

К СЦЕНАРИЮ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ СТУДЕНТОВ НЕХИМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Андрюшкова О.В., Марушина Е.В., Лиханов М.С.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

DOI 10.55959/MSU012061-5-2025-21-171-182

Обучение химическим дисциплинам студентов нехимических специальностей всегда было сложной задачей по ряду объективных причин, притом, что согласно ФГОС, знание основных естественно-научных законов прописано для широкого набора направлений/специальностей – от наук о Земле до медико-биологических.

На самом старте обучения преподаватели нередко сталкиваются с проблемой отсутствия у студентов не только мотивации к изучению дисциплины, но и базовых знаний как по химии, так и по математике. Студентам сложно проводить логарифмирование, потенцирование, преобразования с использованием степенных функций, строить графики и обрабатывать их. С учётом многообразия проблем с обучением химическим дисциплинам формируется разветвлённое дерево целей при проектировании и реализации учебного процесса, которые подразделяются на несколько групп: обучающие, развивающие и воспитательные. Отталкиваясь от планируемых результатов обучения и принимая во внимание структуру базовых категорий, обеспечивающих полноценный учебный процесс [1], можно сформулировать задачи, решаемые в рамках преподаваемого курса следующим образом:

- изменить существующее на старте обучения негативное отношение к химии как к «чрезвычайно сложному для понимания и ненужному предмету для будущей профессии» на более конструктивный образ;
- показать, что химические знания – существенное подспорье в доказательной базе для будущей профессиональной деятельности;
- использовать имеющуюся структуру мотивации обучающихся для вовлечения в учебный процесс;
- научить первичному поиску, анализу и интерпретации химической информации на основании справочных материалов, востребованных на курсе;
- организовать для всех участников учебного процесса конструктивное взаимодействие и создание атмосферы, в том числе онлайн, благоприятной для обучения;
- научить безопасно и грамотно работать с реактивами, приборами, посудой, материалами в рамках курса.

Для достижения поставленных целей на примере организации обучения для направления 05.03.01 «Геология» по курсу «Общая химия» мы отталкивались от регламентирующих документов [2] и использовали многолетние практические наработки для воплощения сценария образовательного процесса, в том числе:

- использовали *blended learning* (комбинированное обучение), основанное на гибком сочетании традиционного очного и электронного обучения;
- организовали практико-ориентированный учебный процесс, когда ключевое место отведено именно выполнению химического эксперимента и защите отчётов по лабораторным работам, что требует усвоения химической терминологии, знания основных законов и умения делать выводы из наблюдений за лабораторными экспериментами;
- включили разнообразные способы проведения текущего контроля (аудиторного и онлайн): контрольных работ, коллоквиумов;

мов, экспресс-контроля и тестирования на лекции по технологии BYOD (*Bring Your Own Device*), которая подразумевает запланированную работу обучающихся на собственных устройствах в ходе учебного занятия;

- использовали балльно-рейтинговую систему (БРС), учитывающую основную и дополнительную учебную деятельность студентов.

Именно комплексное использование приведенных элементов сценария учебного процесса способствует, по-видимому, быстрому включению в образовательный процесс обучающихся, минуя стадию рефлексии с вопросом «а зачем мне нужна химия?».

В данной статье рассмотрены подходы к построению банка задач и заданий для онлайн-курса «Общая химия для геологов», размещённого на платформе Moodle [3] по адресу: <https://sdo.chem.msu.ru> и используемого для поддержки очного образовательного процесса. Описываемый курс является базовым для студентов геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, обучающихся по программам высшего образования в рамках соответствующего образовательного стандарта [2].

Подтверждением актуальности тематики по вопросам разработки заданий и задач по химии для различных целевых групп посвящён методический сборник [4] химического факультета, в который включены статьи разностороннего анализа методических основ разработки заданий по химии для средней и высшей школы, а также обсуждается отечественный и международный опыт конструирования заданий различного формата и назначения по химии, биологии и естествознанию.

Существующие фонды оценочных средств (ФОС) необходимы для формирования тестов, которые можно использовать для организации различного вида самостоятельной работы студентов, например для тренировки (самотестирования) и домашней работы, входного и текущего контроля знаний студентов. В зависимости от целей использования банка задач формируется структура категорий и подкатегорий в пределах одной темы/типа или набора задач. Помимо пре-

имущества тестового контроля в виде высокого уровня объективности оценивания, дифференцировании и стандартизации оценки, у онлайн-тестов практически у всех, кроме «эссе», существует автоматическая проверка ответа, что должно высвобождать время преподавателя, которое он может использовать для коммуникации со студентами.

