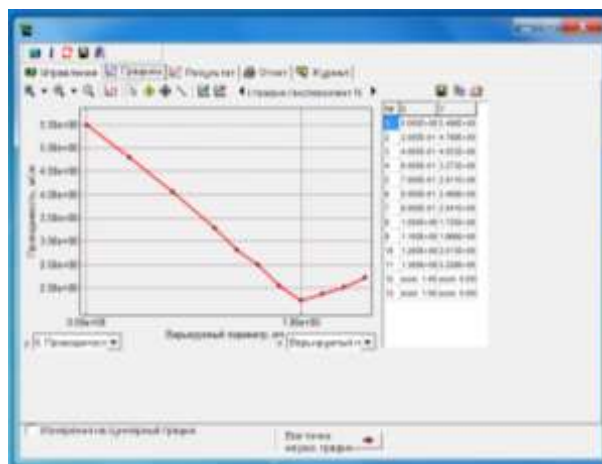


Рис. 4. Линеаризация полученной зависимости электропроводности от концентрации

С помощью этого метода можно определять содержание сильных и слабых электролитов, их смеси, при этом используется небольшое количество пробы анализта (1–2 мл). Для про-

ведения работы на странице управления вводятся дополнительные параметры (объем). Проводятся измерения, все результаты титрования регистрируются в банке данных. По результатам измерений строится кривая титрования (рис. 5), по образовавшемуся перегибу определяется эквивалентный объем титранта, по закону эквивалентов рассчитывается концентрация определяемого электролита.



**Рис. 5. Кривая кондуктометрического титрования сильной кислоты сильным основанием**

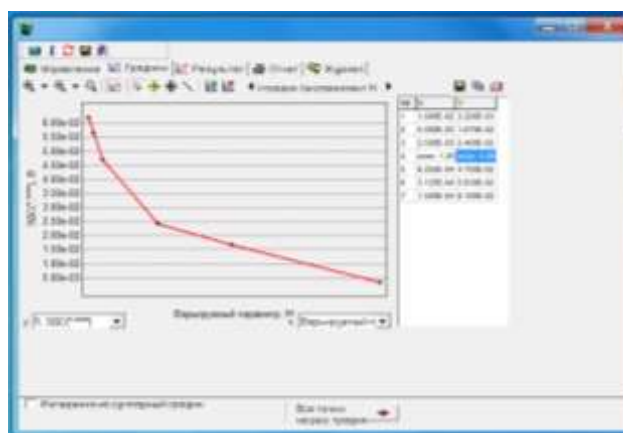
По второму направлению рассматривались процессы зависимости рН от ЭДС гальванического элемента, зависимость ЭДС от концентрации электролита, определение коэффициентов активности, констант диссоциации слабого электролита, произведение растворимости малорастворимых веществ [5].

Изучение равновесных электродных процессов показано на примере работы концентрационного гальванического элемента:



где  $C_{(Ag^+)A}$  – концентрация электролита у анода;  $C_{(Ag^+)K}$  – концентрация электролита у катода.

Первоначально измеряется ЭДС элемента с одинаковой концентрацией электролита у катода и у анода, затем у одного из электродов изменяют концентрацию разбавлением вдвое. Такая процедура разбавления электролита у одного электрода проводится несколько раз. Второй вариант: разбавленные растворы соли готовятся заранее, и проводится замена электролита у выбранного электрода. Возможности программы позволяют провести несколько опытов и сохранить результаты в банке данных. Затем, на основании полученных результатов автоматически строится график зависимости потенциала от концентрации электролита (рис. 6).



**Рис. 6. График зависимости ЭДС концентрационного элемента от концентрации  $AgNO_3$**

Из графика видно, что с увеличением разницы в концентрациях электролита на катоде и на аноде значение потенциала гальванического элемента возрастает. Измеренные величины ЭДС далее используются для расчета термодинамических величин:

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}$$

Варьируя концентрацию хлорида калия у одного из серебряных электродов и измеряя ЭДС элемента (-)Ag|AgNO<sub>3</sub>|KCl|Ag (+), можно определять произведение растворимости малорастворимой соли AgCl.

Потенциометрия со стеклянным и хлорсеребряным электродом позволяет проводить работы по определению активностей слабых электролитов и констант диссоциации, изучение зависимости pH от ЭДС.

Таким образом, внедрение нового оборудования с использованием компьютерного управления лабораторными работами в практикум по физической химии выводят процесс обучения на новый современный уровень, который требует от студента, кроме навыков выполнения химических экспериментов, навыков работы с компьютером. Также способствует более углубленному изучению электрохимии, и сам процесс познания становится более интересным. Появляется возможность более широко применять научно-исследовательский подход при изучении студентами электрохимических явлений. Использование программного обеспечения упрощает процесс обработки результатов анализа и сокращает время его выполнения. Оформление электронных отчетов формирует навыки ведения технической документации.

#### Библиографический список

1. Стромберг А.Г. Семченко Д.П. Физическая химия: учеб. для вузов / Под ред. А.Г. Стромберга.. 7-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2009. 527 с.
2. Практикум по физической химии: учеб. пособие / Под ред. М.И. Гельфмана. СПб. : Изд-во «Лань», 2004. 256 с.
3. Задачи по физической химии: учеб. пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, Н.Е. Кузьменко, В.В. Лунин. М.: Экзамен, 2005. 320 с.
4. Растворы электролитов. Электрическая проводимость растворов электролитов: метод. пособие / Сост. В.Е. Катюхин. Томск; ИПФ ТПУ, 2003. 28 с.
5. Равновесные электродные процессы. Потенциометрия: метод. указания / Сост. С.В. Романенко. 2-е изд., перераб. и доп. Томск: Изд-во ТПУ, 2004. 36 с.