

УДК 378.147:54

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ХИМИИ

Гавронская Ю.Ю., Оксенчук В.В.

Российский государственный педагогический университет им А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия (191186, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, 48), e-mail: gavronskaya@yandex.ru

Описана методика создания лабораторных работ по химии с использованием виртуальных лабораторий. Создание виртуальной лабораторной работы состоит из этапов постановки целей лабораторной работы, выбора виртуальной лаборатории, выявления возможностей виртуального имитатора, коррекции целей, определения содержательных и дидактических задач, составления сценария, апробации, коррекции сценария, оценки и анализа достоверности процесса и результата виртуального эксперимента по сравнению с натурным, составления методических рекомендаций. Приведена модель методики создания виртуальной лабораторной работы по химии. Уточнен понятийный и терминологический аппарат в области исследования: приведены определения виртуальной лабораторной работы по химии, виртуальной химической лаборатории, виртуального химического эксперимента. Показаны приемы использования виртуальных лабораторных работ по химии при обучении в вузе: при изучении нового материала, при закреплении знаний, при подготовке к натурной лабораторной работе как в аудиторной, так и во внеаудиторной самостоятельной деятельности.

Ключевые слова: обучение химии, виртуальные лаборатории, виртуальный эксперимент.

THE TECHNIQUE OF CREATION OF VIRTUAL LABORATORY WORKS IN CHEMISTRY

Gavronskaya Y.Y., Oksenchuk V.V.

Herzen State Pedagogical University of Russia, St.Petersburg, Russia (191186, St. Petersburg, Moika River Embankment, 48), e-mail: gavronskaya@yandex.ru

The technique of creation of laboratory works in chemistry with use virtual laboratories described. Creation of virtual laboratory work consists of the steps of setting objectives of the laboratory work, identify opportunities of the virtual simulator, correction objectives, the definition of content and teaching tasks, scripting, testing, adjustment scenario, evaluation and analysis of the reliability of the process and outcome of the virtual experiment in comparison with the full-scale, drawing up guidelines. Also, we cited the model of a technique of creation of virtual laboratory work in chemistry. Conceptual and terminological apparatus in the field of research specified: the definitions of virtual laboratory works in chemistry, virtual chemistry laboratory, virtual chemistry experiments are given. Methods of use of virtual laboratory works on chemistry in higher education: the study of new material, consolidation of learning in preparation for field laboratory work both in the classroom and in extracurricular independent activity described.

Keywords: chemistry learning, virtual chemical laboratory, virtual chemistry experiment.

Виртуальные химические лаборатории, виртуальный эксперимент, виртуальные лабораторные работы по химии – это перспективная область в химическом образовании, закономерно привлекающая к себе внимание обучающихся и педагогов. Актуальность внедрения виртуальных лабораторий в учебную практику обусловлена, во-первых, информационными вызовами времени, а во-вторых, нормативными требованиями к организации обучения, то есть образовательными стандартами. Действующие ФГОС высшего образования с целью реализации компетентного подхода предусматривают широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, в том числе компьютерных симуляций, в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся [6, п.7.3].

В этой сфере по распространённости и востребованности лидирует «Химия 8–11 класс – Виртуальная лаборатория» МарГТУ [4], предназначенная для школьников и абитуриентов; также хорошо известны интерактивные практические работы и опыты по химии VirtuLab (<http://www.virtulab.net/>). На уровне высшего образования среди русскоязычных ресурсов на рынке образовательных средств присутствуют виртуальные химические лаборатории ЕНКа, собственные (и, как правило, закрытые) разработки вузов и ряд ресурсов на иностранных языках. Описание доступных виртуальных лабораторий по химии приводилось неоднократно [2,4], их список, безусловно, будет пополняться. Виртуальные лаборатории уверенно занимают свое место в практике обучения химии и химическим дисциплинам, в то же время теоретико-методические основы их применения и создания виртуальных лабораторных работ на их основе только начинают складываться. Даже сам термин «виртуальная лабораторная работа по химии» к настоящему моменту не получил обоснованного определения, точно обозначающего соотношения с другими понятиями, в том числе и с понятием виртуальной лаборатории в обучении химии и виртуального химического эксперимента.