Отметим, что не часто на платформах онлайн-обучения встречается большое разнообразие типов заданий, как это представлено в среде Moodle. Помимо стандартных вопросов «на выбор», «верно/неверно», различные варианты «соответствия» (в том числе с возможностью использования графических элементов) указанная платформа позволяет создавать задачи с «вычисляемым» ответом в двух вариантах.

В качестве источников заданий и для создания задач с вычисляемым ответом использованы материалы сборников [5–6].

В рамках курса «Общая химия» используются задачи практически всех типов. На примере темы «Растворы сильных и слабых электролитов» рассмотрим подробно несколько задач, для которых используется тип «вычисляемый» вопрос.

Применение этого типа задач обеспечивает множественность вариантов конкретной задачи, то есть решает проблему масштабирования банка ФОС для больших потоков обучающихся.

Смысл такого типа задачи заключается в создании вопроса, ответом на который является число, полученное в результате подстановки переменного аргумента/аргументов в уравнение для расчёта требуемого параметра. Этот переменный аргумент варьируется в заранее указанном числовом диапазоне, а формула, по которой вычисляется ответ, также заранее вносится при создании вопроса и может быть сколь угодно сложной. Такой тип вопроса позволяет сгенерировать гигантское количество вариантов одной задачи, автоматически подставляя значения из указанного диапазона данных переменного аргумента. Кроме того, есть также возможность введения нескольких аргументов, что обеспечивает ещё больший массив данных и практи-

чески исключает появление одного и того же вопроса при последующих прохождениях тестирования.

Создание вычисляемых вопросов для тестов – важный модуль платформы электронного обучения Moodle; «*user friendly*» интерфейс и минимальные знания языков программирования делают эту платформу удобным базисом построения тестов, которые могут быть использованы для различных целей. В рамках данной работы создание тестов на основе задач по теме «Растворы электролитов» особенно удобно использовать вычисляемые вопросы, когда переменным аргументом могут служить концентрации веществ, pH раствора и другие переменные.

Несмотря на существование официальных руководств пользователя платформы ЭО Moodle и некоторых других, созданных самими пользователями, рассматриваемая методика создания вопросов вычисляемого типа весьма полезна для формирования банков задач такого вида с учётом специфики химических заданий.

Как показал опыт, удобнее всего группировать вопросы в разные категории по смыслу и содержанию. Например, в нашем случае вопросы сгруппированы по категориям «pH электролитов», «Буферные системы», «Гидролиз» и «IP». Внутри каждой из категорий возможно создать подкатегории, которые далее будут удобны для собирания теста по заданной теме.

Важным вопросом при масштабировании задач является учёт химической адекватности/ограничений в применении используемых уравнений, поэтому далее рассмотрим некоторые задачи и границы использования математических уравнений и подставляемых параметров при расчёте характеристик растворов сильных и слабых электролитов.

Задача 1. *Чему равен pH раствора сильного электролита, если известно, что концентрация ионов OH^- в его растворе равна C моль/л?*

В задачах этого типа необходимо вывести итоговое уравнение, по которому будет вычисляться ответ и затем внести его в синтаксисе рНr в окне «Формула ответа».

В задачах этого типа необходимо вывести итоговое уравнение, по которому будет вычисляться ответ и затем внести его в синтаксисе рНr в окне «Формула ответа». В задаче рН раствора вычисляется по формуле:

$$\text{pH} = -\lg \frac{10^{-14}}{C},$$

а итоговый ответ рассчитывается по формуле:

$$\log_{10}(\text{pow}(10,14)*(-1))/\{C\}*(-1).$$

Далее при редактировании вопроса необходимо создать общие подстановочные знаки. Следует указать процент от балла оценки при правильном ответе, допустимую погрешность и количество знаков (после точки/запятой) в ответе. Все эти поля являются опциональными и варьируются разработчиком банка тестовых заданий и задач. В данном случае были выбраны: 1 балл за вопрос, 100 % оценка и допустимая погрешность при округлении до второго знака в 0,02 в номинальном значении. Категории оперирование размерностью, единицами измерения, числом попыток и прочее также являются опциональными и не рассматриваются для данной задачи.

Однако при подстановке в качестве исходной концентрации значений, близких к 10^{-7} М и меньше, результат, вычисленный по выше заданной формуле, будет ошибочным. В предельно разбавленных растворах необходимо учитывать также диссоциацию воды, так как ионы OH^- и H^+ будут образовываться в результате процесса диссоциации, и тогда уравнение для расчёта концентрации протонов будет иметь вид:

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]_{\text{полн}}} = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4 \cdot 10^{-14}}}{2}.$$

В этом случае формула для расчёта будет следующая:

$$(\{C\} + \text{sqrt}(\{C\} * \{C\} + 4 * (\text{pow}(10,14) * (-1)))) / (2).$$

Задача 2. Если к 1 литру раствора сильного электролита, рН которого равен $\{pH\}$, прилить $\{m\}$ литров воды, на какую величину изменится рН?

