УДК 378.147:54

ВИРТУАЛЬНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ ВО ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТА

Гавронская Ю.Ю.[1], Решняк В.И.[2], Витязева О.В.[2], Оксенчук В.В.[1]

[1]Российский государственный педагогический университет им А.И. Герцена, Санкт-Петербург, e-mail: gavronskaya@yandex.ru;
[2]Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, e-mail: kaf_chemistry@gumrf.ru

В статье описано применение виртуальных лабораторных работ как интерактивных задач или симуляции натурных экспериментов во внеаудиторной работе по химии студентов вуза. На примере лабораторной работы «pH-метрия» рассмотрено формирование практических умений при самостоятельной работе студента с виртуальной лабораторией. В виртуальной лабораторной работе осуществимы начальные этапы развития навыка, заключающиеся в овладении отдельными элементами и отчасти их сочетании и объединение в единое действие. Эти этапы характеризуются пониманием цели и способов выполнения, постепенным переносом внимания с процесса на результат. Варьирующий (ситуативный) этап формирования умения реализуется при выполнении натурного эксперимента на аудиторных занятиях. Включение виртуальных работ по химии во внеаудиторную деятельность студента систематизирует индивидуальную самостоятельную работу, подчеркивает ее роль как в общей успеваемости по предмету, так и в успешном формировании профессионально значимых умений.

Ключевые слова: обучение химии, виртуальные лаборатории, внеаудиторная работа.

VIRTUAL LABORATORY IN CHEMISTRY IN STUDENTS EXTRACURRICULAR INDEPENDENT ACTIVITY

Gavronskaya Yu.Yu.[1], Reshnyak V.I.[2], Vityazeva O.V.[2], Oksenchuk V.V.[1]

[1]Herzen State Pedagogical University of Russia, St.Petersburg, e-mail: gavronskaya@yandex.ru;
[2]Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.Petersburg, e-mail: kaf_chemistry@gumrf.ru

The article describes the application of virtual laboratorywork as an interactive task or simulated natural experiments in extracurricular work in chemistry students of the University. The development of practical skills in independent work of the student with a virtual laboratory considered on the example of laboratory work "pH-metric measurements". The initial stages of skill development, which consists in the mastery of the individual elements and, partly, their combination and integration into a single action, can be carried outin virtual lab. The understanding of the purpose and methods of fulfilment as well as the transfer of attention from processes to results characterize these stages. Variable (related to the concrete situation) stage formation of skills is realized when the performance of the experiment in the classroom. Enable virtual lab in chemistry in extracurricular activities student systematizes individual self-study, highlights its role in the overall success of learning achievementon the subject, and in the successful formation of professionally significant skills.

Keywords: chemistry learning, virtual chemical laboratory, extracurricular independent activity.

Развитие информационного образовательного пространства, образовательных сред университетов, предметных сред обучения отдельным дисциплинам создает условия встраивания в учебный процесс виртуальных лабораторных работ. Особую привлекательность им придает возможность безопасного самостоятельного проведения учащимися химического эксперимента в удобное для них время. 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 [4, С. 117]. Под виртуальной лабораторной работой по химии мы понимаем виртуальный химический эксперимент в виде совокупности опытов,

объединенных общей целью изучения химического объекта или процесса [1, 2], при этом студент оперирует образами веществ и компонентов оборудования, воспроизводящими внешний вид и функции реальных предметов.

Виртуальные лабораторные работы в обучении химии в вузе могут успешно использоваться на аудиторных занятиях: на лекциях как демонстрационный эксперимент, подтверждающий рассматриваемые положения или теории, или как средство создания проблемной ситуации; на практических занятиях для изучения качественных или количественных закономерностей протекания химических процессов. При этом возникают вполне обоснованные сомнения в целесообразности подмены реального химического эксперимента, который является уникальным специфическим средством обучения химии и вызывает неподдельный интерес учащихся, виртуальным. В этой связи мы придерживаемся мнения о том, что в аудитории виртуальный эксперимент оправдан лишь при отсутствии необходимых реактивов и оборудования или невозможности соблюсти правила безопасного обращения с ними. Еще одним доводом может служить экономия материальных средств и аудиторного времени, поскольку виртуальный эксперимент не требует покупки химикатов, измерительных приборов, установки вытяжной вентиляции и тому подобного, в большинстве случаев все процессы протекают моментально или могут быть существенно ускорены по сравнению с реальными.

