

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ В МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Погуляева И.А.¹, Браун В.С.¹

¹Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Нерюнгри, e-mail: irawalker2012@yandex.ru, svfu.praeco@yandex.ru

Большинство разработанных сегодня виртуальных лабораторных практикумов (ВЛП) по естественным наукам имеют несомненное преимущество, позволяя в дистанционной форме осуществлять образовательный процесс. Вместе с тем их очевидным недостатком является сложность работы по изменению содержимого – преподаватель оказывается «вынужденным» пользователем представленного списка работ без возможности его коррекции или дополнения лабораторной базы собственными работами. Данная статья рассматривает виртуальный лабораторный практикум по неорганической химии, при создании которого была использована среда Visual Studio. Наряду с традиционным назначением – проведением лабораторных работ в интерактивной форме – приложение также позволяет осуществлять теоретическую проверку знаний студентов, изучающих раздел «Неорганическая химия». Главной особенностью данного приложения является возможность самостоятельно формировать базу данных как по представленным лабораторным работам, так и по веществам и элементам, ее наполняющим. Визуальный интерфейс программы в настоящее время представлен в игровой форме, однако все опыты также могут быть дополнены видеосъемками реальных опытов. Само приложение используется студентами вуза через систему ДО Moodle, благодаря чему у них имеется возможность заранее подготовиться к реальной лабораторной работе или восстановить пропущенное занятие.

Ключевые слова: виртуальный лабораторный практикум, Visual Studio, неорганическая химия, база данных, интерактивные методики преподавания

INTERACTIVE VIRTUAL LABORATORY PRACTICUM IN THE TEACHING METHODOLOGY OF INORGANIC CHEMISTRY

Pogulyaeva I.A.¹, Brown V.S.¹

¹Nerungri Technical Institute (branch) of M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Nerungri, e-mail: irawalker2012@yandex.ru, svfu.praeco@yandex.ru

Today the majority of developed virtual laboratory practicums (VLPs) in natural sciences have unquestionable advantage due to possibility of distance learning. At the same time VLPs have obvious shortcoming such as complication of operation with contents changing – the lecturer turns out a forced user of presented laboratory works list without a possibility of its correction or making an addition with own works. This article is devoted to virtual laboratory practicum on inorganic chemistry that was created in Visual Studio programming environment. Together with traditional VLP using – to carry out the laboratory works in interactive forms – this application allows also to test the theoretical knowledge of students who learn an inorganic chemistry. The main feature of this application is a possibility of independent forming of database both for laboratory works and for substances and elements that could be involved in these works. Today the visual interface of application is presented in a format of gaming simulation but could be also supplemented with videos of real chemical experiments. The application is now used by the students of institute from the system of distance learning (Moodle) and so it gives them a chance to prepare beforehand to a real laboratory work or restore a missed lesson.

Keywords: virtual laboratory practicum, Visual Studio, inorganic chemistry, database, interactive teaching methodology

Современная система образования обращает особое внимание на дистанционные и интерактивные технологии и методы обучения. В то же самое время в естественных науках, предполагающих лабораторный практикум, например физике и химии, неотъемлемой чертой которых является гармоничный синтез теории и практики, лабораторные занятия считаются обязательным элементом методического багажа. Виртуальный лабораторный практикум (далее – ВЛП) является одним из инновационных способов обучения, применяющихся

сегодня в образовательных учреждениях, и совмещает дистанционную форму с лабораторными занятиями [1]. Несомненно, у данного метода есть как достоинства, так и недостатки. К последним, в частности, относится невозможность приобретения навыков практической, натурной работы с оборудованием и химическими реактивами, невозможность «вживую» узнать об органолептических свойствах химических веществ. В то же время при проведении виртуальных опытов риск при работе с едкими и опасными веществами минимизируется, снижаются расходы на требуемые реактивы (не всегда доступные широкому кругу неспециализированных учебных лабораторий). Кроме того, несомненным преимуществом виртуальной среды является и тот факт, что студенты и обучающиеся могут подключиться к образовательному процессу и провести необходимые опыты в любое удобное для них время, в том числе компенсируя пропущенные аудиторские занятия. Limniou et al (2007) показали положительное влияние такой формы организации работы на внимательность и компетентность студентов во время аудиторских занятий; Kennerpohl (2001) отмечает, что ВЛП для студентов является более понятной формой проведения лабораторной работы (по сравнению с реальной аудиторской работой) с раскрытием ее хода и вложенного содержания [2, с. 940].

