УДК 372.854 DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.14

В. А. Шелонцев[1], И. В. Герасимова[1]

[1]Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Российская Федерация

Методические аспекты оценки сложности школьных расчётных химических задач

Аннотация. В работе рассмотрено применение метода графового моделирования для оценки сложности структур решений расчётных химических задач для школьников. Выдвигается предположение о том, что этот метод может выступать в качестве средства систематизации задач в школьном курсе химии. Для построения структуры решений расчётных химических задач используются графы первого порядка сложности, моделирующие следующие основные отношения, связывающие структурные элементы задачи: отношение зависимости (c = a × в); отношение суммирования (a = a1 + a2); отношение отнимания (a = a1 – a2); отношение деления (a/b = a : b). Сложность граф-дерева складывается из суммы индексов сложности вершин. Индекс сложности любой вершины равен произведению числа ребер, входящих в вершину, на число низлежащих вершин, включая и саму вершину, для которой рассчитывается сложность. Построены графовые модели решений девяти видов вычислений по уравнению химической реакции (aA + eE = вB + dD): 1) ν_B по ν_A; 2) ν_B по m_A; 3) ν_B по V_A^o; 4) m_B по ν_A; 5) m_B по m_A; 6) m_B по V_A^o; 7) V_B^o по ν_A; 8) V_B^o по m_A; 9) V_B^o по V_A^o. Рассчитана сложность структур решений этих видов задач. Показана возможность моделирования структур решений расчётных химических задач и количественной оценки сложности этих структур с помощью граф-деревьев. Оценка сложности структур вычислений по уравнениям химических реакций позволяет проводить систематизацию задач по сложности для оптимального проектирования систем расчётных химических задач школьного курса химии.

Ключевые слова: структура решения задачи, сложность структуры решения задачи, метод графового моделирования, расчётные химические задачи в школьном курсе химии, графовые модели решений расчётных химических задач.

Дата поступления статьи: 23 июля 2020 г.

Для цитирования: Шелонцев В. А., Герасимова И. В. (2020). Методические аспекты оценки сложности школьных расчётных химических задач // Наука о человеке: гуманитарные исследования. Т. 14. № 3. С. 117–122. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.14.

Проблема и цель. Традиционно важное место в системе методов и средств обучения химии занимают химические задачи. Обучение школьников их решению – одна из современных задач общего химического образования. Химические задачи способствуют повышению качества образовательного процесса, применению полученных знаний на практике, усилению их действенности и оперативности, формированию умений осуществлять перенос знаний в новые ситуации, развитию логической и терминологической памяти учащихся, формированию у них рациональных приёмов мышления. При этом особая роль отводится расчётным химическим задачам, т. к. именно они отражают количественную сторону химии как точной науки.

В психолого-педагогической литературе задача рассматривается как реальная система. В. И. Крупич отмечает: «Каждая задача как сложный объект (система) имеет своё внешнее и внутреннее строение (устройство)» [1, с. 86]. Остановимся подробнее на внутреннем строении задачи, поскольку именно оно соотносится с понятием сложности. Внутреннее строение называют структурой, которая остаётся относительно неизменной при любых преобразованиях задачи в процессе поиска её решения. Структура задачи определяет стратегию поиска её решения, а также и сложность структуры решения. Следовательно, сложность структуры решения задачи представляет собой относительно объективную её характеристику. Отметим, что структура задачи отлична от структуры её решения.

Таким образом, в любой системе (задаче) следует различать состав (множество элементов) и структуру (способ связи и отношений между элементами). Раскрывая содержание понятий «связь» и «отношение», будем придерживаться точки зрения А. И. Уёмова [2], который рассматривает «связь» как частный случай «отношения». Наиболее наглядно структура решения любой задачи проявляется при построении математической модели.

Согласно Н. А. Жигачевой и Н. Г. Рыженко, «математической моделью решения задачи является кортеж <M; R1, R2, ..., Rm>, где M – множество концептов (понятий), а R1, R2,..., Rm – внутренние отношения на этом множестве (не обязательно бинарные)» [3, с. 104].