Для уточнения понятийного и терминологического аппарата в качестве исходного используем термин «химический эксперимент», применяемый в научной области теории и методики обучения. Химический эксперимент является специфическим средством обучения химии, выполняя функции источника и важнейшего метода познания, он знакомит учеников не только с объектами и явлениями, но и методами химической науки [5, С. 117]. В процессе химического эксперимента обучающиеся приобретают умение наблюдать, анализировать, делать выводы, обращаться с оборудованием и реактивами. Различают: демонстрационный и ученический/студенческий эксперимент; опыты (помогают изучить отдельные стороны химического объекта), лабораторные работы (совокупность лабораторных опытов позволяет изучить многие стороны химических объектов и процессов), практические занятия, лабораторный практикум; домашний эксперимент, исследовательский эксперимент и т. д. Химический эксперимент может быть натурным, мысленным и виртуальным. «Виртуальный» означает «возможный, не имеющий физического воплощения»; виртуальная реальность – имитация реальной обстановки с помощью компьютерных устройств; используется главным образом в учебных целях; в связи с этим виртуальный эксперимент иногда называют имитационным или компьютерным. Согласно действующему ГОСТ [3], «виртуальный» – определение, характеризующее процесс или устройство в системе обработки информации, кажущиеся реально существующими, поскольку все их функции реализуются какими-либо другими средствами; широко применяется в связи с использованием средств телекоммуникаций. Таким образом, виртуальный химический

эксперимент – вид учебного эксперимента по химии; его основным отличием от натурального является тот факт, что средством демонстрации или моделирования химических процессов и явлений служит компьютерная техника [1, С. 91], при его выполнении студент оперирует образами веществ и компонентов оборудования, воспроизводящими внешний вид и функции реальных предметов, то есть использует виртуальную лабораторию. Виртуальную лабораторию в обучении химии мы понимаем как компьютерную имитацию учебной химической лаборатории, реализующую ее основную функцию – проведение химического эксперимента в образовательных целях. Технически функционирование виртуальной лаборатории обеспечивается программно-аппаратными средствами компьютерной техники, дидактически – содержательно и методически обоснованной системой предположений о течении изучаемого химического процесса или проявлений свойств химического объекта, на основе которой разрабатывается один из возможных вариантов реакции виртуальной лаборатории на действия пользователя. Виртуальная лаборатория выступает в роли элемента высокотехнологичной информационной образовательной среды, являясь средством создания и выполнения виртуального эксперимента. Виртуальная лабораторная работа по химии – виртуальный химический эксперимент в виде совокупности опытов, объединенных общей целью изучения химического объекта или процесса.

Рассмотрим методику создания виртуальной лабораторной работы по химии (её модель приведена на рисунке 1) на конкретном примере лабораторной работы по теме «Растворы».



Рис. 1. Модель методики создания виртуальной лабораторной работы по химии

Создание виртуальной лабораторной работы состоит из этапов постановки целей лабораторной работы, выбора виртуальной лаборатории, выявления возможностей

виртуального имитатора, коррекции целей, определения содержательных и дидактических задач, составления сценария, апробации, оценки и анализа достоверности процесса и результата виртуального эксперимента по сравнению с натурным, коррекции сценария и составления методических рекомендаций.

Этап целеполагания подразумевает процесс выбора целей планируемой лабораторной работы с установлением пределов допустимых отклонений для достижения образовательного результата наиболее эффективными и приемлемыми средствами, учитывая материальные, технические, временные, кадровые ресурсы, а также личностные и возрастные особенности обучающихся. В нашем примере целью было приготовление растворов и изучение их свойств; работа рассчитана на самостоятельную внеаудиторную учебную деятельность студентов. Тема растворов затрагивается в большинстве вузовских курсов по химии, кроме того, навыки приготовления и работы с растворами востребованы в повседневной жизни и практически в любой профессиональной деятельности. Поэтому в цели работы были заложены: закрепление умений вычислять молярную и процентную концентрацию раствора, необходимое количество вещества и растворителя для приготовления раствора заданной концентрации; отработка алгоритма и техники операций по приготовлению растворов (взвешивание веществ, отмеривание объема и т.д.); изучение явлений, происходящих при растворении – выделения или поглощения тепла, диссоциация, изменение электропроводности, изменение рН среды и т. д.

Этап выбора виртуальной лаборатории. Выбор виртуальной лаборатории обусловлен целым рядом обстоятельств: режимом доступа к ресурсу, финансовыми условиями его использования, языком и сложностью интерфейса, и конечно, содержанием, то есть теми возможностями, которые данная лаборатория предоставляет или не предоставляет пользователю для достижения целей планируемой лабораторной работы. Мы ориентировались на лаборатории с открытым бесплатным доступом, для работы с которыми было бы достаточно владение компьютером на уровне пользователя, изначально отказавшись от лабораторий с низкой степенью интерактивности, то есть допускающих только варианты пассивного наблюдения химического опыта. Изучив несколько проектов как многоотраслевого, так и тематического плана, мы пришли к выводу, что ни одна из известных нам лабораторий не полностью отвечает предъявляемым требованиям, а именно: позволить студенту приготовить раствор заданной концентрации по заранее рассчитанным количествам растворяемого вещества и растворителя, проведя операции взвешивания, измерения объема, растворения, убедиться в правильности приготовления, а также наблюдать процессы, сопровождающие растворение. Тем не менее мы остановились на виртуальной лаборатории IrYdiumChemistryLab [7], преимуществом которой является

возможность вмешаться в программу и спроектировать собственный виртуальный эксперимент.

