

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВЫХ СИСТЕМ

Батаева Е.В., Демин В.В.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Датчиковые системы (ДС) [1 – 3], или цифровые лаборатории [4], позволяют проводить эксперименты с демонстрацией изменения различных параметров, скрытых при визуальном наблюдении. Примеры таких параметров: температура системы, электропроводность, объем газовой фазы и т. п. Однако еще до появления ДС существовали способы демонстрации изменения величины этих параметров. Например, тепловой эффект реакции можно продемонстрировать с помощью наблюдения за косвенными признаками (выделение пара, замерзание воды под стаканом с реакционной смесью [5, 6] и т. п.), фиксирования изменения температуры системы демонстрационным или обычным термометром, демонстрации изменения давления в системе манометром [7] и т. п. Таким образом, возникают вопросы: действительно ли использование ДС существенно улучшает наглядность демонстрации или уже существующие способы демонстрации достаточно эффективны? Как выбрать демонстрационный эксперимент, наиболее соответствующий целям и задачам конкретной лекции (занятия)?

Для ответа на эти вопросы в 2007 году на кафедре общей химии химического факультета МГУ было начато исследование эффективности демонстрационного эксперимента с использованием датчиковых систем.

К сожалению, литературный поиск не выявил подходящих для наших целей методик сравнения эффективности демонстрационного эксперимента. Наиболее подробно этот вопрос исследовала группа В.С. Полосина в 1960-80-ых годах [8, 9]. Однако использованные в этих работах методики, с нашей точки зрения, имеют ряд недостатков.

В первую очередь, это неполнота исследуемых факторов. Например, в [9] определяется зависимость эффективности демонстрационного эксперимента от того, насколько хорошо видно происходящее во время демонстрации группе специально приглашенных опрашиваемых. При этом не учитывается влияние таких факторов, как пояснения лектора, техника проведения эксперимента и т.п.

Помимо выше упомянутых методик фактически экспериментальной оценки эффективности эксперимента, возможна оценка демонстрационного эксперимента по соответствию методическим требованиям и выбор эксперимента на основе этого соответствия.

Впервые методические требования были сформулированы В.Н. Верховским [10]. Однако современные авторы зачастую приводят значительное число (15 и более) различных методических требований [11, 12], что серьезно затрудняет оценку демонстрационного эксперимента с этой точки зрения. Кроме того, оценка соответствия демонстрационного эксперимента некоторым методическим требованиям, например, наглядности и доступности, требует проведения отдельного исследования.

Поэтому нами была разработана методика сравнения эффективности демонстрационного эксперимента, основные элементы которой были доложены и опубликованы [13 – 16]. Эффективность демонстрационного эксперимента оценивали по трем параметрам: А – соотношение названия эксперимента или уравнения процесса с демонстрационным экспериментом; В – адекватность наблюдения визуального сигнала, то есть соответствие описания визуальному эффекту; С – осознание цели демонстрационного эксперимента. Анкетирование студентов проводили сразу после окончания лекции. После лекции каждому студенту предлагался бланк опроса, содержащий набор «реакций» (уравнений реакций или названий экспериментов), часть из которых соответствует экспериментам, которые были на лекции. Студенты заполняли бланк опроса, состоящий из трех частей, соответствующих оцениваемым параметрам. Студенты могли заполнять анкету анонимно (подписываясь псевдонимом). Деанонимизация анкет проводилась уже во время сессии перед экзаменом или сразу после него и результаты анкетирования никак не учитывались при выставлении экзаменационной оценки, о чем студенты были заранее осведомлены.

В первой части бланка все предложенные студентам уравнения реакций или названия экспериментов предлагали характеризовать

одним из следующих утверждений: «реакцию демонстрировали на этой лекции», «реакцию демонстрировали на одной из предыдущих лекций» и «реакцию не демонстрировали ни на одной из лекций». Ответ на этот вопрос дает представление об узнаваемости реакции (параметр А).