Вместе с тем хочется отметить основные проблемы при работе с имеющимися в широком доступе ВЛП. Иностранские версии (Virtual General Chemistry Laboratory [3], Chemlab, Crocodile Chemistry 605, Dartmouth ChemLab), что очевидно, малодоступны для российских пользователей, хотя есть данные о разработанных на их основе некоторыми вузами, в том числе российскими, виртуальных лабораторных работах [4, с. 128]. Также сложны в использовании приложения, требующие наличия специального оборудования [5]. Нами был проведен сравнительный анализ выпускаемых отечественных приложений с виртуальной химической лабораторией, который показал недостаточную гибкость и широту охвата функционала и возможностей настоящей, реальной лаборатории. В качестве примеров реализации подобного продукта могут выступать программный комплекс «Наставник» (разработанный НПООО «ИНИС-СОФТ») [6], «Профессор Неорхим» (РХТУ им. Д.И. Менделеева) [7–9] или решения, разработанные на базе СДО МГИУ [10], а также набор flash-роликов с сайта <http://www.virtulab.net> [11]. Все эти работы написаны в среде Macromedia Flash и обладают точной, узконаправленной решаемой задачей, в лучшем случае позволяющей провести лишь некоторый набор опытов из всего многообразия, а также отличаются высокой трудозатратностью по внесению правок, нового содержания, ограниченным функционалом, созданным с помощью встраиваемых скриптов, и его простотой, продиктованной возможностями самой среды Macromedia Flash. Помимо flash-реализаций существуют также приложения для мобильных платформ, например «This

chemist» (платформа Android). Здесь предоставляется несколько более широкий функционал, но общая эргономика и возможности таких приложений весьма ограничены.

Один из авторов данной работы имеет многолетний опыт преподавания химии в вузе, поэтому основной проблемой считает ограничение лабораторной базы конкретными работами и опытами (эта проблема также усугубляется сокращением стандартного объема лабораторного практикума – многие традиционные работы автоматически остаются вне внимания студентов). Существующие ВЛП направлены преимущественно на школьную аудиторию, работы по неорганической химии не отличаются разнообразием. Кроме того, мы считаем, что в распространенной ныне виртуальной среде в указанных ранее работах, в попытке приблизиться к реальной обстановке лаборатории, предпочтение отдается визуальной стороне практикума (т.е. отображению рабочего стола, ограниченно имитирующего настоящий лабораторный стол), но при этом практически не рассматривается теоретическая сторона вопроса, т.е. не учитывается реакционно-опытная проверка проводимых опытов. Таким образом, обучающиеся имеют возможность почувствовать себя в атмосфере лаборатории, но не могут проверить свои знания по теории, а именно – правильность составленных реакций, сопровождающих химические процессы.

В связи с вышеизложенным в предлагаемом к рассмотрению виртуальном практикуме «ХимЛаб» авторы постарались реализовать две основные цели:

- 1) разработать программное обеспечение, обладающее гибкостью структуры, с удобной возможностью в дальнейшем изменять и дополнять ее;
- 2) уделить особое внимание теоретической стороне вопроса, т.е. возможности проверки знаний формул и реакций, сопровождающих опыты.

Материал и методы исследования. В качестве среды программирования был выбран IDE MS Visual Studio, представляющий одно из наилучших средств для индивидуальной разработки проектов в ОС Windows. В качестве языков написания использованы XAML и C# платформы .Net. Подобный выбор подразумевает под собой скорость и удобство разработки, а также высокую доступность справочных материалов.

База данных (далее – БД) спроектирована с учетом правил Кодда и отвечает их ключевым пунктам. Наполнение БД осуществляется пошагово, иерархическим путем, т.е. вначале создается база элементов, затем веществ, затем реакций, которые могут быть использованы в различных лабораторных работах. Компоненты всех баз обладают настраиваемыми параметрами. Так, для вещества допускается указание необходимого агрегатного состояния (если того требуют особенности проведения опыта), при этом легко изменить визуальное представление этого реактива (по умолчанию используются файлы с расширением .png) непосредственно в самой базе с автоматической подгрузкой указанного

изображения. Параметры базы веществ представлены на рисунке 1.