Выявление возможностей виртуального имитатора выбранной лаборатории показало следующее. В отношении набора реактивов – имеются растворы различной концентрации (19 MNaOH, 15 MHCIO₄ и другие), вода как важнейший растворитель, но практически отсутствуют твердые вещества; однако приложение Authoring Tool позволяет ввести в лабораторию дополнительные реактивы, используя термодинамические характеристики веществ. Оборудование включает набор мерной посуды различной степени точности (цилиндры, пипетка, бюретки), аналитические весы, рН-метр, датчик температуры, нагревательный элемент, а также апплет, демонстрирующий концентрацию частиц в растворе. Возможность изучать такие характеристики раствора, как электропроводность, вязкость, поверхностное натяжение не предусмотрена. Процессы в виртуальной лаборатории протекают за очень короткое время, что ограничивает изучение скорости химических процессов. Исходя из возможностей виртуального имитатора, была проведена коррекция целей, в частности было исключено изучение электропроводности растворов, но добавлено изучение влияния температуры на растворимость веществ. При определении целей лабораторной работы мы исходили из ожидаемых результатов: у студентов должен формироваться практический навык приготовления растворов, включая освоение алгоритмов отдельных операций, они должны прийти к выводам об изменении числа частиц в растворе при диссоциации сильных и слабых электролитов, о соотношении числа анионов и катионов в случае растворения несимметричных электролитов, о причинах тепловых эффектов при растворении.

Мы выделяем этап определения задач создаваемой лабораторной работы как важный элемент процесса проектирования деятельности обучающихся, здесь необходимо спланировать, какие манипуляции должны будут совершить студенты в рамках данной лабораторной работы и что наблюдать (содержательные задачи), и к каким выводам и на основании чего они должны прийти после ее выполнения (дидактические задачи), какие навыки приобрести. Например, освоить алгоритм действий при приготовлении заданного объема раствора по навеске: рассчитать массу вещества, взвесить, отмерить объем жидкости / довести до нужного объема; освоить приемы работы с аналитическими весами и мерной посудой; наблюдать как соотносятся концентрации частиц (молекул, ионов) в растворе при растворении электролитов и не электролитов, симметричных и несимметричных электролитов, сильных и слабых электролитов, сделать вывод о растворимости, тепловых эффектах при растворении и так далее.

Следующим этапом в создании лабораторной работы является создание сценария, то есть подробное описание каждого опыта в отдельности и определения места и роли этого опыта в лабораторной работе, учитывая, решению каких задач он будет способствовать, и как работать на достижение целей лабораторной работы в целом. На практике составление сценария проходит одновременно с апробацией, то есть пробном выполнении опытов, способствующих уточнению и детализации сценария. В сценарии отражается каждое действие и реакция виртуальной лаборатории на него. Сценарий основан на заданиях типа «Приготовьте 49 г 0,4 % раствора CuSO_4 » или «Приготовьте 35 мл раствора CuSO_4 концентрацией 0,1 моль/л из его кристаллогидрата ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)». При составлении задания учитывается наличие подходящих реактивов и оборудования в виртуальной лаборатории и техническая возможность выполнения такого задания. В нашем примере сценарий помимо расчётной стороны, в том числе предусматривал ряд действий и приемов, имитирующих приготовление раствора в реальной лаборатории. Например, при взвешивании сухое вещество необходимо помещать не непосредственно на весовую чашу, а применять специальную емкость; использовать функцию тарирования; как и в реальности, вещество следует добавлять на весы малыми порциями, возможное случайное превышение рассчитанной массы приведет к тому, что операцию будет необходимо начать заново. Предусмотрен выбор химической посуды подходящего объема, точное отмеривание объема жидкости «по нижнему мениску» и использование других специфических приемов. После приготовления на апплетах виртуальной лаборатории отражаются свойства полученного раствора (молярная концентрация ионов, pH), что позволяет проверить правильность выполнения задания. При выполнении серии опытов учащиеся получают данные, на основании которых смогут сделать выводы о концентрации ионов в растворах сильных и слабых электролитов, pH растворов гидролизующихся веществ, или зависимости теплового эффекта растворения от количества растворителя и природы вещества и т. д.

