

УДК 37.016:54

Надежда Владимировна Шарыпова
Яна Андреевна Батенева
Александра Леонидовна Соловьёва
г. Шадринск

Методический аспект использования датчика электрической проводимости в курсе общей химии

В статье обобщён опыт использования цифровой лаборатории по химии в курсе общей химии педагогического вуза (на примере датчика электропроводимости). Авторами предложены тематики лабораторных работ по химии, реализация которых возможна при изучении студентами темы «Теория электролитической диссоциации». Дана характеристика датчика электропроводимости и особенности работы с ним. На конкретных примерах описана методика применения датчика в рамках практического занятия. Авторы подчёркивают возможности использования датчика электрической проводимости будущими учителями химии в школьном курсе химии.

Ключевые слова: химия, общая химия, датчик электрической проводимости, цифровая лаборатория по химии, цифровой датчик, химическое образование.

Nadezhda Vladimirovna Sharypova
Yana Andreevna Bateneva
Alexandra Leonidovna Solovyova
Shadrinsk

Methodological aspect of using an electrical conductivity sensor in a general chemistry course

The article summarizes the experience of using a digital chemistry laboratory in the general chemistry course of a pedagogical university (using the example of an electrical conductivity sensor). The authors propose topics of laboratory work in chemistry, the implementation of which is possible when students study the topic “Theory of electrolytic dissociation”. The characteristics of the electrical conductivity sensor and the features of working with it are given. Using concrete examples, the method of using the sensor in the framework of a practical lesson is described. The authors emphasize the possibilities of using an electrical conductivity sensor by future chemistry teachers in a school chemistry course.

Keywords: chemistry, general chemistry, electrical conductivity sensor, digital chemistry laboratory, digital sensor, chemical education.

На современном этапе происходит активное внедрение цифровых лабораторий в химическое образование как школьное, так и в педагогических вузах. Учитель химии должен обладать всеми компетенциями, которые бы способствовали реализации программ естественнонаучной направленности по химии с использованием оборудования центра «Точка роста», технопарков «Кванториум», а также включение их в структуру урока химии. В связи с этим перед педагогическими вузами стоит задача обучить будущих учителей химии методике работы с данным оборудованием, научить конструировать урок химии с использованием цифровых датчиков и обрабатывать полученные результаты. Поэтому в содержание учебных дисциплин направления подготовки «Педагогическое образование» профиль «Химия» были внесены элементы современных цифровых технологий, разработаны и апробированы лабораторные работы, проанализированы возможности использования цифровых датчиков в школьном курсе химии.

Целью исследования является описание методических аспектов использования цифровой лаборатории по химии (на примере датчика электропроводимости) в курсе «Общая химия».

Практическая значимость результатов исследования заключается в использовании разработанных лабораторных опытов в учебном процессе подготовки будущих учителей химии, а также в рамках курсов повышения квалификации действующих учителей естественнонаучного направления.

Современные цифровые лаборатории по химии позволяют реализовывать ФГОС по использованию информационно-коммуникационных технологий в обучении. Выступая средством обучения, цифровые лаборатории расширяют возможности химического опыта [3]. Они могут быть использованы преподавателем на практических (лабораторных) занятиях, в качестве демонстрационных экспериментов при изучении нового материала, для проведения исследования в рамках курсовых и выпускных квалификационных работ. Традиционные химические опыты с качественными показателями выходят на исследования количественных зависимостей.

Цифровые лаборатории по химии включают несколько датчиков, в данной работе остановимся подробнее на датчике электропроводимости.

Датчик электрической проводимости предназначен для измерения удельной электрической проводимости различных жидкостей и жидкостных растворов. Также его можно использовать для определения общего количества растворенных веществ в водных растворах. Датчик электрической проводимости состоит из чувствительного элемента, включающего острый щуп с измерительной ячейкой (рис. 1). Конструкция ячейки представляет собой два параллельных графитовых электрода площадью 2 см^2 каждый, расположенных на расстоянии $0,5\text{ см}$ друг от друга. С помощью программного обеспечения можно управлять электронным переключателем диапазонов измерения, расположенным на измерительной части датчика. Датчик электропроводимости подключается к беспроводному мультидатчику по химии.

