

ПОСТРОЕНИЕ ИЕРАРХИИ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ НА ОСНОВЕ ТИПОЛОГИЗАЦИИ

Андрюшкова О.В., Буданова А.А.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Решение химических задач в процессе обучения дисциплинам химического профиля является одним из обязательных видов учебной деятельности, способствующее прочному усвоению знаний. Образовательная, воспитательная и развивающая функции решения задач рассматриваются ведущими методистами как в школьной, так и в вузовской методике обучения химии [1, 2]. Г.М. Чернобельская отмечает, что при решении задач следует помнить о едином методическом подходе, согласно которому ведущая роль принадлежит преподавателю, однако при этом не следует недооценивать активную самостоятельную работу студентов [2].

При отборе задач как для аудиторной, так и внеаудиторной работы, преподаватель обязан учитывать довольно много факторов: требования Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), образовательного стандарта, установленного образовательной организацией самостоятельно (СУОС), и основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) к знаниям и умениям студентов, которые они должны получить по окончании изучения данного курса; время, отведенное на изучение темы в курсе; сложность материала; исходный уровень знаний студентов по химии и математике; форму обучения, в рамках которой решаются те или иные задачи; элементы знания (законы, теории, понятия, факты), которые должны быть закреплены в процессе решения задач; приёмы мышле-

ния (анализ, синтез, обобщение, выделение главного, абстрагирование и др.), которые будут использоваться студентами в процессе обучения и др. Поэтому отбор материала, в том числе химических задач – один из самых важных и трудных этапов в деятельности любого преподавателя.

Обратимся к опыту типологизации задач и выбору способов организации обучения при их решении на примере естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Теория типов – методологическая теория, которая в рамках определенных понятий позволяет рассматривать типологию объектов, изучаемых какой-либо наукой. Типология как методологическая процедура универсальна, она может быть применена к любому кругу явлений и процессов, будь то биологические феномены, химические элементы, типы общества или личности. Отличительной особенностью типологии по сравнению с родственными методологическими процедурами, такими как классификация, кластеризация, группировка, систематизация, является ориентация её на сущность объекта, его внутренние характеристики [3].

Ю.М. Колягин, положив в основу процесса обучения математике принцип проблемности, классифицировал задачи по величине проблем и получил следующую типологию задач [4]:

- определённые задачи – это задачи, в которых условий столько, сколько необходимо и достаточно для получения ответа;
- задачи с альтернативным условием – это задачи, в ходе решения которых необходимо рассматривать несколько возможных вариантов условия, а ответ находится после того, как все эти возможности будут исследованы;
- неопределённые задачи – задачи, в которых условий недостаточно для получения однозначного ответа;
- переопределённые задачи – задачи, имеющие условия, которые не используются при их решении выбранным способом. Такие условия называют лишними. Следует иметь в виду, что при решении задачи другим способом лишними могут оказаться уже другие усло-

вия. Если в переопределённой задаче лишние условия не противоречат остальным условиям, то она имеет решение.

Фактически автор [4] объединяет задачи в три группы: стандартные, обучающие и поисковые. Кроме того, он предлагает рассматривать решение задачи как «непосредственно наблюдаемую деятельность процесса мышления» и предлагает решение любой задачи проводить через следующие этапы: 1) понимание условия и требования решения задачи; 2) составление плана решения; 3) практическая реализация плана во всех деталях; 4) окончательное рассмотрение задачи и её решения с целью усвоения тех моментов, которые будут полезны для дальнейшего решения задач.

Практически такую же типологию задач предлагает автор работы [5], в которой все математические задачи делятся на следующие три типа: алгоритмические, полуалгоритмические и эвристические.

Интересной представляется типологизация задач, в основу которой могут быть положены мыслительные операции, которые проводит студент при решении задачи [6] в соответствии с таксономией учебных целей Б. Блума: ознакомление, понимание, применение, анализ, синтез, оценка.

Например, в задачах на *ознакомление* присутствуют предложения: назовите основные части...; сгруппируйте вместе все...; составьте список понятий, касающихся...; расположите в определённом порядке...; изложите в форме текста...; вспомните и напишите...; прочитайте самостоятельно...

В задачах на *понимание*: объясните причины того, что...; обрисуйте в общих чертах шаги, необходимые для того, чтобы...; покажите связи, которые, на ваш взгляд, существуют между...; постройте прогноз развития...; прокомментируйте положение о том, что...; изложите иначе (переформулируйте) идею о том, что...; приведите пример того, что (как, где)...

