

УДК 378.1

## О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ВУЗЕ

Волкова О.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления “НИИХ”», Новосибирск, e-mail: o.s.volkova@edu.nsuem.ru

В данной работе описывается опыт преподавания дисциплины «Химия и материаловедение» для студентов, обучающихся по направлению подготовки высшего профессионального образования 27.03.05 Инноватика (уровень бакалавриата). В статье был проведен анализ требований федерального государственного стандарта высшего образования к уровню знаний и компетенций выпускника, относящихся к данной дисциплине. При этом указывается, что для успешного освоения материала по предмету студенты должны иметь определенный уровень знаний и компетенций по курсу химии, сформированных ранее на уровне средней школы. Для эффективного обучения по сложным темам, относящимся к разделу «Физическая химия», в практике работы в НГУЭУ активно применяются информационно-коммуникационные технологии. Они делают обучение более наглядным, облегчают восприятие материала и проведение расчетов. Выполнение лабораторных работ с помощью виртуального практикума способствует более полному освоению и закреплению теоретического материала по соответствующим темам, а интернет-тестирование, проводимое на портале вуза с помощью CMS-системы Moodle, вносит в процесс обучения определенный соревновательный эффект. В работе все это продемонстрировано на примере изучения такой важной темы раздела, как «Химическое равновесие».

Ключевые слова: направление Инноватика, бакалавриат, профессиональные компетенции, физическая химия, виртуальные лабораторные работы, интернет-тестирование, химическое равновесие.

## ON THE POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE COMPUTER TECHNOLOGIES DURING THE STUDYING OF SOME TOPICS OF PHYSICAL CHEMISTRY AT THE UNIVERSITY

Volkova O.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk state university of economics and management, Novosibirsk, e-mail: o.s.volkova@edu.nsuem.ru

In the present paper the teaching experience of the discipline Chemistry and Materials science, for students enrolled in the educational program on the direction 27.03.05 Innovation (bachelor's level), is described. In the article the analysis of the requirements of federal state standard of higher education to the graduate's knowledge level and professional competences, referring to the discipline in question, was carried out. Also it is pointed out that for the successful mastering of subject the students ought to have a certain level of knowledge and competences in chemistry, formed earlier in a secondary school. For the effective teaching on difficult topics, related to physical chemistry, in the practice of work at NSUEM the information and communication technologies are actively applied. They make education more illustrative, facilitate the material apprehension and the calculation executing. The performing of the laboratory works with a virtual workshop contributes to more complete mastering and strengthening of theoretical material on the related topics, and the Internet-testing, conducting at the university portal using the CMS-system Moodle, introduces a certain competitive effect into the educational process. In this paper all of it was demonstrated on the example of study of such important topic as Chemical equilibrium.

Keywords: direction Innovation, bachelor degree, professional competences, physical chemistry, virtual laboratory works, Internet-testing, chemical equilibrium.

Обучение студентов высших учебных заведений предполагает разделение всех включенных в рабочие учебные планы дисциплин на две части: базовую и профильную. В первую входят предметы общего характера, куда отнесены гуманитарные и естественно-научные дисциплины, а во вторую – те предметы, которые будут, по мнению разработчиков образовательной программы, непосредственно связаны с будущей профессиональной деятельностью выпускника. При этом часто значимость дисциплин из базовой части серьезно

недооценивают, что проявляется в довольно скептическом отношении к этим предметам как со стороны студентов, так подчас и на уровне руководства кафедр, ответственных за составление образовательной программы по направлению (поскольку существует точка зрения, что эти предметы и так изучаются в средней школе, следовательно, в вузе учебные часы на них можно безболезненно сократить). Однако многочисленные исследования (например, [1, 2]) показывают, что у студентов первого-второго года обучения возникают разного рода сложности с освоением фундаментальных понятий естественно-научных дисциплин, химии в частности. Такая же ситуация наблюдается, к сожалению, и в Новосибирском государственном университете экономики и управления «НИНХ», где в рабочий учебный план для направления 27.03.05 Инноватика (уровень бакалавриата) включена дисциплина «Химия и материаловедение» [3]. На курс отводится 6 ЗЕТ, читается он 2 семестра, в первом изучаются основы общей химии, во втором – материаловедения. И, как показывает личный опыт автора, к числу наиболее трудных для освоения студентами тем первой части курса относятся разделы физической химии, такие как термодинамика, кинетика, электрохимия. Поэтому основной целью данного исследования является обсуждение возможностей, которые предоставляют компьютерные технологии для решения задач и выполнения виртуальных лабораторных работ по этим разделам с целью облегчить студентам освоение материала.