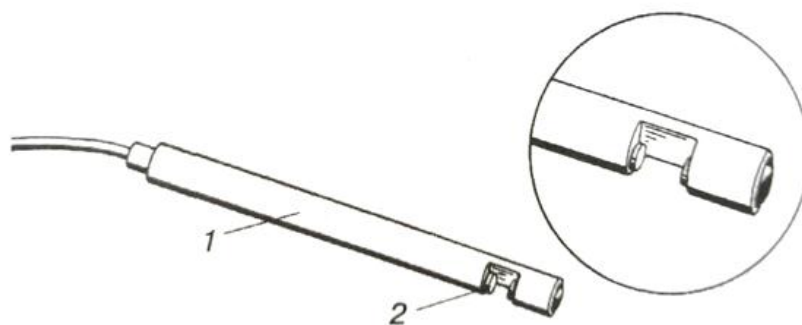


Рис. 1. Датчик электропроводности (кондуктометр): 1 – щуп, 2 – электроды

Удельная электропроводность растворов электролитов зависит от концентрации ионов в них, при этом в разбавленных растворах до $0,01\text{ моль/л}$ эта зависимость линейная, а при более высоких концентрациях происходит отклонение от линейности. Также удельная электропроводность зависит от температуры, возрастая примерно на 2% на каждый градус.

Для использования датчика его подключают к измерительной системе, выбирают диапазон измерений и помещают щуп в раствор, при этом необходимо контролировать, чтобы раствор залил электроды. Сосуд с раствором должен быть такого объёма, чтобы расстояние от электродов до стенок сосуда было не менее чем 2 см , иначе стенки сосуда могут увеличить кажущееся сопротивление. В случае, если щуп стеклянный, то им не рекомендуется перемешивать раствор, а если щуп пластмассовый – можно размешивать содержимое растворов. Перед началом работы необходимо уточнить химическую стойкость материала корпуса датчика в руководстве к нему. Материал электродов обычно выдерживает растворы сильных кислот и оснований с концентрацией до 1 моль/л и окислителей до $0,1\text{ моль/л}$. При смене растворов необходимо промывать щуп дистиллированной водой, протирать фильтровальной бумагой и при достаточном объёме измеряемого раствора промывать в этом растворе сначала щуп, а потом производить замеры электрической проводимости. При завершении работы провести аналогичные действия.

Перед началом работы с новым датчиком электрической проводимости необходима калибровка, для этого датчик погружают в стандартные растворы с известной электропроводностью. При программной подстройке вводят значение электропроводности.

Калибровку обычно проводят по двум растворам, один из которых – дистиллированная вода. Точность измерений также зависит от соблюдения правил эксплуатации датчика. Нельзя допускать механических повреждений датчика и поверхности электродов. Основными причинами неисправности и наличия погрешностей в измерениях могут быть: наличие воздушного пузыря между электродами, неверный выбранный диапазон измерений, присутствие крупных частиц взвеси в растворе, изменение температуры раствора и др.

Анализ ряда источников [1; 2; 5; 6] показал, что большая часть опытов с использованием датчика электрической проводимости в школьном курсе химии сводится к изучению темы электрической диссоциации. Для подготовки будущих учителей химии к работе с цифровой лабораторией по химии и в частности с датчиком электропроводимости нами была проанализирована рабочая программа дисциплины «Общая химия» и определены темы, в рамках которых возможно использование датчика электропроводимости и описан методический аспект. В таблице представлены примерные лабораторные работы по химии с использованием датчика электропроводности.

Таблица

Лабораторные работы по химии с использованием датчика электропроводимости и их место в курсе общей химии и школьном курсе химии

Опыт	Курс «Общая химия»		Школьный курс химии	
	Тема	Цель	Место в курсе	Форма
Водопроводная и дистиллированная вода	Основные химические понятия	Формирование представления о том, что свойства чистого и загрязнённого вещества различаются, и осознание того, что для опытов нужно использовать дистиллированную воду	При изучении темы «Чистые вещества и смеси»	Практическая работа
Сравнение электропроводности разных растворов при помощи датчика электропроводности	Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты	Формирование представления об электропроводности растворов, введение понятия «электролит» и «неэлектролит», сравнение электрической проводимости растворов разных веществ	В самом начале темы «Электролитическая диссоциация»	Демонстрационный эксперимент, лабораторный (фронтальный) опыт
Влияние растворителя на диссоциацию	Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты	Формирование представления о роли растворителя в электролитической диссоциации	При объяснении материала о механизме электролитической диссоциации	Демонстрационный эксперимент, лабораторный (фронтальный) опыт