В задачах на *применение*: изобразите информацию о... графически; предложите способ, позволяющий...; сделайте эскиз рисунка (схемы), который показывает...; сравните... и..., а затем обоснуйте...;

проведите (разработайте) эксперимент, подтверждающий, что...; проведите презентацию...; рассчитайте на основании данных о...

В задачах на *анализ*: раскройте особенности...; проанализируйте структуру... с точки зрения...; составьте перечень основных свойств..., характеризующих... с точки зрения...; постройте классификацию... на основании...; найдите в тексте (модели, схеме и т. п.) то, что...; сравните точки зрения... и ... на...; выявите принципы, лежащие в основе...

Задачи на *синтез*: предложите новый (другой) вариант...; разработайте план, позволяющий (препятствующий)...; найдите необычный способ, позволяющий...; придумайте игру, которая...; предложите новую (свою) классификацию...; напишите возможный (наиболее вероятный) сценарий развития...; изложите в форме... своё мнение (понимание)...

Задачи на *оценивание*: ранжируйте... и обоснуйте...; определите, какое из решений является оптимальным для...; оцените значимость... для...; определите возможные критерии оценки...; выскажите критические суждения о...; оцените возможности... для...; проведите экспертизу состояния...

В [7] отмечают, что всякая типология задач является условной и зависит от многих обстоятельств. Так, иногда одну и ту же задачу можно решить и арифметическим, и алгебраическим, и геометрическим методом, а текст задачи представить разными способами. А отнесение задачи к тому или иному виду по степени проблемности во многом зависит от того, кто решает эту задачу. Несмотря на это, различные типологии позволяют более осознанно подходить к отбору задач в зависимости от целей обучения.

Важную роль в обучении играют так же сюжетные задачи, в которых по определению Л.М. Фридмана «...описан некоторый жизненный сюжет (явление, событие, процесс), с целью нахождения определённых количественных характеристик или значений» [8]. К ним также применима типология, описанная выше.

Известна также классификация задач, в основу которой положена фабула задачи. Здесь чаще всего выделяют следующие группы текстовых задач: «на движение», «на работу», «на смеси и сплавы», «на смешение и концентрацию», «на проценты», «на части», «на время», «на покупку и продажу» и т. п. Классифицировать задачи, исходя из фабулы условия, очень сложно, так как тематика условий задач бывает порой очень разнообразной.

Автором [9] разработана система упражнений на формирование метапредметных умений и навыков, основанных на структурировании текста, представлена типология предложенных заданий и приведены примеры упражнений. Поскольку предложенные упражнения гибко подстраиваются под учебный процесс, то они применимы, по мнению автора работы, как в гуманитарных, так и естественнонаучных дисциплинах.

Традиционно [10] при обучении химии задачи делят по типам решений на качественные и количественные. В работе [11] приведена классификация школьных химических задач, которая, используя такое традиционное деление, внутри каждой из этих двух групп даёт более детальную классификацию.

Так, для расчётных задач предложено деление на три группы:

- 1) задачи, решаемые с использованием химической формулы вещества или на вывод формулы;
- 2) задачи, для решения которых используют уравнение химической реакции;
- 3) задачи, связанные с растворами веществ.

Для качественных задач предложено деление на шесть групп:

- 1) объяснение перечисленных или наблюдаемых явлений;
- 2) характеристика конкретных веществ;
- 3) распознавание веществ;
- 4) доказательство качественного состава веществ;
- 5) разделение смесей и выделение чистых веществ;
- 6) получение веществ (цепочки превращений).

А.А. Кавериной с коллегами [12] предложена классификация заданий по химии для контрольно-измерительных материалов (КИМ) на основе сформированности умений, определяющих естественнонаучную грамотность школьников. К их числу относятся: умение осуществлять приёмы логического мышления; умение использовать полученные при изучении химии знания и опыт для объяснения и прогнозирования явлений, имеющих естественнонаучную природу; умение самостоятельно приобретать новые для себя знания о веществах, их превращениях и практическом применении; умение формировать собственную позицию по отношению к получаемой химической информации.

Применению метода графового моделирования посвящена статья [13]. С помощью этого метода предлагается оценка сложности структур решений расчётных химических задач для школьников. Выдвигается предположение о том, что метод графового моделирования может выступать в качестве средства систематизации задач в школьном курсе химии.

