

УДК 37.016:54

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

Применение цифровой лаборатории по химии при изучении термодинамики химических реакций

В статье описан опыт применения цифрового датчика температуры при изучении термодинамических процессов в курсе химии. Авторами предложены методики проведения опытов «Определение теплоты реакций нейтрализации», «Закон Гессе», «Определение теплоты растворения сульфата бария», «Теплота гидратации». Отмечены преимущества использования цифровой лаборатории по химии в сравнении с традиционными методиками проведения опытов.

Ключевые слова: цифровой датчик температуры, цифровая лаборатория по химии, педагогический кванториум, методика проведения опыта, химия, химическое образование.

Alexandra Leonidovna Solovyova
Nadezhda Vladimirovna Sharypova
Yana Andreevna Bateneva
Shadrinsk

Application of the digital chemistry laboratory in the study of thermodynamics of chemical reactions

The article describes the experience of using a digital temperature sensor in the study of thermodynamic processes in a chemistry course. The authors proposed methods for conducting experiments “Determination of the heat of neutralization reactions”, “Hesse's Law”, “Determination of the heat of dissolution of barium sulfate”, “Heat of hydration”. The advantages of using a digital chemistry laboratory in comparison with traditional methods of conducting experiments are noted.

Key words: digital temperature sensor, digital chemistry laboratory, pedagogical quantorium, methods of conducting experiments, chemistry, chemical education.

В современных реалиях цифровая трансформация образовательного процесса коснулась педагогического процесса в вузе. В подведомственных Министерству просвещения Российской Федерации педагогических университетах созданы педагогические «Кванториумы», оснащенные современным оборудованием. Активное внедрение цифровых лабораторий по химии в учебный процесс химических дисциплин показало возможность использования датчиков для формирования предметных компетенций будущих учителей химии, а также повышение познавательной активности студентов.

Целью исследования является описание опыта применения цифрового датчика температуры при изучении вопросов термодинамики в курсе общей химии.

Практическая значимость результатов исследования заключается в применении лабораторных опытов при изучении темы «Термодинамика химических реакций» в учебном процессе подготовки студентов направления «Педагогическое образование» профиль «Химия», а также использование их в дальнейшей профессиональной деятельности с учётом возрастных особенностей обучающихся.

В курсе общей химии студенты направлений «Биология» и «Химия», «Биология» и «География» изучают термодинамику химических реакций. При изучении данной темы у студентов формируются следующие предметные компетенции: формирование владения системой химических знаний о тепловом эффекте химической реакции, термодинамических закономерностях протекания химических реакций; формирование умения проводить расчеты с использованием понятий «массовая доля вещества в растворе» и «молярная концентрация»,

массе или объему одного из участвующих в реакции веществ, а также тепловой эффект реакции.

Для проведения лабораторных работ по химической термодинамике рекомендуется использовать цифровые лаборатории по химии. В нашем случае были использованы цифровые лаборатории Z.Labs и Vernier. Опыты проводили на базе Педагогического кванториума. Основным датчиком для проведения данных опытов является датчик температуры или датчик высокой температуры. Рассмотрим применение данного датчика при проведении различных опытов по теме «Термодинамика химических реакций».

Датчик представляет собой зонд из нержавеющей стали высокой прочности, внутри которого встроены терморезистор. Прибор измеряет падение напряжения на терморезисторе и пересчитывает полученное значение в температуру [1]. Применяют для определения тепловых эффектов реакций, контроля условий их протекания.

Выполняя опыт «Определение теплоты реакций нейтрализации», студентам необходимо экспериментально определить теплоту реакции нейтрализации. Для этого обучающиеся закрепляют датчик температуры в лапке штатива за верхнюю часть щупа. Взвешивают химический стакан на лабораторных весах. Затем собирают следующую установку: в химический стакан опускают якорёк магнитной мешалки, этот стакан помещают в стакан из теплоизолирующего материала, закрывают термоизолирующей крышкой с отверстиями для воронки и щупа датчика. Далее студенты подключают стаканчик к планшетному регистратору или компьютеру. В химические стаканы отмеряют по 50 мл 1 М растворов NaOH и HNO₃ и ставят их на 3-4 минуты для выравнивания температуры рядом с установкой. Запускают программу химической лаборатории и начинают измерения. Для этого студенты опускают температурный щуп в стакан с раствором щелочи и измеряют температуру раствора. Как только показания температуры перестанут колебаться, их фиксируют. Затем вынимают из стакана температурный щуп, ополаскивают его с помощью промывалки с дистиллированной водой и осушают фильтровальной бумагой. После этого начинают второе измерение, опустив щуп в стакан с раствором кислоты, измеряют температуру раствора. Убедившись, что температура растворов кислоты и щелочи стабилизировалась и является одинаковой, через воронку в химический стакан калориметрической установки наливают весь раствор щелочи и опускают в него щуп датчика. Далее студенты активизируют работу датчика и включают магнитную мешалку так, чтобы перемешивание было умеренным. Затем они ожидают несколько секунд, чтобы установилось начальное значение температуры. После этого через воронку выливают весь раствор кислоты в щелочь и ждут, пока датчик покажет самую высокую температуру, и фиксируют ее. В конце работы студенты рассчитывают теплоемкость системы, определяют число молей кислоты (щелочи), учитывая заданную молярную концентрацию и объем раствора, а также теплоту нейтрализации в кДж/моль. Завершая работу, студенты отвечают на контрольные вопросы и делают выводы по проделанной работе. Методику данной работы можно использовать для определения тепловых эффектов любых химических реакций в растворах.