### **Материалы и методы исследования**

Материалом исследования являлись образовательные стандарты высшего образования, рабочие учебные планы и рабочие программы дисциплины, личные разработки автора для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий. В исследовании использовались теоретические (анализ научной, учебно-методической литературы, касающейся темы исследования) и эмпирические (наблюдение за учебным процессом, анализ опыта преподавания) методы исследования.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Дисциплина «Химия и материаловедение» появилась в Федеральном государственном стандарте высшего профессионального образования по направлению 222000 – Инноватика (ГОС-2, ныне не действует) [4] в перечне примерных дисциплин математического и естественно-научного цикла лишь в 2011 г., ведь в предшествующей форме этого документа в числе закрепленных на уровне федерального компонента учебных дисциплин фигурировал только курс «Технологии и материаловедение», а химия отсутствовала [5]. В сменившем его стандарте ФГОС-3 к дисциплине «Химия и материаловедение» непосредственно относилась компетенция ОК-7: «способность использовать законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности». Однако каких-либо пояснений к этой формулировке в

документе не давалось, а к выпускнику предъявлялось лишь требование в обязательном порядке знать «основные понятия, термины и законы химии». Поэтому каждому преподавателю в своей рабочей программе дисциплины приходится самостоятельно определять, что же должен знать, уметь, чем и на каком уровне владеть студент, прослушавший курс. По сути, для освоения предмета в соответствии только с формулировкой стандарта было бы достаточно усвоить определенный объем теоретической информации, полученный на лекциях и в ходе самостоятельной работы по учебнику. Однако в компетенции ОК-7 указывается не просто на необходимость знать, но еще и грамотно использовать эту теоретическую информацию, а последнее невозможно без умения решать химические задачи различного уровня сложности, которое развивается на семинарах и закрепляется самостоятельным выполнением домашних заданий, а также при выполнении лабораторных работ. Конечно, в подобной работе студенты должны активно использовать базовые знания из таких школьных и вузовских курсов, как математика, физика и иные, однако, как показывает практика, далеко не все обучающиеся могут этим похвастаться.

Раздел «Физическая химия» для студентов нехимического профиля является одной из наиболее трудных частей курса химии. В первую очередь, это такие темы, как основные законы термодинамики, химическое равновесие, в том числе равновесия в растворах электролитов, химическая кинетика, электрохимия и пр. Для правильного решения задач, разбираемых на семинарах по этим темам, от обучающихся требуются уверенное использование строгих алгоритмов, порой выполнение многоступенчатых однотипных расчетов и хорошее знание математики. Закрепление материала происходит также в ходе самостоятельной работы с использованием задачников – как доступных в библиотеке вуза [6], так и по подписке в электронной библиотеке Юрайт [7].