В [14] утверждается, что для самостоятельной разработки системы учебных задач преподавателям вузов не хватает методического опыта и знаний, поэтому в работе предложено обоснование модели разработки системы учебных задач на примере формирования экологической составляющей при подготовке в военных вузах.

В статье В.А. Шелонцева с соавтором [15] предлагается типология химических задач на основе взаимосочетаемости функций научной теории, характерных для учебного процесса (описательная, объяснительная, прогностическая), и уровней изучения химических соединений (состав, строение, свойства).

В [16] на основании таксономической модели Б. Блума предложен подход к планированию занятий (как теоретических, так и лабораторных) и оценке знаний студентов по курсу органической химии. На примере темы «Непредельные углеводороды» показана типология вопросов разного уровня сложности в соответствии с выбранной авторами моделью, а также показано использование данной модели при

построении лабораторных работ и проектно-исследовательской деятельности студентов-химиков.

Е.Р. Бадалян в своей публикации [17] на основе типологии когнитивных задач и модели Д. Колба и Р. Фрая предлагает организацию учебного процесса, построенного по принципу цикла обучения, модель которого состоит в следующем: а) определяется ведущий вид учебной деятельности на каждом этапе цикла обучения; б) в рамках каждого этапа цикла обучения определяются типы учебных задач, которые должны быть положены в основу организации того или иного вида учебной деятельности.

Таким образом, анализ опубликованных работ показывает, что на сегодняшний день не существует единого подхода к типологизации задач вообще и химических задач в частности.

В настоящей работе предпринята попытка найти критерии, которые позволят построить типологию качественных и количественных задач по химии, чтобы поделить их по сложности (предметной, математической и деятельностной) и помочь преподавателю не только правильно отобрать материал, но и дифференцировать учебный процесс в соответствии с поставленными целями обучения.

В табл. 1 приведены цели обучения (по Б. Блуму) и типология задач с учётом когнитивной деятельности обучающегося в процессе решения, позволяющие разделить все задачи по сложности и построить иерархию химических задач с точки зрения формирования компетенций, прописанных в нормативных документах по специальности/направлению. В табл. 1 также указано число зачётных единиц (з. е.), отведённых на дисциплины «Химия», «Общая химия» или «Общая и неорганическая химия», изучаемых на первом курсе студентами нехимических направлений/специальностей МГУ согласно учебному плану (УП).

Однако, казалось бы, логичная иерархия задач по сложности, опирающаяся на трудоёмкость дисциплины в УП, не вполне соответствует уровню входных требований к студентам. Так, поступающие на специальность 31.05.01 «Лечебное дело» сдают при поступлении

в университет дополнительное вступительное испытание (ДВИ) по химии, а поступающие на специальность 05.03.01 «Геология» – ДВИ по математике. Таким образом, различные входные требования, по-видимому, должны компенсироваться большим объёмом трудоёмкости осваиваемой дисциплины. В этом случае ориентироваться в построении учебного процесса надо на компетенции, прописанные в образовательной программе и стандарте.

Таблица 1

Иерархия задач в соответствии с целями обучения и числом зачётных единиц в учебном плане

№	Цель обучения (по Блуму)	Типология заданий	Рекомендуемые глаголы в формулировке вопроса или задачи	Число з. е. по УП на дисциплину	Направления /специальности/ профили
1	Знание	Задания на узнавание, воспроизведение	Сформулируйте, перечислите, запишите, дайте определение	2	05.03.01 География, 05.03.06 Экология и природопользование
2	Понимание	Задания на преобразование и объяснение	Объясните, опишите, сформулируйте признаки, найдите соответствия	3	05.03.01 Геофизика, 06.03.02 Почвоведение
3	Применение	Задания, требующие проведения вычислений	Примените, вычислите, завершите, продемонстрируйте	4	31.05.01 Лечебное дело, 06.03.01 Биология
4	Анализ	Задания на доказательство	Проанализируйте, сравните, выявите различия, проверьте, выберите	5	05.03.01 Геология
5	Синтез	Задания на конструирование, построение	Структурируйте, составьте, создайте, разработайте, объедините, предложите, установите	6	33.05.01 Фармация

№	Цель обучения (по Блуму)	Типология заданий	Рекомендуемые глаголы в формулировке вопроса или задачи	Число з. е. по УП на дисциплину	Направления /специальности/ профили
6	Оценивание	Формирование экспертного мнения	Докажите, аргументируйте, спрогнозируйте, оцените, рекомендуйте, защитите точку зрения	≥ 7	–

В табл. 2 приведена иерархия учебных задач по химии, составленная на основе объединения параметров, учитывающих сложность задачи с точки зрения подходов к классификации математических и химических задач. При определении математических параметров [4] исходили из принадлежности к определённому разделу математики: арифметика (измерения, вычислительные операции – сложение, вычитание, умножение, деление); элементарная алгебра (уравнения и линейные арифметические операции, а также возведение в степень, извлечение корня и элементарные функции – логарифмирование, тригонометрия).