Конструктор базы данных

Файл Сервис Разработчик

Save Add Del


Элементы Вещества Реакции

Ун. номер	Наименование	Элементы	Агр. состояние	pH	Путь к рисунку
138885079	Сероводород	$H_2 S$	Газ	NaN	Resources\Images\Compounds\Диоксид серы.png
190421130	Соляная кислота	$H Cl$	Жидкость	0	Resources\Images\Compounds\Бесцветные растворы.png
1669224314	Соляная кислота конц.	$H Cl$	Жидкость	0	Resources\Images\Compounds\Соляная кислота концентрированная.png
1015238087	Сульфат алюминия	$Al_2 (S O_4)_3$	Жидкость	2.57	Resources\Images\Compounds\Бесцветные растворы.png
257141168	Сульфат аммония	$(N H_4)_2 S O_4$	Жидкость	4.63	Resources\Images\Compounds\Бесцветные растворы.png
1031698197	Сульфат аммония (крист.)	$(N H_4)_2 S O_4$	Твёрдое	NaN	Resources\Images\Compounds\Сульфат аммония.png
923957714	Сульфат бария	$Ba S O_4$	Твёрдое	NaN	Resources\Images\Compounds\Бесцветные кристаллы.png
920042649	Сульфат железа (II)	$Fe S O_4$	Жидкость	5.06	Resources\Images\Compounds\Сульфат железа (II).png
10	Сульфат калия	$K_2 S O_4$	Жидкость	7	Resources\Images\Compounds\Potassium sulphate.png
11	Сульфат марганца	$Mn S O_4$	Жидкость	5.35	Resources\Images\Compounds\Manganese sulfate.png
1422535656	Сульфат меди	$Cu S O_4$	Жидкость	3.67	Resources\Images\Compounds\Сульфат меди.png
522832401	Сульфат натрия	$Na_2 S O_4$	Жидкость	7	Resources\Images\Compounds\Бесцветные растворы.png
15	Сульфат свинца	$Pb S O_4$	Твёрдое	NaN	Resources\Images\Compounds\Plumbo sulfat.png

Наименование: Сульфат алюминия

pH: 2.57

Агр. состояние: Жидкость

Изображение: 

Элементы: $Al_2 (S O_4)_3$

Путь к рисунку: Resources\Images\Compounds\Бесцветные растворы.png

Рис. 1. Наполнение базы данных (база веществ) ВЛП «ХимЛаб»

Для реакций к основным параметрам относят вероятность обратимости, использования катализатора, нагрева. Кроме того, возможно прикрепление видеофайла в формате .gif, что дополнительно позволяет студентам убедиться в правильности описываемых наблюдений (рис. 2), а тем, кто по каким-то причинам пропустил аудиторное занятие, дает возможность увидеть опыт своими глазами.

Также возможно полуавтоматическое заполнение БД «ХимЛаб» с помощью импорта формата .xml, содержание которого при учете большого количества импортируемой информации можно быстро создать с помощью регулярных выражений.

Программный пакет создается на базе системы Presentation Foundation от Microsoft для построения клиентских приложений и позволяет реализовать технологию разворачивания ClickOnce, имея следующие преимущества:

- легкая установка – установщик прост в обслуживании и не требует специальных прав доступа (прав администратора);

Конструктор базы данных

Файл Сервис Разработчик

Save Add Del

Элементы Вещества Реакции

Ун. номер	Реагенты	Пр. реакции	Катализатор	Температура	Обратимость	Описание
822992917	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2$	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Качественная реак
1733438477	$\text{CaCO}_3 + 3\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$	$2\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Качественная реакция н
1839405872	$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$		Есть	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Качественная реакция н
715803325	$\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl}$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Свойства карбонатов
2127202821	$\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{BaCO}_3 + 2\text{NaCl}$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Свойства карбонатов
899165284	$2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	$2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 6\text{NaCl}$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Гидролиз карбонат
2119357464	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	$2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Получение и свойства солей угольной кислоты. Гидролиз карбонат
1756333740	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$		Есть	Необратимая	Опыт 1. Получение азота
1621516909	$\text{C}, \text{H}, \text{N}, \text{Cl}, \text{KClO}$	$\text{C}, \text{H}, \text{N}, \text{Cl}$		Нет	Необратимая	Опыт 5. Окислительные свойства гипохлоритов и хлорноватиста