Полагаем, что наиболее эффективным способом использования виртуальных химических лабораторий является поддержка внеаудиторной самостоятельной работы студента по химии. Во внеаудиторной самостоятельной деятельности виртуальные химические лаборатории могут работать как интерактивные задачи или симуляции натурных экспериментов с целью подготовки к лабораторной работе в аудитории.

В обоих случаях решающую роль играет свойство интерактивности этого средства обучения, выражающееся в способности интенсивного продуктивного двустороннего взаимодействия: возможности ученика/студента вмешаться в происходящее на экране компьютера, например, выбрать тот или иной реактив, задать условия – концентрацию, объем, температуру, а также реакции компьютерной программы на действия пользователя, а именно – в визуализации протекания процесса – изменении цвета, выпадении осадка, изменении показателей на приборах (pH, электропроводность, давление и т.д.).

Использование в учебном процессе, в том числе во внеаудиторной работе, интерактивных форм и средств обучения в соответствии с ФГОС высшего образования нацелено на формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся.

Виртуальные лаборатории как интерактивные задачи визуализируют ситуацию и предполагают активное участие студента в формировании условия, то есть в

экспериментальном определении исходных данных задачи (например, определить краевой угол смачивания поверхности твердого тела жидкостью: для этого поместить на предметный столик изучаемый образец, нанести каплю жидкости, включить проектор, построить касательную, измерить угол), затем следует расчетная часть – вычисление работы адгезии и актуальная проверка правильности решения. Описываемое интерактивное задание наряду с рядом других разработано Л.И. Холохоновой для студентов Кемеровского технологического института пищевой промышленности [6] и с ее любезного согласия успешно опробовано нами в практике обучения бакалавров химии РГПУ им А.И. Герцена. Преимущества такой самостоятельной работы очевидны, ведь помимо отработки умения решения расчетных задач по данной теме студент знакомится с основами измерения отдельных физико-химических величин, измерительными приборами и процедурами, глубже понимает их смысл.

Еще один эффективный вариант использования виртуальных лабораторных работ в процессе обучения химии – самостоятельная подготовка учащихся к выполнению натурной лабораторной работы. Рассмотрим его на примере лабораторной работы «pH-метрия». Эта работа вполне традиционна, входит в практикумы дисциплин «Химия», «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия» и ряда других профессионально ориентированных дисциплин, основанных на химических знаниях. В цели работы включают знакомство с водородным показателем, измерение с помощью pH-метра, определение pH сильных и слабых кислот и оснований, солей и так далее. В образовательной практике студент должен приобрести умения проводить теоретический расчет pH и осуществлять его измерение с помощью прибора. Лаборатории большинства высших учебных заведений оснащены современными pH-метрами, однако зачастую в количествах, недостаточных для продолжительной одновременной работы потока студентов. Электроды этих приборов должны быть предварительно откалиброваны, храниться в надлежащих растворах, весьма чувствительны к ударам, в результате контакт студента с прибором может оказаться недостаточно продуктивным для выработки умения. Затруднения может вызвать даже простейшая ситуация, над которой человек, умеющий измерять pH, не задумывается, например: «сколько раствора нужно наливать в измерительный сосуд?», то есть начинающий довольно смутно понимает способы достижения цели, совершая ошибки при действии или выполняя их неточно, плохо контролирует свои действия: налить раствор, опустить в него электроды так, чтобы они не ударились о дно стакана, нажать на одну из кнопок и понять, что показывает прибор, оценить достоверность изменения. Мы полагаем, что часть нагрузки по формированию практических умений по химии может быть перенесена на виртуальные лабораторные работы.

Остановимся на различии натурного и виртуального эксперимента в аспекте формирования практических умений и навыков и не акцентируя внимание на иерархии этих понятий. Если в процессе натурного химического эксперимента обучающиеся приобретают умение наблюдать, анализировать, делать выводы, обращаться с оборудованием и реактивами, то в виртуальном химическом эксперименте последний из названных пунктов (умение и навык обращаться с оборудованием и реактивами) не может быть реализован полностью, хотя виртуальный эксперимент и создает надежный фундамент для формирования реального умения.