А. И. Уёмов показал, что элементы системы связаны как внутренними, так и внешними отношениями. Некоторые свойства модели могут быть перенесены на оригинал, если отношения между элементами являются внутренними. Так, например, тернарное отношение равенства между числами, величинами и их значениями может быть установлено по разным свойствам:

а × в = с – по мультипликативному свойству (1),

а + в = с – по аддитивному свойству (2).

Понятие сложности, интуитивно легко осознаваемое в рамках повседневного опыта, становится неясным и неопределённым, как только возникает вопрос об изучении сложных систем точными методами.

И. Б. Новик считает, что «сложность, прежде всего, характеризуется как сложность из элементов» [4, с. 18]. По мнению В. С. Тюхтина, «сложность системы зависит от качественных и количественных различий составляющих ее элементов, свойств, связей и отношений» [5, с. 47].

Таким образом, сложность зависит от многих факторов, но основополагающим среди них является число элементов и отношений между ними.

Метод. Понятия и отношения между понятиями в модели могут быть представлены с помощью различных искусственных языков, в частности языка графов. Графы-деревья имеют несколько числовых показателей, и один из них характеризует сложность конечного дерева. С помощью графов можно моделировать структуру решения задачи, поэтому сложность структуры графа мы будем отождествлять со сложностью структуры решения задачи.

Для построения графовых моделей решений химических задач достаточно использовать только графы, приведённые на рис. 1:

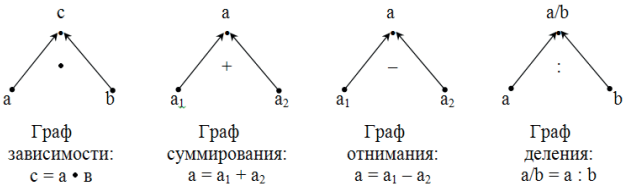


Рисунок 1 – Виды графов

Назовём их графами 1 порядка сложности. Модели решения более сложных задач получаются из графов 1 порядка сложности.

Нахождение сложности дерева большего порядка покажем на конкретных примерах. На рис. 2 изображены деревья, имеющие одинаковое число вершин.

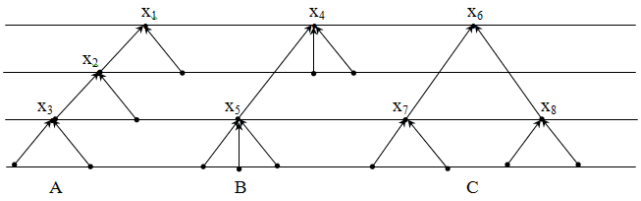


Рисунок 2 – Графы, имеющие одинаковое число вершин и дуг

Так, сложность графа А (σ_A – индекс сложности) складывается из суммы индексов сложности вершин x1, x2, x3:

$$\sigma_A = \sigma X1 + \sigma X2 + \sigma X3 \quad (3)$$

Индекс сложности любой вершины равен произведению числа ребер, входящих в вершину, на число низлежащих вершин, включая и саму вершину, для которой рассчитывается сложность. Таким образом,

$$\sigma_A = 2 \times 7 + 2 \times 5 + 2 \times 3 = 30$$

Сходным образом рассчитаем индексы сложности графов В и С:

$$\sigma_B = \sigma_{x4} + \sigma_{x4} = 3 \times 7 + 3 \times 4 = 33;$$

$$\sigma_C = \sigma_{x6} + \sigma_{x7} + \sigma_{x8} = 2 \times 7 + 2 \times 3 + 2 \times 3 = 26$$

ISSN 1998-5320 (Print)
ISSN 12587-943X (Online)

Более подробно с этим и другими понятиями теории графов можно ознакомиться в работе Ю. А. Шрейдера [6]. Возможности применения метода графового моделирования для оценки сложности учебных заданий представлены в статье [7], графическому методу логико-смыслового моделирования знаний посвящена работа [8].