Те реакции, которые студент отметил, как показанные на этой или одной из предыдущих лекций, далее следовало характеризовать утверждениями из второго и третьего наборов. Второй набор содержит утверждения, описывающие визуальный эффект реакции, например, «в ходе реакции происходит взрыв», или «в ходе реакции выпадает осадок». Анализируя ответы на эту часть опроса, можно понять, насколько удачен визуальный ряд эксперимента и насколько наблюдения студентов соответствуют реальному визуальному эффекту или тому эффекту, на который рассчитывал преподаватель. Таким образом, распределение ответов позволяет получить параметр В – адекватность наблюдения визуального сигнала, то есть соответствие описания наблюдаемому эффекту.

Третий набор содержит утверждения, описывающие цель эксперимента, например, «эта реакция иллюстрирует тепловой эффект процесса», или «эта реакция иллюстрирует диссоциацию вещества в растворе». Эта часть опроса показывает, как студенты осознали цель демонстрации (параметр С).

Предложенная методика позволяет сравнивать эксперименты не только с точки зрения того, насколько они хорошо видны студентам, но и по тому, насколько понятны. Кроме того, методика позволяет выявить систематически возникающие ошибочные наблюдения. Например, при демонстрации горения фосфора в кислороде около 25% студентов отметили, что в ходе реакции происходит выделение газа и увеличение объема системы (Биологический факультет, 2009 г.). На основании этого было сделано предположение о том, что студенты не знают, что P_2O_5 – твердое вещество, и не понимают отличия газа и дыма. На следующий год во время такой же лекции для студентов следующего курса лектор акцентировал внимание студентов на том, что в ходе реакции происходит выделение твердого вещества в виде дыма.

Использование данной методики позволило выявить основные факторы, определяющие эффективность демонстрационного эксперимента. Было однозначно показано, что опыт должен быть хорошо обозреваем (виден) и понятен. Это совпадает с уже существующими методическими требованиями к демонстрационному эксперименту.

Однако также было выявлено, что часть методических требований не абсолютна.

Например, использование этой методики позволило сделать вывод, что применение в ходе эксперимента сложной установки, устройство которой понятно студентам, не влияет на эффективность эксперимента. Рассмотрим этот вывод подробнее на примере демонстрации стехиометрических соотношений в химической реакции. В ходе эксперимента происходит измерение объема CO_2 , выделяющегося в ходе термического разложения оксалата железа (II).

Демонстрационная установка (рис. 1) состоит из пробирки, присоединенной к датчику объема, горелки или спиртовки для нагревания этой пробирки, шланга, соединяющего пробирку с датчиком объема, датчика объема, измерительного блока, ноутбука, мультимедиа проектора и экрана для вывода изображения. Таким образом, демонстрируемая система состоит из значительно большего числа объектов, чем при демонстрации традиционного эксперимента.

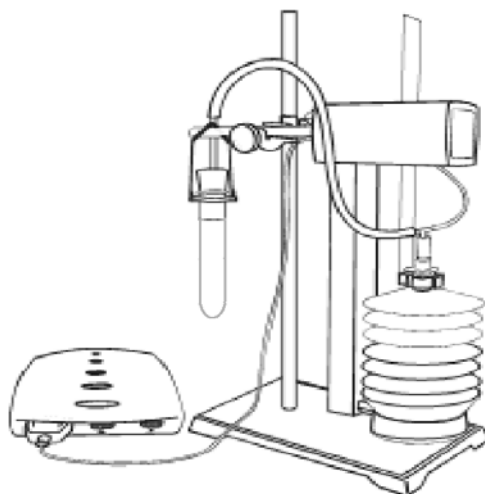


Рис. 1. Схема установки для демонстрации величины объема газа [1, 2]

В табл. 1 приведены результаты опросов студентов геологического факультета МГУ (поток геофизика, 2009 и 2010 годы). Напомним, что параметром А является доля студентов, отметивших этот опыт на лекции, а параметром В – доля студентов, верно описавших происходящее в этом опыте. При этом с точки зрения эффективности опыта более значимой является величина параметра В.

Из данных таблицы 1 видно, что величина параметра В для опыта с использованием сложной установки (Определение объема газа, выделяющегося при разложении FeC_2O_4) оказывается не ниже, чем величина этого параметра для хорошо наблюдаемых традиционных опытов без использования установок.