Таблица 2

Иерархия задач по сложности с точки зрения математики и химии

Уровень сложности	Характеристика задачи		
	Элементы математики	Тип химической задачи	
		расчётные	без расчёта
1	Без применения математического аппарата	–	Воспроизведение информации из ПСЭ Д.И. Менделеева и других справочных материалов, запись формул различных классов неорганических и органических веществ, запись базовых формул и уравнений для расчётов параметров физико-химических величин

Уровень сложности	Характеристика задачи		
	Элементы математики	Тип химической задачи	
		расчётные	без расчёта
2	Раздел математики: арифметика (на основе зависимостей между компонентами арифметических действий); операции: сложение, вычитание, умножение, деление. Общее число математических действий, использованных при решении задачи (простые задачи), до четырёх	Составление уравнения химической реакции по условию задачи, вывод уравнений для расчёта рН растворов, кинетических и термодинамических параметров. Знание теории / закона / определения / факта в рамках темы задачи	Дана схема уравнения / цепочки уравнений реакции, необходимо только расставить коэффициенты
3	Раздел математики: алгебраические действия (составление уравнений, неравенств и их систем), действия на вычисление с дробями. Общее число математических действий, использованных при решении задачи (сложные задачи), до пяти	Расчёт количества / массы / объёма вещества по уравнению реакции, расчёт физико-химических параметров (рН, E , r , k , ΔH , ΔS)	Даны исходные вещества, частично известны продукты и условия процесса, надо составить полные уравнения реакций
4	Раздел математики: алгебраические действия (составление уравнений, неравенств и их систем), возведение в степень, извлечение корня. Общее число математических действий, использованных при решении задачи (сложные задачи), шесть и более	Расчёт физико-химических параметров (K , E , ΔG)	Даны только исходные вещества, надо предложить возможные направления реакции в зависимости от условий

Уровень сложности	Характеристика задачи		
	Элементы математики	Тип химической задачи	
		расчётные	без расчёта
5	Раздел математики: алгебраические действия (составление уравнений, неравенств и их систем), логарифмирование, дифференцирование / интегрирование. Решение квадратных уравнений. Использование нескольких разделов математики. Общее число математических действий, использованных при решении задачи (сложные задачи), семь и более	Предложить различные пути решения задачи и проверки правильности полученного результата	Даны только исходное вещество и продукт, надо предложить схемы реакций
6		Правильно интерпретировать полученный результат, прогнозировать влияние изменения параметров на результат	Дан только продукт, надо предложить схему и методику проверки правильности полученного результата

С точки зрения учёта специфики языка могут применяться следующие формулировки задачи: текстовые (условие представлено на естественном языке), сюжетные (присутствует фабула) и абстрактные (предметные). В настоящей работе принято решение ограничиться задачами, составленными в текстовом формате с использованием базовой химической терминологии.

В качестве примера покажем, как можно формулировать задачи разного уровня сложности.

Например, составляя задачу к разделу «Растворы сильных и слабых электролитов», используем следующие данные: имеется водный раствор с концентрацией $\text{NaOH } 10^{-8} \text{ М}$ при комнатной температуре.

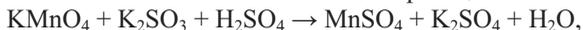
В задаче, предназначенной для проверки уровня «понимания» при формировании компетенций, задание может быть сформулировано следующим образом: укажите, какая среда установится в 10^{-8} М растворе NaOH (кислая, нейтральная или щелочная).

Если же задача рассчитана на уровень «оценивание», то задание будет сложнее: оцените концентрацию протонов и pH в 10^{-8} М водном растворе NaOH при 60°C без учёта ионной силы.