Сравнение электропроводности разных кислот одинаковой концентрации	Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты	Экспериментальное введение понятий «сильный электролит» и «слабый электролит»	При изучении темы «Электролитическая диссоциация», когда уже изучено понятие «электролит»	Демонстрационный эксперимент
Зависимости электропроводности растворов сильных электролитов от концентрации ионов	Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты	Формирование представления о зависимости электропроводности раствора от концентрации ионов	При изучении темы «Уравнения электролитической диссоциации», после введения понятия «электролитическая диссоциация», до изучения темы «Реакции ионного обмена»	Серия демонстрационных экспериментов
Определение концентрации соли по электропроводности раствора	Теория электролитической диссоциации	Формирование представления о зависимости электропроводности от концентрации, закрепление материала о теории электролитической диссоциации	После изучения темы «Уравнения электролитической диссоциации»	Практическая работа
Кондуктометрическое титрование	Теория электролитической диссоциации	Формирование представления о полных ионных уравнениях реакции и о том, что происходит с ионами при реакции ионного обмена	При изучении форм записи уравнений реакции ионного обмена	Демонстрационный эксперимент, лабораторный опыт
Взаимодействие гидроксида бария с серной кислотой	Теория электролитической диссоциации	Формирование представления об ионной и молекулярной формах реакций ионного обмена	При изучении форм записи уравнений реакции ионного обмена	Демонстрационный эксперимент, лабораторный опыт

Зависимость электропроводности раствора от растворителя	Растворы	Определение изменения электропроводности при растворении хлороводорода в полярных и неполярных растворителях	При изучении растворения как физико-химического процесса (профильный уровень)	Демонстрационный эксперимент, лабораторный опыт
---	----------	--	---	---

С учётом того, что учебный процесс в вузе представлен лекционными, семинарскими и практическими занятиями, то ознакомление и проведение всех выше представленных опытов проходило в рамках лабораторных работ на практическом занятии. Первоначальные навыки проведения лабораторных опытов студентами профиля «Химия» были получены при изучении школьного курса химии, поэтому в курсе «Общей химии» акцентируется внимание познавательному значению опыта, умению наблюдать особенности реакций и делать правильные выводы о свойствах соединений и химических процессах.

Лабораторные занятия по химии нацелены в первую очередь на экспериментальное подтверждение теоретических положений и законов, во-вторых на обучение навыкам проведения лабораторных опытов с освоением техники обращения с химическими реактивами и приспособлениями, приёмам проведения химических операций, методам обработки опытных данных, сопоставлению и анализу результатов опытов и формулированию выводов.

Необходимо также отметить, что лабораторная работа не обязательно должна проводиться после изучения лекционного материала. Опыт показывает, как и отмечают разработчики химических практикумов [4; 7], что лабораторные опыты до лекций сопровождаются большей самостоятельностью студентов, а так как любой экспериментальной части предшествует теоретическое введение, увеличивающее образовательный потенциал, то это позволяет проводить практические занятия независимо от лекционных.

Методика проведения самого опыта детализирована с той целью, так как отдельные студенты первого курса не проводили школьные опыты самостоятельно. Ход проведения опыта включает последовательный алгоритм действия, после проведения которого требуется самостоятельно описать результат реакции и ответить на ряд дополнительных вопросов по данному опыту.

Включение опытов с цифровыми лабораториями для получения количественных данных и осуществления расчётов придаёт лабораторным работам элемент научного исследования. Работы с применением современных приборов и математических методов обработки данных сокращают разрыв между учебным лабораторным практикумом и научным экспериментом в химии, что повышает познавательный уровень студентов и их естественно-научную грамотность.

Приведём несколько примеров работ с использованием цифрового датчика электропроводности. В качестве исследовательских работ, используя датчик электрической проводимости, можно предложить обучающимся оценить общую жесткость воды в образцах воды, взятых из различных источников, с последующим сравнением. Перед началом любого измерения необходимо с помощью промывалки с дистиллированной водой очистить нижнюю панель датчика электропроводности, а затем остатки влаги промокнуть фильтрованной бумагой или сухой безворсовой салфеткой. Данную процедуру нужно выполнять перед каждым новым измерением, чтобы избежать искажения данных и получить точные значения жёсткости воды. В ходе эксперимента датчик электрической проводимости фиксируют в панели штатива, подключают цифровой мультидатчик, присоединяют к нему

щуп индикатора электропроводности. Затем поочередно погружают датчик электропроводности в колбы с водой и фиксируют показатели.

Данное исследование можно расширить, подключив ещё датчики pH, температуры, мутности воды и растворённого кислорода, и провести длительный мониторинг качества воды с целью выявления уровня её загрязнения. Эксперимент носит и межпредметный характер, так как углубляются знания о водных системах.

Лабораторный опыт «Кондуктометрическое титрование» предполагает формирование и развитие понятий «титрование», «кондуктометрическое титрование», «точка эквивалентности», «слабые и сильные кислоты/основания», «нейтрализация», «реакция осаждения». Первоначально в эксперименте титруют раствор сильной соляной кислоты раствором сильного основания – гидроксида натрия. Концентрация раствора NaOH известна и необходимо определить неизвестную концентрацию раствора HCl. Изменение электропроводности раствора отслеживают с помощью датчика электропроводности. Когда датчик опускают в раствор, содержащий ионы и поэтому способный проводить электричество, между электродами замыкается электрическая цепь, в результате чего на интерфейс выводится показание. По мере добавления гидроксида натрия до достижения точки эквивалентности электропроводимость уменьшается. После достижения точки эквивалентности электропроводность повышается, так как при добавлении титрующего раствора концентрация ионов Na^+ и OH^- увеличивается. По объёму титрующего раствора NaOH в точке эквивалентности можно вычислить молярность раствора соляной кислоты.