В психологии формирование умения/навыка определяется как сложный поэтапный процесс, в котором не может быть опущен один из этапов, или изменен их порядок. В виртуальном эксперименте полностью осуществимы следующие этапы развития навыка (по Л.Б. Ительсону [3]): 1) ознакомительный этап формирования навыка (осмысливание действий и их представление, ознакомление с приемами выполнения; 2) подготовительный этап (овладение отдельными элементами действия); 3) отчасти осуществим стандартизирующий этап (сочетание и объединение элементарных движений в единое действие). Эти три этапа характеризуются пониманием цели и способов выполнения действия, постепенным повышением точности и устойчивости выполнения отдельных действий вплоть до их слияния, постепенным переносом внимания с процесса на результат. Происходит улучшение контроля действий, однако по причине виртуальности происходящего переход к мускульному контролю невозможен. По той же причине не может быть реализован четвертый варьирующий (ситуативный) этап формирования навыка, заключающийся в гибкости, приспособляемости к ситуации, произвольном регулировании характера действия, поскольку в виртуальной лаборатории разнообразие ситуаций ограничено, например, не могут быть задействованы такие позиции, как «нет нужного реактива», «неоткалиброван электрод», «опасно», «разбилось» и т.п.

Рассмотрим формирование умения изменять pH и устанавливать закономерности изменения pH в водных растворах в ходе виртуальной лабораторной работы, выполняемой внеаудиторно самостоятельно, а затем в натурной лабораторной работе. В [2] мы обсуждали методику и процесс создания виртуальной лабораторной работы по химии, состоящий из этапов постановки целей, 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.

Исходя из заявленных целей, в задачи работы были заложены: знакомство с устройством pH метра, основные приемы с ним, выявление закономерностей измерения pH в растворах сильных кислот и сильных оснований, в растворах солей, образованных сильной кислотой и сильным основанием, а также в растворах гидролизующихся солей. Первоначально в объекты лабораторной работы были включены и буферные растворы, однако выбранная виртуальная лаборатория не предоставляет пользователю возможности измерения pH смеси. Как и в других случаях, мы предпочли лабораторию с открытым бесплатным доступом, для работы с которой достаточно владение компьютером на уровне пользователя, преимуществом является возможность спроектировать собственную виртуальную лабораторную работу сообразно поставленным задачам.

Выбранная виртуальная лаборатория представляет собой компьютерную программу, выполненную во флэш-анимации. Для измерений предназначены растворы сильных и слабых кислот: HCl, H_2SO_4, $HC_2H_3O_2$, HF, $HC_3H_5O_3$, HNO_3, $HClO_2$, HNO_2, сильных и слабых оснований: NaOH, KOH, NH_3, $Ca(OH)_2$, $(CH_3)_2NH$, $C_6H_5NH_2$, $HONH_2$ и образуемых ими солей в очень широком диапазоне концентраций от 10^{-5} моль/л до 10^{-1} моль/л. Объем измеряемого раствора варьируется от 20 до 100 мл. Виртуальный pH-метр снабжен индикаторным электродом и электродом сравнения. Измерения происходят при постоянной температуре, отражаемой на дисплее прибора. Электроды опускаются и понимаются управляющими кнопками. Любой эксперимент, в том числе и виртуальный, предусматривает небольшую погрешность измерений, поэтому результаты измерений могут несколько отличаться (±0,01) от расчётных значений.

По сценарию лабораторной работы в первом опыте студенты должны освоить общую методику pH-метрических измерений. Это предлагается сделать на растворе соляной кислоты концентрацией $1.00 \cdot 10^{-3}$моль/л. Все изменения (выбор раствора, выбор или изменение концентрации) возможны только при поднятых электродах. Для измерений электроды должны быть опущены в раствор. Проводят измерения pH с 20 мл раствора, затем повторяют с 50 и 100 мл. Во всех случаях на дисплее высветится значение pH 3.00 ±0.01, совпадающее с теоретическим расчетом. Вычисления в этом и последующих опытах приводятся студентом в отчете. Вывод, который делают студенты: объем раствора не влияет на результат измерения pH. При выполнении опыта начинается ознакомление с приемами выполнения экспериментальных и расчетных процедур.