Результаты. Рассмотрим применение метода графового моделирования для оценки сложности структур решения расчётных химических задач на примерах некоторых видов вычислений по химическому уравнению. Остановимся подробно на типе расчётных задач, в которых известны данные о двух веществах, участвующих в химической реакции. Для этого запишем уравнение химической реакции в общем виде:

$$aA + eE = вB + dD \quad (4)$$

и введём соответствующие обозначения:

ν_A, m_A, V_A^o – количество вещества, масса и объём (при н. у.) для вещества А по данным условий задач;

ν_B, m_B, V_B^o – количество вещества, масса и объём (при н. у.) для вещества В по данным условий задач;

а, в – количество веществ А и В по уравнению реакции.

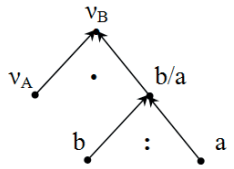
Пусть все величины, относящиеся к веществу А, являются исходными данными, а величины, относящиеся к веществу В, – искомыми. Приведём видовой состав расчётов по уравнению химической реакции:

1. Определить ν_B по ν_A.
2. Определить ν_B по m_A.
3. Определить ν_B по V_A^o.
4. Определить m_B по ν_A.
5. Определить m_B по m_A.
6. Определить m_B по V_A^o.
7. Определить V_B^o по ν_A.
8. Определить V_B^o по m_A.
9. Определить V_B^o по V_A^o.

Построим граф-дерево для 1 вида задач, в которых необходимо определить количество вещества В по известному количеству вещества А. Этот вид задач раскрывает количественное отношение пропорциональности, лежащее в основе всех вычислений по уравнению химической реакции:

$$\frac{\nu_A}{\nu_B} = \frac{a}{в} \Rightarrow \nu_B = \frac{\nu_A \cdot в}{a} \Rightarrow \nu_B = \nu_A \frac{в}{a} \quad (5)$$

Граф-дерево имеет следующий вид:



$\sigma_1 = 5 \times 2 + 3 \times 2 = 16$

Рисунок 3 – Граф-дерево для задач 1 вида

Аналогичным образом построим деревья для 2 и 3 видов задач

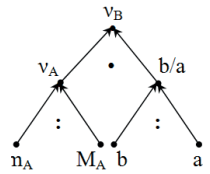


Рисунок 4 – Граф-дерево для задач 2 вида

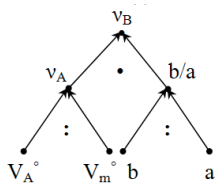


Рисунок 5 – Граф-дерево для задач 3 вида

$\sigma_2 = 7 \times 2 + 3 \times 2 + 3 \times 2 = 26$ $_3 = \sigma \times 2 + 3 \times 2 + 3 \times 2 = 26$

Видно, что сложность структур решения 2 и 3 видов задач одинакова. Отличие заключается в использовании двух различных количественных отношений, с помощью которых можно вычислять ν_A:

$$\nu_A = \frac{m_A}{M_A}; \ \nu_A = \frac{V_A^o}{V_m^o}$$

(только для веществ в газообразном состоянии) (6, 7)