Ответ рассчитывается по формуле:

$$\Delta pH = -\lg \frac{10^{-pH}}{(1+m)} - pH = \lg(1+m).$$

В задаче есть две величины, для которых требуются свои отдельные наборы данных для диапазона рН и m . Формула ответа будет выглядеть в следующем виде:

$$\lg 10(\text{pow}(10, \{pH\} * (-1)) / (1 + \{m\})) * (-1) - \{pH\}.$$

Модуль позволяет выбрать новые общие наборы данных для рН и m , указать диапазоны значений, добавить 100 новых вариантов и сохранить их.

Однако при выборе диапазона объема добавляемой воды важно не выходить на разбавленные растворы с концентрацией 10^{-7} и менее.

Вариант 1. Например, если взять рН раствора азотной кислоты равным 1, а объем добавляемой воды 3 литра, то

$$\Delta pH = -\lg \frac{10^{-1}}{(1+3)} - 1 = \lg(1+3) = 0,6.$$

Вариант 2. Если взять рН раствора азотной кислоты равным 5, а объем добавляемой воды 10^3 литра, то

$$\Delta pH = -\lg \frac{10^{-5}}{(1+1000)} - 5 = \lg(1+1000) = 3.$$

то есть изменение концентраций рассчитывается верно, но значение кислотности среды для азотной кислоты по этому уравнению равно 8, что уже является некорректным.

Таким образом, для подбора условий задачи рН может варьироваться в диапазоне от 0 до 6,5 для кислоты и от 7,5 до 14 для щелочи. Объем прибавляемой воды может варьироваться от 0 л для малых концентраций до $10^{6,5}$ л для больших концентраций.

Задача 3. К $\{x\}$ л воды добавили $\{y\}$ г металлического Na. Рассчитайте pH полученного раствора и массовую долю образовавшейся щелочи.

При определении диапазона значений компонентов в задачах с растворением щелочных металлов в воде, во-первых, необходимо учитывать большой экзотермический эффект реакции и применять ограничения, чтобы соотношение компонентов не привело (пусть даже и теоретически) к взрыву, после которого спрашивать о pH и концентрации раствора щёлочи будет бессмысленно. Во-вторых, при создании вопроса и масштабировании условия необходимо учитывать избыток и недостаток вступивших в реакцию веществ. Так, в задачах с растворением щелочных металлов в воде твёрдые вещества берутся в значительном недостатке, а потому должно выполняться условие:

$$\text{Если } \frac{1000x}{18} > \frac{y}{23}, \text{ то } m(\text{NaOH}) = \frac{40y}{23} \text{ г, } m(\text{H}_2) = \frac{y}{23 \cdot 2} \text{ г,}$$

$$m(\text{p-ра}) = 1000x + \frac{45y}{46} \text{ г.}$$

$$w = \frac{80y}{46000x + 45y}.$$

Вариант 1. Пренебрегаем изменением объёма раствора при добавлении твёрдого вещества, тогда $V(\text{p-ра}) = x$ л.

Вариант 2. Учитываем массу растворённого металла и выделившегося водорода, плотность такого раствора изменяется от 1 до 1,02 г/мл, а объём раствора $V(\text{p-ра})$ будет примерно равен x л.

$$C(\text{NaOH}) = \frac{40y}{22x} \text{ М.}$$

Здесь, как и в задаче № 1, необходимо учитывать диссоциацию воды при концентрациях близких к 10^{-7} М:

$$\text{pH} = 14 + \lg \frac{40y}{22x}.$$

Формула ответа на pHp будет следующая:

$$14 + \log_{10}((40 * \{y\}) / (23 * \{x\})).$$

Задача 4. Рассчитайте степень диссоциации и pH раствора $\{C\}$ М муравьиной кислоты, если константа диссоциации кислоты $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$.

Задачи на тему диссоциации слабых электролитов в зависимости от соотношения концентрации и константы диссоциации можно решать с различных позиций.

Для получения точного ответа часто необходимо решить квадратное уравнение:

$$C \cdot \alpha^2 + K_a \cdot \alpha - K_a = 0, \text{ полученного из формулы } K_d = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}.$$

Тогда $\text{pH} = -\lg(\alpha \cdot C)$.

Вариант 1. Для 0,1 М раствора HCOOH при решении квадратного уравнения получим $\alpha = 0,041$.

Будем использовать для расчёта степени диссоциации в 0,1 М растворе кислоты использовать упрощённую формулу (закон разбавления Оствальда) в предположении, что степень диссоциации электролита $\alpha \ll 1$:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}.$$

Тогда получаем $\alpha = 0,042$. Расхождения незначительны, следовательно, использование упрощённой формулы оправдано.