Реагенты: $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Продукт реакции: Cr_2O_3 , N_2 , $4\text{H}_2\text{O}$

Катализатор: Null

Обратимость: Необратимая

Температура: Есть

Изображение: 

Путь к рисунку: Resources\Images\Compounds\Клипы\Сжигание дихромат аммония.gif

Описание: Опыт 1. Получение азота

Рис. 2. Наполнение базы данных (база реакций) ВЛП «ХимЛаб»

– простота обновления и самообновления – при запросе программа проверяет наличие новой версии и по мере ее доступности автоматически заменяет обновленные файлы;

– минимальное влияние на операционную систему – в технологии ClickOnce каждое приложение является самодостаточным и не требует прописывания своих параметров в реестр Windows.

Дополнительно создана полностью портатбельная сборка без привязки к реестру ОС, распространяется она в архиве, и все, что нужно для ее использования, – простая распаковка. Такой архив выставлен в системе ДО Moodle института, и студенты имеют к нему постоянный доступ.

Результаты исследования и их обсуждение. Стартовой при создании ВЛП «ХимЛаб» стала работа, посвященная свойствам кислорода и пероксида водорода. Авторы столкнулись с необходимостью не только грамотно включить в программу вещества, но и учесть сопутствующие опытам условия, в частности использование нагрева и индикатора на кислород – горящей лучины, а также присутствие катализатора. В настоящее время нагрев носит логический характер, а лучина реализована с использованием Drag&Drop и привязана к присутствующему в рабочем поле веществу «кислород», при наличии которого при поднесении лучина трансформируется в образ «горящей». По аналогичному принципу работает и проверка на углекислый газ – в данном случае горящая лучина «гаснет».

Для реализации второй поставленной цели, касающейся проверки знаний формул и

реакций, были выдвинуты следующие задачи: корректное отображение формул, наличие возможности определять соотношение элементов в составе реагентов и продуктов с учетом изменения их ключевых параметров, проверка правильности составленных формул.

Химический инструментарий, соответствующий набору необходимых реактивов, располагается в отдельной панели «Элементы / Вещества», ниже которой находится рабочее поле реакции. Отдельные химические элементы (водород, кислород и т.д.) или более сложные реактивы (пероксид водорода, серная кислота и т.д.) перетаскиваются в поле ввода со своей панели в режиме Drag&Drop, при ошибочном выборе реактивы можно изменить или полностью обнулить их выбор. Выбрав необходимые для опыта реагенты, пользователь вызывает проверку строки реакции, и «ХимЛаб» уведомляет его о правильности решения текущей задачи с отображением результата и предоставляет информацию по ней (рис. 3).

Рис. 3. Рабочий стол виртуального лабораторного практикума «ХимЛаб»

Возможность или невозможность проведения реакции согласуется с поставленной в соответствующей лабораторной работе и конкретном опыте задачей, то есть случайный перебор реактивов, даже могущий завершиться успешно, не приведет к желаемому результату – таким способом студенты учатся соблюдать условия опыта. При этом особенности проверки реакции в «ХимЛаб» таковы, что при смешивании в рабочем поле

всех необходимых для проведения опыта реагентов (при условии правильного выбора их студентом) порядок их добавления не имеет особого значения, поскольку компаратор допускает их непоозиционную совокупность, что является несомненным преимуществом программы. Точный порядок имеет значение лишь в некоторых случаях и косвенно может быть учтен самим преподавателем при проверке выполненной студентом работы.