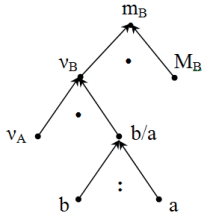


Рисунок 6 – Граф-дерево для задач 4 вида

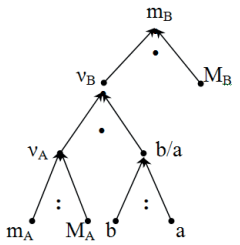


Рисунок 7 – Граф-дерево для задач 5 вида

$\sigma_4 = 30$ $\sigma_5 = 44$

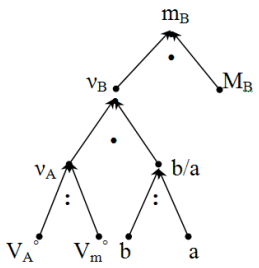


Рисунок 8 – Граф-дерево для задач 6 вида

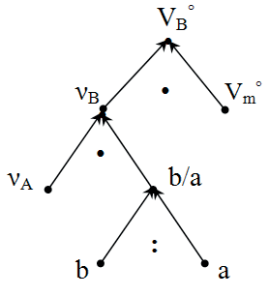


Рисунок 9 – Граф-дерево для задач 7 вида

σ 7 = 44 σ 7 = 30

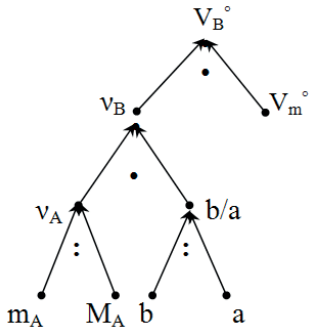


Рисунок 10 – Граф-дерево для задач 8 вида

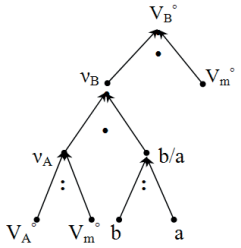


Рисунок 11 – Граф-дерево для задач 9 вида

σ 8 = 44 σ 9 = 44

В таблице проведено сопоставление различных видов расчётных химических задач по индексу сложности.

Видовой состав и индексы сложности структур решений задач по уравнениям химических реакций

Величины для вещества B		Величины для вещества A					
		ν_A		m_A		V_A°	
ν_B	1	16	2	26	3	26
m_B	4	30	5	44	6	44
V_B°	7	30	8	44	9	44

Видно, что одни виды задач имеют одинаковые индексы сложности, другие разнятся по этому показателю.

Выводы. Подводя итоги, результаты проведённого исследования можно обозначить следующим образом.

1. Показана возможность моделирования структур решений расчётных химических задач с помощью графов-деревьев и количественной оценки сложности этих структур.
2. Оценка сложности структур вычислений по уравнениям химических реакций позволяет проводить систематизацию задач по сложности для оптимального проектирования систем расчётных химических задач школьного курса химии.

Источники

1. Крупич В. И. Структура и логика процесса обучения математике в средней школе : метод. разработки по спецкурсу для слушателей ФПК. М., 1985. 117 с.
2. Уёмов А. И. Системы и системные исследования // Проблемы методологии системного исследования. М., 1972. С. 64–86.
3. Жигачёва Н. А., Рыженко Н. Г. Графовое моделирование структур решений сюжетных задач // Математические структуры и моделирование : сб. науч. трудов / под ред. А. К. Гуца. – Омск : Ом. гос. ун-т, 1999. – Вып. 4. – С. 104–117.
4. Новик И. Б. О моделировании сложных систем: Философский очерк. М. : Мысль, 1965. 335 с.
5. Тюхтин В. С. Отражение и информация // Вопросы философии. М., 1967. № 3. С. 41–52.
6. Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок. М. : Наука, 1971. 254 с.
7. Селезнева О. В. Подход к оценке сложности и трудности учебных заданий по военной экологии // Наука о человеке: гуманитарные исследования. Омск : Изд-во ОмГА, 2018. № 1 (31). С. 101–107.
8. Штейнберг В. Э., Мустаев А. Ф. Основания графической реализации логико-смыслового моделирования в дидактике // Образование и наука. Екатеринбург : Изд-во РГППУ, 2017. № 3. Т. 19. С. 46–76.