Таблица 1

*Эффективность опытов с использованием сложной установки
и без использования установок*

	Параметр	Название эксперимента			
		Определение объема газа, выделяющегося при разложении FeC_2O_4	Окисление дисперсного Fe кислородом воздуха	Взрыв $\text{H}_2 + \text{O}_2$	Горение Mg на воздухе
2009	A	0,75	не	0,90	0,98
	B	0,60	запрашивали	0,80	0,53
2010	A	0,76	0,69	0,98	0,73
	B	0,60	0,33	0,98	0,33

Полученный результат не следует рассматривать как противоречие требованию максимальной простоты демонстрационной установки. Из этих результатов, в частности, следует, что в случае необходимости использования в ходе эксперимента ловушек для выделяющихся газов можно обсудить необходимость и конструкцию ловушек, а не отказываться от этих опытов из-за сложности приборов. Также из этого следует, что в случае соответствующих пояснений лектора (преподавателя) усложнение демонстрационной системы при использовании датчиков не должно оказывать негативное влияние на эффективность эксперимента.

Опыты «Разложение бихромата аммония» и «Взрыв смеси водорода и кислорода» сопровождаются заметным визуальным и звуковым эффектом, соответственно. Такие опыты обычно называют «эффектными» и часто используют для привлечения внимания студентов. В ходе проведенного исследования получил подтверждение известный преподавателям факт, что эффектный опыт, например со взрывом или вспышкой, далеко не всегда оказывается эффективным, и было установлено, что эффективность такого опыта зависит в первую очередь от его соответствия объяснениям лектора.

В табл. 2 приведены результаты опросов, проведенных на лекциях биологического факультета в 2009 г. и геологического факультета

(поток «общая геология») в 2010 г. Из представленных данных видно, что эффективность опытов со взрывом или активным разложением («вулканчик») не выше, а заметно ниже, чем у продемонстрированных на тех же лекциях опытов с менее выраженным эффектом – «Горение фосфора» или «Взаимодействие соды со щавелевой кислотой».

Таблица 2

Эффективность демонстрационных экспериментов с использованием сложной установки и без использования установок

Параметр	Биологический факультет, 2009 г.		Геологический факультет, 2010 г.	
	Название эксперимента			
	Разложение $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_7$ («вулканчик»)	Горение Р в кислороде воздуха	Взрыв $\text{H}_2 + \text{O}_2$	Взаимодействие $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при добавлении воды
А	0,73	0,98	0,55	0,95
В	0,62	0,95	0,55	0,80

При сравнении эффективности демонстрационных экспериментов с использованием датчиковых систем и «традиционных» способов наблюдения внутренних параметров системы нами была установлена примерно одинаковая эффективность экспериментов в случае соблюдения методических требований хорошей обзорности и понятности.

В табл. 3 и 4 приведены результаты опросов, проведенных на лекциях различных потоков геологического факультета МГУ в 2009 году и на лекциях биологического факультета и факультета почвоведения МГУ в 2009 и 2010 годах. На этих лекциях демонстрировались эндотермические процессы, при этом понижение температуры в реакционной системе фиксировалось различными методами.

Из приведенных данных видно, что эффективность опытов с использованием датчиков (ДС) не ниже, чем у «традиционных» опытов.

Таким образом, для отбора демонстрационного эксперимента с использованием ДС можно использовать те же принципы, что и для отбора «традиционных» демонстрационных экспериментов: соответствия содержанию лекции, хорошая обзорность и понятность для студентов. Выбор между одинаковыми по этим параметрам экспериментами с ДС или без них зависит от предпочтений лектора и демонстратора.