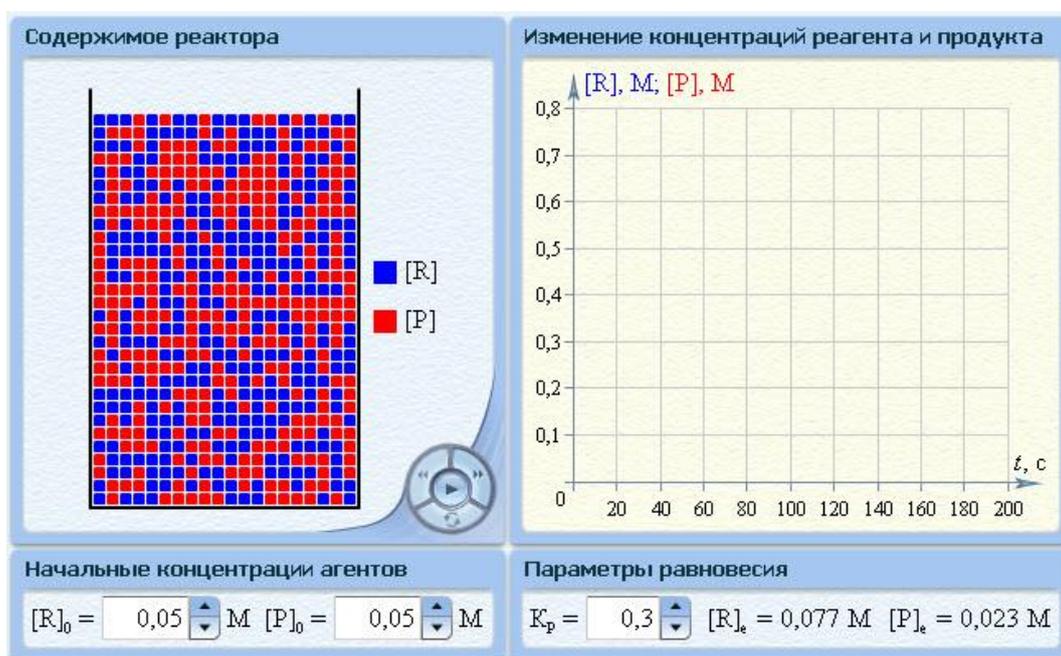
Естественно, что происходящие в обществе процессы информатизации оказывают существенное влияние и на все уровни образования, так что современное обучение уже сложно представить без применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) получения знаний. Использование компьютерных технологий в учебном процессе дает возможность интенсифицировать его, интегрировать различные формы представления учебной информации, применять новые методы и организационные формы обучения. Сюда относятся электронные учебники, лекционные презентации, использование мультимедиа, интернет-тренажеры, компьютерное тестирование и пр. Так что применение ИКТ на практических занятиях должно способствовать в определенной мере облегчению процесса освоения материала.

Рассмотрим это на примере такой темы курса, как «Химическое равновесие», в рамках которой обсуждается одна из важнейших количественных характеристик процесса

химического превращения – константа равновесия, определяемая через отношение равновесных концентраций участвующих в реакции веществ. Помимо этого, для описания процесса превращения используются и другие связанные с ней понятия, как то: степень превращения, степень диссоциации, скорость прямой и обратной реакции. К типичным ошибкам, которые возникают у студентов при решении задач по данной теме, можно отнести неправильное применение общей формулы для константы равновесия по отношению к конкретному уравнению реакции (не обращают внимания на гетерогенность процесса, забывают учесть стехиометрический коэффициент в виде степени, вместо произведения концентраций записывают сумму и т.д.), недостаточное внимание к условию задачи (не видят различия между начальной и равновесной концентрацией и, не задумываясь, подставляют данные по условию цифры сразу в формулу) и математические ошибки в вычислениях. Например, чтобы найти степень диссоциации электролита, используя значение константы диссоциации и концентрации раствора, нужно решить квадратное уравнение. Процедура нахождения корней уравнения занимает у некоторых студентов на занятии весьма продолжительное время, при этом, даже произведя расчет, они могут получить неверный ответ, поскольку не учли знак в коэффициентах уравнения или неверно записали порядок числа при вычислении квадратного корня из дискриминанта. Чтобы сократить эти временные затраты и уменьшить количество математических ошибок, предлагается пользоваться онлайн-калькулятором (например, представленным на сайте [planetcalc.ru](http://planetcalc.ru), который позволяет как вводить числа в десятичной форме, так и указывать необходимую точность ответа) или же использовать программу MathCAD. Если разбирается другой тип задач – вычисление величины константы равновесия химической реакции через термодинамические функции: энтальпию, энтропию и энергию Гиббса, то в этом случае студент может на занятии ввести расчетные формулы в файл в программе Excel и затем, меняя исходные данные в соответствии с условиями задачи, облегчить себе однотипные вычисления при последующем выполнении домашнего задания. Тем самым с использованием ИКТ уменьшается количество чисто арифметических ошибок в задачах.

Важной частью учебного процесса служит и выполнение виртуальных лабораторных работ, для чего в НГУЭУ используется программа Открытая химия 2.7, разработчик – компания «Физикон» [8]. Конечно, как неоднократно подчеркивалось в литературе, такие работы не могут в полной мере заменить реальный практикум, особенно если речь идет о технических специальностях (например, [9, 10]), однако, когда изучаемая дисциплина не является профильной, виртуальный практикум становится полезной частью процесса обучения.