Отрабатывать методику проведения кондуктометрического титрования с использованием датчика электрической проводимости и совершенствовать навыки использования устройств сбора данных можно при самостоятельном (работа в парах) выполнении следующих тем: «Сравнение результатов кондуктометрического титрования и кислотно-основного титрования раствора фосфорной кислоты раствором гидроксида натрия», «Сравнение кривых титрования $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ раствором NaOH и титрования NaOH раствором $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ » и др. Алгоритм проведения исследования аналогичный: сбор экспериментальной установки, проведение титрования, сбор и систематизация данных, представление результатов, выводы.

В рамках практических занятий студенты также анализируют школьную программу по химии с целью возможности применения цифровых датчиков в той или иной теме, и отрабатывают методические приёмы с позиции учителя. Поэтому было определено, что использование датчиков цифровых лабораторий будет способствовать развитию предметных компетенций, и пригодится обучающимся в подготовке ОГЭ. В связи с этим студенты отрабатывают приёмы работы с датчиком электрической проводимости и соотносят с заданиями ОГЭ, для решения которых они пригодятся. Примерами таких заданий могут быть задания на выбор формул слабых или сильных электролитов, или определения принадлежности раствора к электролитам или неэлектролитам и др.

Заключение. Применение датчика электрической проводимости в рамках практических занятий в курсе «Общая химия» реализуется при изучении теории электролитической диссоциации, слабых и сильных электролитов, а также растворов. Аналогичные темы есть в школьном курсе химии, поэтому внедрение лабораторных работ с использованием цифровых лабораторий будет способствовать формированию теоретических знаний и практических навыков студентов – будущих учителей химии. В целом потенциал цифровых лабораторий по химии обладает большими возможностями для подготовки будущих учителей в педагогическом вузе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов партнёров ЮУрГГПУ и ШГПУ в 2023 году по теме «Формирование предметных компетенций у студентов посредством использования цифровых датчиков по химии» (№16-339 от 26 мая 2023 г.).

1. Захарова, И.Г. Информационные технологии в образовании / И.Г. Захарова. – Москва : Академия, 2003. – 192 с. – Текст : непосредственный.
2. Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе / П.И. Беспалько [и др.]. – Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 229 с. – Текст : непосредственный.
3. Петровский, А.М. Цифровизация профессиональной подготовки будущих химиков-технологов в вузе / А.М. Петровский. – Текст : непосредственный // Нижегородское образование. – 2022. – № 4. – С. 94-101.
4. Стась, Н.Ф. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии : учеб. пособие / Н.Ф. Стась, А.А. Плакидкин, Е.М. Князева. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007. – 207 с. – Текст : непосредственный.
5. Степанов, С.Ю. Индивидуализация и цифровизация творческого развития обучающихся на уроках химии / С.Ю. Степанов, П.А. Оржековский. – Текст : непосредственный // Acta Biomedica Scientifica. – 2022. – № 7 (2). – С. 212-222.
6. Фадеева, Е.В. Приёмы использования современного цифрового оборудования на уроках химии / Е.В. Фадеева. – Текст : непосредственный // Педагогическое искусство. – 2022. – № 1. – С. 85-96.
7. Химия с Vernier / под ред. В.А. Новоженова, И.А. Костенчук. – Москва : Экзамен, 2020. – 256 с. – Текст : непосредственный.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Н.В. Шарыпова, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биологии и географии с методикой преподавания, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: sharnadvla@yandex.ru.

Я.А. Батенева, студент 3 курса института информационных технологий, точных и естественных наук, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: ianamis@mail.ru.

А.Л. Соловьёва, студент 5 курса института информационных технологий, точных и естественных наук, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Россия, e-mail: alexaslvv@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

N.V. Sharypova, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor, Department Chair, Department of Biology and Geography with Teaching Methods, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: sharnadvla@yandex.ru.

Y.A. Bateneva, 3rd Year Undergraduate Student, Institute of Information Technologies, of Exact and Natural Sciences, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: ianamis@mail.ru.

A.L. Solovyova, 5th Year Undergraduate Student, Institute of Information Technologies, of Exact and Natural Sciences, Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russia, e-mail: alexaslvv@gmail.com.