Во втором опыте изучается влияние концентрации на pH растворов сильной одноосновной кислоты. Студентам предлагается измерить pH растворов азотной кислоты разной концентрации ($1.00 \cdot 10^{-2}$моль/л, $1.00 \cdot 10^{-3}$моль/л,$1.00 \cdot 10^{-5}$моль/л, $1.00 \cdot 10^{-6}$моль/л) и сравнить их с теоретическими. Вывод о том, что при изменении концентрации сильной

одноосновной кислоты в 10 раз (на один порядок) pH меняется на одну единицу, в 100 раз (на два порядка) pH меняется на две единицы, в 1000 раз (на три порядка) – на три единицы, в 10000 раз (на четыре порядка) – на четыре единицы. Аналогичный опыт (опыт № 3) проводится с раствором NaOH с целью изучить влияние концентрации на pH растворов сильного однокислотного основания. Происходит овладение отдельными элементами действия и их осмысливание.

В следующем виртуальном опыте изучается pH растворов одно- и двухосновных сильных кислот. Студенты измеряют pH растворов HCl и H_2SO_4 равной молярной концентрации ($5.00 \cdot 10^{-5}$моль/л) и делают вывод, что pH растворов одно- и двухосновных сильных кислот равной молярной концентрации различаются.

Опыт № 5 посвящен изучению pH солей, образованных сильной кислотой и сильным основанием. В опыте используются растворы NaCl, Na_2SO_4 и $NaNO_3$ разных концентраций, результаты приводят к выводу, что pH таких солей равен 7 и не зависит от концентрации раствора.

В последующих виртуальных опытах изучается pH солей, образованных сильной кислотой и слабым основанием и солей, образованных слабой кислотой и сильным основанием.

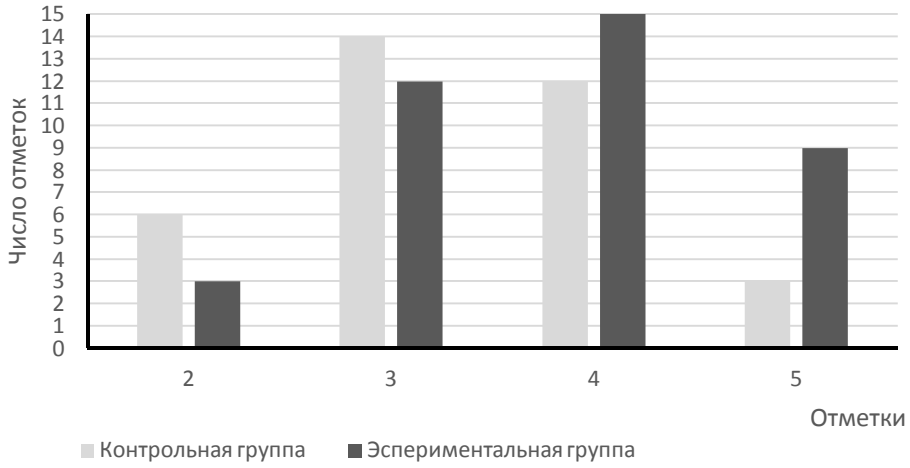
В результате постепенно складывается понимание, осознание смысла водородного показателя и его расчета, повышается устойчивость выполнения отдельных практических действий (выбрать электролит нужной концентрации, наполнить сосуд, опустить электроды, произвести измерения, поднять электроды) вплоть до их слияния, постепенным переносом внимания с процесса измерений и вычислений на результат.

Фактически предлагаемые опыты являются упражнениями, направленными на развитие навыков вычисления и измерения pH, поскольку, следуя «диалектике развития навыка», каждый последующий опыт представляет собой не повторение, а развитие предыдущего. Кроме того, ожидаемые выводы основаны на процедурах сравнения, задействуя логику и способствуя осмыслению изучаемого явления.