Информация об авторах

Шелонцев Владимир Александрович
Кандидат химических наук, доцент кафедры химии и методики преподавания химии, факультет естественно-научного образования. Омский государственный педагогический университет (644099, РФ, г. Омск, Набережная Тухачевского, 14). ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9792-9286. E-mail: 89139617129@list.ru

Герасимова Ирина Владимировна
Кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии и методики преподавания химии, факультет естественно-научного образования. Омский государственный педагогический университет (644099, РФ, г. Омск, Набережная Тухачевского, 14). ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7281-0518. E-mail: i_gerassimova@mail.ru

Shelontsev V. A.[1], Gerasimova I. V.[1]

[1]Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russian Federation

Methodical aspects evaluating complexity of school calculative chemistry tasks

Abstract. The article is devoted to the method of graph modeling to evaluate complexity of school calculative chemistry tasks. We suppose that this method can be an instrument of school standard calculative chemistry tasks systematization. We use the first grade complex graphs to build up the structure to solve calculative chemistry tasks. These graphs model the following basic relations between the structure elements of the task: dependence (c = a × в); summation (a = a1 + a2); subtraction (a = a1 – a2); division (a/b = a : b). The complexity of the “tree” task consists of the sum of the tops complexity indexes. The complexity index of every top is the composition of the quantity of the ribs of the top and the quantity of the bottom ribs, including that very top for which we calculate the complexity. The graph models of 9 chemistry reaction tasks solving are built: (aA + eE = вB + dD):1. νB for νA; 2. νB for mA; 3. νB for VA°; 4. mB for νA;

5. mB for mA; 6. mB for VA°; 7. VB° for vA; 8. VB° for mA; 9. VB° for VA°. The complexity of these tasks solving structures is calculated. We also show the possibility of the calculative chemistry tasks solving modeling. The estimation of their complexity allows systematizing them for the optimal projecting of school standard calculative chemistry tasks structure.

Keywords: task solving structure, task solving structure complexity, graph modeling method, school standard calculative chemistry tasks, graph models of the calculative chemistry tasks solving.

Paper submitted: July 23, 2020

For citation: Shelontsev V. A., Gerasimova I. V. (2020). Methodical aspects evaluating complexity of school calculative chemistry tasks. The Science of Person: Humanitarian Researches, vol. 14, no. 3, pp. 117–122. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.14.

References

1. Krupich V. I. The structure and the logics of the process of teaching mathematics at the secondary school. Methodical developments for the special course for qualification improvement. Moscow, 1985,117 p.
2. Uyomov A. I. Systems and system researches. In: The problems of the methodology of system researches. Moscow, 1972, pp. 64–86.
3. Zhigachyova N. A., Ryzhenko N. G. Graph modeling of the plot tasks solving structure. In: Mathematical structures and modeling: coll. of works, ed. by A. K. Guts, Omsk, OMSU Publ., 1999, no. 4, pp. 104–117
4. Novik I. B. Modeling complex systems: Philosophical essay. Moscow, Mysl' Publ., 1965, 335 p.
5. Tyukhtin V. S. Reflexion and information. Voprosy Filosofii, 1967, no. 3, pp. 41–52.
6. Shreider Yu. A. Equality, similarity, regularity. Moscow, Nauka Publ., 1971, 254 p.
7. Seleznyova O. V. An approach to the complexity estimation of the military ecology training tasks. Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya, 2018, no. 1 (31), pp. 101–107.
8. Shteinberg V. E., Mustayev A. F. The base of logical and semantic modeling graphic implementation in didactics. Obrasovaniye i nauka, 2017, vol. 19, pp. 46–76.

Information about the authors

Vladimir A. Shelontsev
Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor. Omsk State Pedagogical University (14 Naberezhnaya Tukhachevskogo, Omsk, 644099, Russian Federation). ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9792-9286. E-mail: 89139617129@list.ru

Irina V. Gerasimova
Cand. Sc. (Pedagogy), Associate Professor. Omsk State Pedagogical University (14 Naberezhnaya Tukhachevskogo, Omsk, 644099, Russian Federation). ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7281-0518. E-mail: i_gerassimova@mail.ru

© В. А. Шелонцев, И. В. Герасимова, 2020