При изучении темы «Закон Гессе» студентам предлагается проверить на практике выполнение этого закона. Для этого закрепляют датчик температуры в лапке штатива за верхнюю часть щупа, взвешивают химический стакан на лабораторных весах и собирают калориметрическую установку как в предыдущем опыте. Далее подключают датчик температуры к планшетному регистратору или компьютеру. Наливают в химический стакан 50 мл воды и запускают программу цифровой лаборатории. Затем опускают температурный щуп в стакан с водой и измеряют ее температуру. Как только показания температуры перестанут колебаться, их фиксируют, вынимают из стакана температурный щуп и осушают фильтровальной бумагой. В химический стакан калориметрической установки помещают 2 г кристаллического NaOH, закрывают калориметрическую установку крышкой, в соответствующие отверстия вставляют воронку и датчик температуры. Активируют работу датчика, приливают через воронку воду и включают магнитную мешалку. Студентам важно

проследить на экране за температурой до прекращения ее изменения и остановить регистрацию данных. Далее обучающиеся промывают щуп дистиллированной водой и осушают фильтровальной бумагой. Осторожно извлекают из стакана якорёк магнитной мешалки, промывают и осушают. Заменяют стакан чистым и сухим и помещают в него якорёк. Опускают температурой щуп в стакан с 1 М HCl и замеряют ее температуру. Затем проделывают всё тоже самое, что и ранее. После этого приливают через воронку 50 мл 1 М раствора HCl и включают магнитную мешалку. Измеряют и фиксируют температуру раствора. Затем наливают в химический стакан калориметрической установки 50 мл 1 М раствора NaOH и ставят магнитную мешалку. Закрывают установку крышкой со вставленными воронкой и датчиком температуры. Включают мешалку и перемешивают 1 М раствора NaOH до тех пор, пока показания температуры не перестанут колебаться. Добавляют через воронку 50 мл 1 М раствора HCl. Прослеживают на экране за температурой и фиксируют ее. В конце работы студенты рассчитывают тепловой эффект каждого из трех процессов и проверяют соответствие полученного результата закону Гесса (сумма тепловых эффектов отдельных этапов реакции должна равняться полному тепловому эффекту реакции) и делают выводы о проделанной работе. Для отдельной группы студентов можно также видоизменить работу, проведя реакции 2 и 3 несколько раз с разными отношениями количества реагентов. Расчеты придется вести по тому веществу, которое находится в недостатке. Тепловые эффекты в кДж/моль при этом не зависят от отношения количеств реагентов (хотя тепловые эффекты в кДж будут разными).

При проведении опыта «Определение теплоты растворения сульфата бария» студентам необходимо определить теплоту осаждения сульфата бария и рассчитать теплоту его растворения. Вначале проведения работы, обучающиеся закрепляют датчик температуры в лапке штатива за верхнюю часть щупа. Взвешивают химический стакан на лабораторных весах. Далее студенты готовят 20 мл почти насыщенного раствора сульфата калия. Для этого 2,2 г сульфата калия растворяют при перемешивании в минимуме воды и доводят объем раствора до 20 мл. Затем переливают приготовленный раствор во взвешенный стакан, взвешивают стакан с раствором и находят массу раствора. Далее необходимо собрать калориметрическую установку. В химический стакан с раствором сульфата калия кладут якорёк магнитной мешалки и помещают этот стакан в стакан из теплоизолирующего материала, стоящий на магнитной мешалке, закрывают термоизолирующей крышкой с отверстиями для воронки и щупа датчика. Подключают датчик температуры к планшетному регистратору или компьютеру. Готовят 20 мл раствора хлорида бария с такой же молярной концентрацией как у сульфата калия и таким же способом. Наливают его в уже взвешенный стакан и взвешивают стакан с раствором и находят массу раствора. Стакан с раствором хлорида бария ставят на 3-4 минуты для выравнивания температуры рядом с установкой. Запускают программу. Опускают температурный щуп в стакан с раствором сульфата калия и замеряют температуру раствора. Как только показания температуры перестанут колебаться, через воронку в химический стакан калориметрической установки наливают весь раствор хлорида бария. Дожидаются, пока температура стабилизируется и отмечают самое высокое значение температуры. Далее студенты рассчитывают теплоту, выделяющуюся или поглощающуюся в калориметре, определяют число молей сульфата бария, образующегося в реакции, и рассчитывают теплоту растворения сульфата бария в кДж/моль. Методику данной работы можно использовать для определения тепловых эффектов любых процессов растворения труднорастворимых веществ (соответственно, для измерения тепловых эффектов процессов их осаждения). При проведении работы как демонстрационной, без количественного определения теплоты растворения, использование калориметрической установки не обязательно, как и взвешивание стаканов, и доведение объема растворов ровно до 20 мл.