В случае формируемого умения определять pH раствора (вычислять или измерять) оно может быть доведено до четвертой вариативной стадии в условиях натурного учебного исследования, а результат его формирования проверяем с использованием известных измерительных процедур, в том числе при наблюдении преподавателя за действиями студента при выполнении лабораторной работы, оценивании отчетов, проверочных и контрольных работ, а также на итоговом экзамене по дисциплине. В основе проверки лежит известное положение о том, что сформированное умение или навык представляет собой действие, которое выполняется конкретным способом и с определенным качеством.

В педагогическом эксперименте по проверке эффективности использования виртуальных лабораторных работ во внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов как средства формирования практических умений по химии принимали участие 70 студентов I курса гидротехнического факультета ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. Студентам экспериментальной группы (35 человек) в качестве домашнего задания предлагалось выполнять виртуальные лабораторные работы. Студенты контрольной группы (35 человек) готовились к аудиторным с использованием традиционных методических рекомендаций.

Так, для проверки сформированности умения определять водородный показатель вопросы, связанные с определением pH, были включены в проверочную работу по теме «Растворы», результаты оценивания (рисунок) показали, что указанными умениями овладели 25 из 35 студентов экспериментальной группы, то есть более 70 %, по сравнению с 43 % студентов контрольной группы (15 человек из 35).



Результаты проверочной работы, включающей вопросы по pH-метрии

На итоговом экзамене по химии, где в том числе проверялось наличие сформированных практических умений по различным темам курса, в экспериментальной группе отличные и хорошие оценки получили 19 студентов (54 %), неудовлетворительных оценок нет; в контрольной группе на «4» и «5» сдали экзамен 11 человек (31 %), три человека получили неудовлетворительные результаты, еще двое студентов не аттестованы по текущим результатам.

Отметим, что студенты экспериментальной группы проявляли большую заинтересованность к изучению химии, отмечена лучшая посещаемость и успеваемость в течение семестра.

Дополнительно было проведено анкетирование среди студентов контрольной и экспериментальной групп. Анализ результатов позволил сделать выводы о том, что многие студенты недооценивают роль дисциплины «Химия» в цикле общеобразовательных дисциплин, а применение интерактивных методов обучения повышает мотивацию, раскрывая роль химической науки, связь ее с другими общетехническими науками в учебном процессе. Увеличение объема лабораторного практикума путем включения виртуальных работ для самостоятельного обучения позволяет заинтересовать студентов. Кроме того, обязательное выполнение виртуальных работ перед аудиторным занятием систематизирует индивидуальную самостоятельную работу по дисциплине, подчеркивает ее роль как в общей успеваемости по предмету, так и в успешном формировании профессионально значимых умений.

Таким образом, результаты текущего и итогового контроля по дисциплине «Химия», анализ студенческих анкет и включенного наблюдения свидетельствуют об эффективности использования виртуальных лабораторных работ по химии во внеаудиторной занятости студентов.

Список литературы

1. Гавронская Ю.Ю., Оксенчук В.В. Виртуальные лаборатории и виртуальный эксперимент в обучении химии // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. – СПб., 2015. – № 178. – С. 178-183.
2. Гавронская Ю.Ю., Оксенчук В.В. Методика создания виртуальных лабораторных работ по химии // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: http://www.science-education.ru/129-22290 (дата обращения: 22.10.2015).
3. Ительсон Л.Б. Учебная деятельность, ее источники, структура и условия // Хрестоматия по возрастной и педагогической психологии. Работы советских психологов периода 1946–1980 гг. / под ред. И.И. Ильясова, В.Я. Ляудис. – М., 1981. – С. 189-193.
4. Пак М.С. Теория и методика обучения химии: учебник для вузов. – СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. – 306 с.
5. Холохонова Л.В. Виртуальные лабораторные работы по физической и коллоидной химии [Электронный ресурс]: электронный лабораторный практикум / Холохонова Л.И., Тарасова Ю.В.; Кемеровский технологический ин-т пищевой пром-сти, каф. физ. и коллоидной химии. – Кемерово : КемТИПП, 2010. – 1 электрон. опт. диск (CD-R) : цв. ил.; 12 см. Загл. с титул. экрана.