В частности, в лабораторной работе по теме «Химическое равновесие» рассматривается простейшая обратимая реакция: реагент превращается в конечный продукт  $R \longleftrightarrow P$ . Примерами подобных процессов являются взаимопревращения изомеров, такие как мутаротация глюкозы. Изучение этой реакции в реальном практикуме [11] требует дорогостоящего оборудования (например, ЯМР-спектрометра) и занимает около двух пар. Однако компьютерное моделирование позволяет воссоздать практически любую реальную модель с меньшими затратами времени и финансов. На рисунке показан внешний вид компьютерной модели, используемой в данной работе.



*Компьютерная модель для выполнения виртуальной лабораторной работы по теме «Химическое равновесие»*

Студент в ходе работы может варьировать условия эксперимента: задавать начальные концентрации обоих веществ  $[R]_0$ ,  $[P]_0$  в окне «Начальные концентрации агентов», выставлять значение константы равновесия данной реакции  $K_p$  в окне «Параметры равновесия». При этом автоматически рассчитываются значения равновесных концентраций исходного вещества  $[R]_e$  и продукта реакции  $[P]_e$ .

При нажатии кнопки «Старт» в реакторе запускается процесс химического превращения, при этом в верхнем левом углу отображается содержимое реактора (синими квадратами – реагент, красными – продукт) в текущий момент времени, а в верхней правой части модели та же информация приводится в виде графиков. В любой момент времени реакцию в модели можно остановить и, подведя указатель мыши к какой-либо точке на графике, увидеть во всплывающей вкладке текущие значения времени и концентрации

данного вещества. Таким способом отслеживаются изменения концентраций обоих веществ во времени, которые и представляют собой первичные экспериментальные данные.

Далее из полученных экспериментальных данных студенты рассчитывают степень превращения, произведение реакции, изменение энергии Гиббса для каждого момента времени, наблюдают, как меняются эти величины в ходе реакции, к какому пределу они стремятся при достижении состояния равновесия. Эту информацию также отображают в виде графика, для чего используется программа Excel. Из анализа полученных зависимостей студенты делают выводы о тех критериях, по которым можно судить о возможном направлении протекания процесса химического превращения при заданных условиях.

При этом следует отметить, что в данной компьютерной модели, к сожалению, не предусмотрена опция, связанная с изменением типа исследуемой реакции, а ведь в подобном эксперименте стало бы возможно детально отследить, как меняются концентрации веществ при стехиометрических коэффициентах, отличных от единицы, как это сказывается на величине произведения реакции, как учитывается при расчете константы равновесия. Но даже проведение эксперимента на примере только одной реакции все равно позволяет студенту гораздо яснее различать понятия «начальная, текущая и равновесная концентрации», осознать взаимосвязь степени превращения и величины константы равновесия, оценивать возможность повлиять на направление протекания реакции при изменении внешних условий. Это подтверждается и результатами текущего контроля знаний по теме «Термодинамика», проведенного с помощью интернет-тестирования на портале вуза [12].

В рамках проверки знаний с использованием CMS-системы Moodle студентам предлагалось выполнить тестовые задания с выбором ответа из предложенных вариантов, в том числе и несколько расчетных. Тестирование проводилось в группах разных лет набора общей численностью 54 человека, при этом у одной из них основой для подготовки к тесту по теме служили только лекции и семинары, у другой на семинаре предварительно проводился разбор заданий, аналогичных предложенным в тесте, а у третьей тестирование проводилось после выполнения и защиты описанной ранее компьютерной лабораторной работы. Итоговый результат программа сообщала студенту по окончании теста в виде оценки по 5-балльной системе, а для преподавателя также выводился средний балл по всем студентам. И, если в первой и второй группе средние баллы различались незначительно (2,3 и 2,4), то у третьей группы после выполнения лабораторной средний балл поднялся уже до 2,9. Если же проанализировать результаты тестирования по теме «Электрохимия», то здесь у этих трех групп отмечается более значительная разница: 2,3, 3,4 и 4,2 соответственно. Возможно, это связано с меньшим разнообразием вопросов по указанной теме в тесте (здесь рассматривались принципы работы гальванического элемента, исследуемые в лабораторной работе с помощью

модели «Конструктор гальванических элементов», и электролиз), чем в теме «Термодинамика», в которой, помимо вопросов, непосредственно относящихся к константе равновесия, были еще и законы термодинамики, основные термодинамические функции, а также расчетные задания.