При проведении опыта «Теплота гидратации», целью которого является определение теплового эффекта гидратации безводной соли (превращение соли в кристаллогидрат), студенты в начале работы рассчитывают массу 0,025 моль $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, взвешивают стакан и

фарфоровую чашку и записывают их массы. Взвешивают две порции по 0,025 моль $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Для взвешивания первой порции используют фарфоровую чашку, второй порции – предварительно взвешенный стакан. Прокаливают первую порцию $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в фарфоровой чашке для получения безводного вещества, придерживая чашку тигельными щипцами, и аккуратно, помешивая стеклянной палочкой, отмечают изменения. После окончания нагревания чашку ставят остывать на металлическую или керамическую подставку, накрыв широким стаканом. Собирают калориметрическую установку. В стакан с кристаллогидратом кладут якорек магнитной мешалки и помещают этот стакан в стакан из теплоизолирующего материала, стоящий на магнитной мешалке, закрывают термоизолирующей крышкой с отверстиями для воронки щупа датчика. Далее подключают датчик температуры к планшетному регистратору или компьютеру. С помощью цилиндра отмеряют 25 мл воды, и опускают в воду щуп датчика. Запускают программу цифровой лаборатории, измеряют температуру и отмечают начальное значение температуры. Затем вынимают из стакана температурный щуп, осушают его фильтровальной бумагой и закрепляют в калориметрической установке. Далее студенты активизируют работу датчика и приливают через воронку воду и включают магнитную мешалку. Обучающимся необходимо проследить на экране за температурой до прекращения ее изменения и записывают максимально отличающуюся температуру. Затем промывают щуп дистиллированной водой и осушают фильтровальной бумагой. Осторожно извлекают из стакана калориметрической установки якорек магнитной мешалки, промывают и осушают. Заменяют стакан чистым, сухим и помещают в него якорек. Взвешивают фарфоровую чашку с остывшей безводной солью и находят массу соли. Насыпают в стакан калориметрической установки безводную соль и закрывают крышкой, измеряют температуру с помощью датчика температуры. Рассчитывают и записывают тепловые эффекты растворения кристаллогидрата и безводного вещества, а также рассчитывают и записывают тепловой эффект гидратации безводного вещества в кДж/моль, основываясь на результатах предыдущих расчетов. Прокаливание медного купороса следует проводить аккуратно: если его перегреть, то белая безводная соль разлагается дальше с образованием черного CuO . Поэтому лучше прокалывать постепенно и равномерно. Для остывания безводных солей после прокалывания можно использовать эксикатор (например, с концентрированной серной кислотой) при его наличии. Кроме медного купороса можно использовать и другие кристаллогидраты.

Заключение. Для формирования предметных компетенций по теме «Термодинамика химических реакций» у студентов следует эффективно проводить опыты с использованием датчиков цифровой лаборатории по химии. Формат опытов может носить и демонстрационный характер. Работа с цифровыми лабораториями подготовит студентов к использованию современных цифровых измерительных приборов, поможет осознанно и критически подойти к оценке отображаемых значений, приучит к аккуратности и точности.

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.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе / П.И. Беспалов, М.В. Дорофеев, Д.М. Жилин, А.И. Зимица [и др.]. – Москва : БИНОМ. Лаборатория Знаний, 2014. – 229 с. – Текст : непосредственный.
2. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по химии. – Москва : Releon, 2021. – 245 с. – Текст : непосредственный.
3. Методические рекомендации по химии для преподавателя. – Москва : Releon, 2021. – 104 с. – Текст : непосредственный.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-44-03-05-pedagogicheskoe-obrazovanie-s-dvumya-profil'yami-podgotovki-125> (дата обращения: 23.07.2023) – Текст : электронный.

5. Химия с Vernier / под ред. В. А. Новоженова, И. А. Костенчук. – Москва : Экзамен, 2020. – 256 с. – Текст : непосредственный.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

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.

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.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

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

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.