Вариант 2. Рассмотрим задачу при концентрации муравьиной кислоты 0,0001 М, тогда при решении квадратного уравнения для расчёта получаем $\alpha = 0,714$. Значение довольно велико, но меньше единицы.

Применение же упрощённой формулы для расчёта степени диссоциации в 0,0001 М растворе кислоты даёт некорректный результат: $\alpha = 1,334$ (или 133,4 %).

Существует эмпирическое правило:

если отношение $\frac{C}{K_a} > 1000$, то возможен расчёт α по упрощённой формуле, если меньше, то надо решать квадратное уравнение.

В таблице 1 приведены диапазоны рекомендуемых концентраций для двух вариантов и формулы для расчёта вычисляемого вопроса на php.

Таблица

Формулы расчета степени диссоциации α
для растворов слабых кислот

Параметр	Вариант 1	Вариант 2
Отношение $\frac{C}{K_a}$	> 1000	< 1000
Уравнение для расчёта α	$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$	$C \cdot \alpha^2 + K_a \cdot \alpha - K_a = 0$
Уравнение для ввода правильного ответа на php	$(\sqrt{K_a / \{C\}})$	$(\sqrt{K_a * K_a + 4 * K_a * \{C\}} - K_a) / (2 * \{C\})$
Диапазоны $\{C\}$ моль/л при $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$	0,1 ÷ 0,25	0,0001 ÷ 0,1

Таким образом, создание надёжного банка заданий по химии для комбинированного учебного процесса превращается в технологическую задачу, когда привычные и давно используемые типы заданий приходится трансформировать/переформулировать с учётом возможностей платформ.

При работе с достаточно большими потоками студентов появляется проблема масштабирования расчётных задач. С одной стороны, это предъявляет к разработчику требование переводить математические уравнения, используемые для решения химических задач, в php-формат. С другой стороны, стремление максимально увеличить число вариантов одного типа задач за счёт подставляемых аргументов может приводить к выходу за пределы химической достоверности, когда нарушаются химические равновесия и исходные условия, использованные изначально для вывода расчётных уравнений.

При обучении студентов нехимических специальностей по вузовским курсам химии преподаватели часто сталкиваются с проблемой низкого уровня базовых химических знаний. Отчасти эту пробле-

му помогает решать включение в онлайн-курс раздела, посвящённого избранным темам школьного курса химии. В качестве обучающих видеороликов используются видео, записанные аспирантами и студентами магистратуры в период прохождения ими курса «Электронное обучение в деятельности преподавателя».

Ещё один фактор, который, по нашему мнению, способствует большей вовлечённости студентов в учебный процесс, – учёт психотипа студентов и изменение вида учебной деятельности при выполнении лабораторных работ [7].

В заключение хочется ответить на вопрос одного из слушателей курса по педагогике: зачем надо прилагать столько времени, энергии и сил для обучения «нехимиков»? Полагаем, что ответом являются отзывы и вопросы таких студентов после сессии: «Удивительно, что Вам не безразлично, как мы учимся» и «Почему у нас не будет химии в следующем семестре, мы наконец-то начали её понимать».

Публикация подготовлена в рамках работ по теме государственного задания «Информационно-методическое обеспечение развития фундаментального химического образования и научных исследований по химии». Номер ЦИТИС:121121600197-3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрюшкова О.В., Карева М.А., Фишгойт Л.А., Марушина Е.В. Интерактивные модули LMS Moodle в управлении мотивацией студентов // Информатика и образование. 2022. Т. 37, № 1. С. 49–58.
2. СУОС МГУ имени М. В. Ломоносова по направлению подготовки «Геология». – URL: geol.msu.ru/wp-content/uploads/2024/11/os-mgu-geologija-im-2024.pdf.
3. Система электронного обучения и тестирования Moodle. – URL: <https://moodle.org/>.
4. Естественное образование: методические основы разработки заданий по химии. Методический ежегодник химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Т. 18 / под общ. ред. проф. Г.В. Лисичкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2022.
5. Зайцев О.С. Познавательные задачи по общей химии. Под редакцией проф. Е.М. Соколовской. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.

6. Жмурко Г.П., Кабанова Е.Г., Казакова Е.Ф., Кузнецов В.Н., Филитова С.Е., Яценко А.В. Вопросы и задачи по общей и неорганической химии. Учебное пособие под ред. профессора Дунаева С.Ф. – М.: «КДУ», 2016.

7. Андрюшкова О.В., Абрамычева Н.Л., Адайкина Ю.А. Соответствие психотипа студента сценарию учебного процесса // Alma mater. Вестник высшей школы. 2023. № 5. С.56–61.