В первом случае студенту будет достаточно дать текстовый ответ, не прибегая к расчётам. Во втором случае решение предполагает анализ изменения величины ионного произведения воды при повышении температуры, составление и решение квадратного уравнения для расчёта концентрации протонов, а также логарифмирование. Логично, что эти две задачи будут иметь различный весовой коэффициент, если попадают в банк тестовых задач и заданий.

Примером задач разного уровня сложности могут служить задачи на составление уравнений реакций или цепочек превращений. Например, задача с одним и тем же уравнением реакции может различаться по сложности в зависимости от формулировки задания.

Задача 2-го уровня сложности. Расставьте коэффициенты в уравнении окислительно-восстановительной реакции



Задача 3-го уровня сложности. Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции



Задача 6-го уровня сложности. Составьте уравнение реакции превращения



и докажите состав полученных продуктов.

Добавление математического расчёта, например константы равновесия этого процесса, превращает задачу в комбинированную, с уровнями сложности по химии – 6 и по математике – 4.

Использование предлагаемых параметров позволит создавать и отбирать близкие по сложности задачи для проведения, например, текущих и итоговых контрольных мероприятий, как в виде тестирования, так и в виде аудиторных контрольных работ. Корректная оценка сложности задачи в целом должна способствовать сбалансированному многовариантному составу фонда оценочных средств, а также увеличению объективности оценки уровня обученности студентов.

Наличие обоснованной системы параметров для построения иерархии химических задач поможет как опытным, так и начинающим преподавателям при разработке новых задач. Важно придерживаться принципа универсальности в отборе параметров, чтобы их можно было применять при отборе задач для курсов химии разной сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайцев О.С.* Методика обучения химии: Теоретический и прикладной аспекты: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 384 с.
2. *Чернобельская Г.М.* Методика обучения химии в средней школе: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 336 с.
3. *Каташинских В.С.* Типологический подход в науках о природе и человеке. Вестник Сургутского государственного педагогического университета. Научный журнал на тему: Науки об образовании, Социологические науки, История и археология. 2018, №5(56). – С. 9–16.
4. *Колягин Ю.М.* Задачи в обучении математике: в 2 ч. М.: Просвещение, 1977.
4. *Цукарь А.Я.* Современные проблемы методики преподавания математики, - М.: Просвещение, 1985. – С. 133.
6. Конструкт ситуационных задач. – URL: <http://www.myshared.ru/slide/1095941/>
7. Методика обучения математике. Типология задач. – URL: https://studme.org/264377/pedagogika/tipologii_zadach
8. *Фридман Л.М.* Сюжетные задачи по математике. История, теория, методика: учеб. пособие для учителей и студентов педвузов и колледжей. – М.: Школьная пресса, 2002. – 208 с.
9. *Рединова А.А.* Формирование метапредметных умений и навыков: типология задач. Преподаватель XXI век. №1. 2018. – С. 189–197.
10. *Шаповаленко С.Г.* Методика обучения химии - М.: Учпедгиз, 1963. – 668 с.
11. Методика решения задач по химии. – URL: <http://elibrary.asu.ru/xmlui/bitstream/handle/asu/832/book682.pdf?sequence=1>
12. *Каверина А.А., Молчанова Г.Н. Свириденкова Н.В., Снастина М.Г.* Из опыта разработки заданий по оценке естественнонаучной грамотности школьников при обучении химии. Педагогические измерения, №2, 2017. – С. 91–96
13. *Шелонцев В.А., Герасимова И.В.* Методические аспекты оценки сложности школьных расчётных химических задач. Наука о человеке: гуманитарные исследования Т. 14. №3. 2020. – С.117–122.

14. Селезнева О.В., Кузнецова Н.С. Разработка системы учебных задач для экологической подготовки в военном ВУЗе. Педагогика. Психология. Социокинетика, № 3, 2020. – С. 193–201.

15. Шелонцев В.А., Герасимова И.В. Реализация познавательных функций научных теорий в учебном процессе (на материале обучения химии). Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования, 2021, № 4 (33). – С. 170–174.

16. Кенжетаева С.О., Кенжетаев Р.Р. Сиволобова О.А., Халитова А.И. Таксономический подход при подготовке заданий срс по органической химии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – №3-1. – С. 103–107; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11408>

17. Бадалян Е.Р. Организация учебной деятельности студентов на основе типологии учебных задач. Качество дистанционного образования, новые технологии управления бизнесом. Концепции, проблемы, решения: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции 14 декабря 2016 г. АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2017. – С. 5-6.