Применение компьютерного тестирования на занятии создает и определенный соревновательный эффект в обучении, поскольку студенты стараются выполнить тест не хуже своих одногруппников, после тестирования сравнивают свои результаты, обсуждают, какие вопросы вызвали трудности. Так что применение ИКТ в определенной степени подстегивает и интерес студентов к изучаемому предмету. Эту заинтересованность в результате обучения можно развивать, если использовать в обучении модульно-рейтинговую систему и учитывать эти баллы при выведении итоговой оценки. Впрочем, в связи с изменением режима работы с очного на дистанционный от тестирования по отдельным темам пришлось временно отказаться в пользу тестирования при итоговой аттестации по курсу.

### **Заключение**

Таким образом, проведение занятий по дисциплине «Химия и материаловедение» для студентов по направлению 27.03.05 Инноватика в НГУЭУ происходит при активном применении компьютерных технологий. Они способствуют проявлению у студентов определенного интереса к предмету, помогают нагляднее представить сложные темы, тем самым надежнее закрепляя изучаемый материал. А это означает, что применение ИКТ действительно способствует формированию у обучающихся необходимых по предписаниям ФГОС ВПО компетенций, и в дальнейшем выпускник сможет грамотно использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

### **Список литературы**

1. Естественное образование: проблемы оценки качества / Под общ. ред. проф. Г.В. Лисичкина. М.: МГУ, 2018. 248 с.
2. Актуальные проблемы химического и биологического образования: материалы X Всероссийской научно-методической конференции с международным участием (г. Москва, 15–16 апреля 2019 г.) / Под общ. ред. П.А. Оржековского. М.: МПГУ, 2019. 386 с.
3. Волкова О.С. Рабочая программа дисциплины Химия и материаловедение. Направление 27.03.05 Инноватика. [Электронный ресурс]. URL: [https://nsuem.ru/education/umm\\_prep/?d=1630997514&hash=22ad074a7d976f8163fdb1140f616479&type=umm](https://nsuem.ru/education/umm_prep/?d=1630997514&hash=22ad074a7d976f8163fdb1140f616479&type=umm) (дата обращения: 12.10.2021).

4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 222000 Инноватика (квалификация (степень) "бакалавр"). [Электронный ресурс]. URL: [https://www.innov.ru/files/standart\\_Innovatika\\_bak.pdf](https://www.innov.ru/files/standart_Innovatika_bak.pdf) (дата обращения: 22.09.2021).
5. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление подготовки 220600 – Инноватика. Квалификация – бакалавр техники и технологии. [Электронный ресурс]. URL: [https://miit.ru/content/566671.pdf?id\\_wm=566671](https://miit.ru/content/566671.pdf?id_wm=566671) (дата обращения: 22.09.2021).
6. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии : учеб. пособие для нехим. спец. вузов / Под ред. В.А. Рабиновича, Х.М. Рубиной. М.: ИНТЕГРАЛ-ПРЕСС, 2005. 240 с.
7. Олейников Н.Н., Муравьева Г.П. Химия. Алгоритмы решения задач и тесты: учебное пособие для прикладного бакалавриата, 3-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2019. 249 с.
8. Физикон. [Электронный ресурс]. URL: <https://physicon.ru/> (дата обращения: 22.09.2021).
9. 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.
10. Бортник Б.И., Стожко Н.Ю., Судакова Н.П., Язовцев И.А. Виртуальные лабораторные работы в вузовском курсе физики // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26766> (дата обращения: 22.09.2021).
11. Рогов В.А., Антонов А.А., Арзуманов С.С. и др. Практикум по физической химии НГУ. Химическая термодинамика и кинетика: учеб.-метод. пособие; 2-е изд., перераб. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2019. Ч. 2. Химическая кинетика. 224 с.
12. Волкова О.С. Применение образовательного портала вуза в обучении студентов инженерных специальностей // Современное образование и практико-ориентированные технологии: материалы Международной научно-практической конференции (г. Томск, 29-30 января 2015 г.) Томск: Издательство ТУСУР, 2015. С. 31-32.