Таблица 3

Эффективность демонстрационных экспериментов с различными методами фиксации изменения температуры (геологический факультет)

Поток	опыт №1		опыт №2	
	«Геофизика»	«Общая геология»	«Общая геология»	«Инженерная геология»
Метод фиксации изменения температуры	датчик температуры	примораживание стакана к скамейке	датчик температуры	примораживание стакана к скамейке
А	0,90	0,73	0,81	0,79
В	0,48	0,25	0,42	0,65

Таблица 4

Эффективность демонстрационных экспериментов с различными методами фиксации изменения температуры (биологический факультет и факультет почвоведения)

Факультет	Биологический факультет		Факультет почвоведения	
Год	2009	2010	2009	2010
Метод фиксации изменения температуры	Датчик температуры		примораживание стакана к скамейке	
А	0,86	0,87	0,98	0,44
В	0,81	0,61	0,86	0,21

В заключение необходимо отметить, что ДС значительно упрощают, а иногда фактически позволяют проведение ряда экспериментов, в том числе экспериментов, связанных со сравнением зависимости измеряемого параметра от температуры или экспериментов, в которых проводится сравнение двух или более зависимостей. Именно это, на наш взгляд, и обусловит постепенный рост доли экспериментов с использованием ДС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батаева Е.В. Демонстрационный эксперимент по химии. Методическое руководство. – М.: МГИУ, 2007. – 90с.
2. Батаева Е.В. Общая и неорганическая химия (8–11 класс). Датчиковая система для демонстрационного эксперимента. Руководство по выполнению эксперимента. – М.: ПФ РНПО Росучприбор, 2006, – 90 с.

3. *Батаева Е.В., Демин В.В.* Актуальные проблемы химико-технологического образования. Десятая межвузовская учебно-методическая конференция: Материалы конф. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. с. 98–99.

4. *Дорофеев М.В., Зимица А.И., Стунеева Ю.Б.* Принципы эффективного применения цифровых лабораторий. – Химия в школе 2010, №2, с. 55.

5. *Полосин В.А.* Роль химического эксперимента в развитии познавательных интересов учащихся к химии. – Химия в школе, 1982, №5, с. 54.

6. *Полосин В.А.* Демонстрационные опыты по общей химии. – М.-Л.: Госхимиздат, 1950, с. 53.

7. *Хациревич М.Г.* Обнаружение теплового эффекта реакции демонстрационным микроманометром. – Химия в школе, 1981, №5, с. 69.

8. *Грабовый А.К.* Исследование педагогической эффективности технических средств обучения в профессиональной подготовке учителей химии в педагогическом институте (на материале методики преподавания химии) // Канд. дисс., М.:1981, – 197 с.

9. *Кайгородова Г.А.* Как демонстрационный эксперимент сделать более наглядным. Химия в школе, 1967, № 1, с. 71.

10. *Верховский В.Н.* Техника постановки химических опытов. – Петербург, 1911. – 492 с.

11. *Грученко Г.И.* Демонстрационный химический эксперимент. Первое сентября: химия, 2006, №24.

<http://him.1september.ru/index.php?year=2006&num=24>

12. *Злотников Э.Г.* Химический эксперимент как специфический метод обучения. Первое сентября: химия, 2007, №24.

<http://him.1september.ru/index.php?year=2007&num=24>

13. *Батаева Е.В., Демин В.В., Дунаев С.Ф.* Эффективность демонстрационного эксперимента в лекционном курсе общей и неорганической химии факультета фундаментальной медицины МГУ. В материалах сборника конференции: «Химия и общество. Грани взаимодействия: вчера, сегодня, завтра», Москва, 2009, с. 9.

14. *Батаева Е.В., Демин В.В.* Методика сравнения эффективности демонстрационного эксперимента. В материалах сборника 57-ой Всероссийской научно-практической конференция химиков с международным участием «Актуальные проблемы химического и естественнонаучного образования», Санкт-Петербург, 2010, с. 236 – 237.

15. *Батаева Е.В., Демин В.В.* Методика сравнения эффективности демонстрационного эксперимента. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. 20. Педагогическое образование. 2012, №2 (в печати).

16. *Батаева Е.В., Демин В.В., Дунаев С.Ф.* Эффективность демонстрационного эксперимента в лекционном курсе общей и неорганической химии для студентов нехимических специальностей. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия, 2011, т. 52, №3, с.224 – 229.