Как было упомянуто ранее, назначение данного лабораторного практикума также состоит в том, чтобы выявить недостатки в теоретическом обучении студентов. Основной проблемой при изучении дисциплины «Химия» мы видим слабое знание элементарных формул и неумение работать с реакциями. Решение данной проблемы предлагается в выведении результатов реакции в формате упрощенной формулы: например, вместо « H_2O » студент видит « $\text{?H}_2\text{O}$ »). Таким образом, главная теоретическая задача практикума состоит в том, чтобы обучающиеся могли не только проверить свои знания формул веществ, но и провести традиционное уравнивание обеих частей уравнений. Расставленные в итоге коэффициенты сравниваются с данными базы, и при наличии или отсутствии ошибок пользователь уведомляется о дальнейших действиях. По умолчанию (соответствующая опция) правильное решение уравнения открывает доступ к выполнению следующего опыта.

Дополнительно в программу заложена возможность использования «ХимЛаб» не только для классического проведения опыта, когда заранее известны реактивы, а продукты реакции, пусть и в упрощенном представлении, появляются автоматически. Студенты, желающие повысить свой уровень знаний, могут также самостоятельно подбирать и продукты реакции (в этом случае в программу заложена возможность в панель реагентов включать и продукты реакции). Подобная опция настраивается преподавателем и представляется в виде отдельного файла (лабораторная работа повышенной сложности).

Заключение. Разработанный виртуальный лабораторный практикум «ХимЛаб» внедрен нами в процесс обучения сравнительно недавно, однако уже имеются определенные положительные стороны его использования. Так, студенты отмечают простоту работы в реальной лаборатории после предварительного ознакомления с ее виртуальным аналогом, у них повышается интерес к практической работе – появляется желание «увидеть воочию» опыты, растет уровень теоретических знаний. Кроме того, мы считаем немаловажным достоинством данного ВЛП тот факт, что при активном сокращении аудиторных часов для проведения лабораторных работ и ограниченности выбора работ студенты все-таки имеют возможность провести многие из них самостоятельно, вне учебного процесса. В условиях активной информатизации общества и смещения акцентов современной молодежи в сторону информационно-интерактивных способов восприятия окружающего мира виртуальные лаборатории, представляющие занятия в легкой игровой форме, оказываются более

понятными и доступными большинству студентов.

Список литературы

1. Князева Е.М. Лабораторные работы нового поколения // Фундаментальные исследования. 2012. № 6-3. С. 587-590.
2. Tatli Z., Ayas A. Virtual laboratory applications in chemistry education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2010. no. 9. P. 938-942.
3. Jordá J.M.M. Virtual tools: virtual laboratories for experimental science – an experience with VCL tool. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. no. 106. P. 3355-3365.
4. Нурмаханова Д.Е., Бекназарова А.Б., Мейирова Г. Некоторые вопросы организации практических занятий по химии // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 9. С. 127-130.
5. Torres F., Neira Tovar L. A., Egremy C. Virtual Interactive Laboratory Applied to High Schools Programs. *Procedia Computer Science*. 2015. no. 75. P. 233-238.
6. Баев В.С., Дайняк И.В., Карпович С.Е. Интерактивный компьютерный практикум по химии // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е. Педагогические науки. Методика. 2015. № 7. С. 54-60.
7. Кольцова Э.М., Сиплатова Е.А., Филиппова Е.Б. Особенности разработки виртуального лабораторного практикума по неорганической химии // Информационные ресурсы России. 2015. № 3. С. 33-36.
8. Сазон М.Л., Филиппова Е.Б., Н.Н. Дикая, Щербаков В.В. Разработка виртуального лабораторного практикума по неорганической химии «Химические свойства элементов группы VIA и их соединений» // Успехи в химии и химической технологии. 2015. Т. 30. № 4. С. 68-70.
9. Сайфи А.М., Филиппова Е.Б., Н.Н. Дикая, Щербаков В.В., Кольцова Э.М. Разработка виртуального лабораторного практикума по неорганической химии «Химические свойства элементов групп IVA и VA и их соединений» // Успехи в химии и химической технологии. 2015. Т. 29. № 4. С. 98-99.
10. Бадаев Ф.З., Иванова Н.Н. Виртуальные лабораторные работы в курсе химии для технических направлений, входящие в электронную систему дистанционного обучения // Известия МГИУ. Естественные и технические науки. 2012. № 2 (26). С. 80-83.
11. Виртуальная образовательная лаборатория «ВиртуЛаб». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.virtulab.net> (дата обращения: 29.11.2018).