В качестве примера рассмотрим изучение тепловых эффектов при растворении веществ. Сценарий предусматривает опыты по растворению сухих солей (NaCl , KCl , NaNO_3 , CuSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KClO_3 , $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$). По изменению температуры раствора студенты должны сделать вывод о возможности как эндо- так и экзотермических эффектов растворения. Формулировка заданий в каждом случае может варьироваться и зависит вида эксперимента – исследовательский или иллюстративный. Например, можно ограничиться выводом о наличии таких эффектов, или включить в сценарий приготовление растворов солей с разной массой растворяемого вещества при одинаковой массе растворителя (приготовьте растворы, содержащие 50 г вещества в 100 г воды; 10 г вещества в 100 г воды), и наоборот, опыты с неизменным количеством растворяемого вещества при изменяющейся массе растворителя;

приготовление растворов из безводных солей и их кристаллогидратов и наблюдение за изменениями температуры при их растворении. При выполнении таких опытов обучающиеся должны ответить на вопросы «Как отличаются изменения температуры при растворении равных количеств веществ безводных солей и их кристаллогидратов? Почему растворение безводных солей происходит с выделением большего количества теплоты, чем в случае кристаллогидратов?» и сделать вывод о том, что влияет на знак теплового эффекта растворения. В зависимости от целей и задач работы сценарий будет включать в себя несколько опытов или же несколько серий опытов, при этом следует иметь в виду, что в виртуальном пространстве все выполняется намного быстрее, чем в реальной лаборатории, и не занимает так много времени, как может показаться с первого взгляда.

В процессе апробации следует провести оценку и анализ достоверности процесса и результата виртуального эксперимента по сравнению с натурным, то есть убедиться, что моделирование и генерируемые результаты виртуального эксперимента не противоречат реальности, то есть не будут водить пользователя в заблуждение.

Методические рекомендации основываются на составленном и апробированном сценарии, однако не следует забывать, что они адресованы студентам, и помимо четких инструкций и заданий должны содержать описание ожидаемых результатов, сопряженных с поставленными целями, иметь отсылки к теоретическому материалу и примерам.

Результатом создания виртуальной лабораторной работы является ее внедрение в процесс обучения, приводящий к повышению качества усвоения знаний и овладения соответствующими компетенциями. Существует несколько приемов «встраивания» виртуальных лабораторных работ по химии в образовательный процесс вуза. При изучении нового материала для его лучшего понимания и освоения, по нашему мнению, целесообразно проведение коротких виртуальных лабораторных работ для актуализации знаний или для демонстрации изучаемых явлений, что создает объективные условия для реализации активных и интерактивных форм обучения, что требует действующий на данный момент образовательный стандарт. В данном случае виртуальная лабораторная работа может заменить традиционный демонстрационный эксперимент. Кроме этого, мы рассматриваем возможности использования виртуальных лабораторных работ для закрепления знаний и умений как в аудиторной, так и во внеаудиторной самостоятельной деятельности. Еще один вариант использования виртуальных лабораторных работ в процессе обучения химии – подготовка учащихся к выполнению натурной лабораторной работы. Выполняя правильно составленную виртуальную лабораторную работу по химии, студенты, во-первых, отрабатывают умения решения расчетных задач по данной теме, во-вторых, закрепляют алгоритм и технику выполнения химического эксперимента, в-третьих, усваивают

закономерности протекания химических процессов при активном участии в процессе обучения.

Предлагаемая методика создания виртуальных лабораторных работ по химии вооружает преподавателей научно обоснованными средствами для проведения занятий по химии и химическим дисциплинам в интерактивной форме в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Список литературы

1. Белохвостов А. А., Аршанский Е. Я. Электронные средства обучения химии; разработка и методика использования. – Минск: Аверсэв, 2012. – 206 с.
2. Гавронская Ю. Ю., Алексеев В. В. Виртуальные лабораторные работы в интерактивном обучении физической химии // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2014. – № 168. – С.79–84.
3. ГОСТ 15971–90. Системы обработки информации. Термины и определения. — Взамен ГОСТ 15971-84; введ. 01.01.1992. — М.: Изд-во стандартов, 1991. – 12 с.
4. Морозов, М. Н. Разработка виртуальной химической лаборатории для школьного образования // Образовательные технологии и общество. – 2004. –Т 7, № 3. – С 155-164.
5. Пак, М. С. Теория и методика обучения химии: учебник для вузов. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. – 306 с.
6. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр») (утв. Приказом Министерства образования и науки РФ от 22 декабря 2009 г. № 788) (с изменениями от 31 мая 2011 г.) [Электронный ресурс]. — URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgos/5/20111207163943.pdf> (дата обращения: 03.10.15).
7. Virtual Lab / ChemCollective. Online Resources for Teaching and Learning Chemistry [Электронный ресурс]. — URL: <http://chemcollective.org/activities/vlab?lang=ru> (дата обращения: 03.10.15).

Рецензенты:

Роговая О. Г., д.п.н., профессор, заведующая кафедрой химического и экологического образования РГПУ им А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург;

Пиотровская К. Р., д.п.н., профессор, профессор кафедры методики обучения математике и информатике РГПУ им А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург.