

УДК 37.091.33+54

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/73>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

©*Арстанбекова Н. Б.*, ORCID: 0000-0002-1644-2941, SPIN-код: 1448-4305,
Жалал-Абадский государственный университет им. Б.Осмонова,
г. Джалал-Абад, Кыргызстан, arstanbekovan@mail.ru

USING MATHEMATICAL METHODS IN SOLVING CHEMICAL PROBLEMS

©*Arstanbekova N.*, ORCID: 0000-0002-1644-2941, SPIN-код: 1448-4305,
Jalal-Abad State University named after B.Osmonov,
Jalal-Abad, Kyrgyzstan, arstanbekovan@mail.ru

Аннотация. Анализируется определение понятия «задача», рассматриваются основные способы решения химических задач. Автор предлагает алгебраический способ решения химических задач и алгоритм решения системы двух уравнений с двумя переменными методом подстановки.

Abstract. This article analyzes the definition of the concept of “problem” and discusses the main ways to solve chemical problems. The author proposes an algebraic method for solving chemical problems and an algorithm for solving a system of two equations with two variables by the substitution method.

Ключевые слова: химическая задача, алгебраический способ решения, смесь, система уравнений, квадратное уравнение, дискриминант, водородный показатель.

Keywords: chemical problem, algebraic solution, mixture, system of equations, quadratic equation, discriminant, hydrogen index.

Образование — одна из приоритетных сфер, обуславливающих развитие Кыргызской Республики. В Национальной стратегии развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы особо отмечается, что «система образования направлена на раскрытие способностей каждого человека, воспитание всесторонней личности, предоставления ей знаний и умений, используемых на практике». В соответствии с этим каждому гражданину должна быть предоставлена возможность получить качественное образование (<https://kurl.ru/Vbwmc>).

В настоящее время особое внимание уделяется естественным наукам. Составной частью естественнонаучного образования является химическое образование, которое невозможно без обучения решению химических задач. Решение задач занимает в химическом образовании важное место. Через него закрепляются теоретические материалы на практике, развивается логическое мышление учащихся, осуществляется межпредметная связь [1, 2].

Актуальность исследования: учащиеся, приступая к изучению химии, будут иметь определенный запас знаний по математике, которые можно включить в процесс решения задач по химии. С помощью математики можно производить как простейшие расчёты по химическим формулам и уравнениям химических реакций, так и сложнейшие математические операции.

Цель исследования: рассмотреть различные по типу расчетные задачи и изучить математические методы при решении задач по химии.

Анализ научной литературы по теме исследования показывает, в настоящее время не существует единого определения понятия «задача». Имеются различные точки зрения на определение задачи. Психолог А. Н. Леонтьев считает, что задача — это цель, данная в определенных условиях [4], по определению Л. М. Фридмана «задача — это знаковая модель проблемной ситуации» [7], по С. И. Ожегову: «задача — это то, что требует исполнения, разрешения, либо упражнение, которое выполняется посредством умозаключения, вычисления» [6]. По мнению М. В. Зуевой, задачи — это задания, при выполнении которых учащиеся осуществляют продуктивную деятельность [5].

Г. И. Штремплер и А. И. Хохлова считают, что химическая учебная задача — это модель проблемной ситуации, решение которой требует от учащихся мыслительных и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии, направленная на закрепление, расширение знаний и развитие химического мышления [8].

Для нас существенным во всех толкованиях анализируемых понятий «задача» является следующее утверждение: задача — это ситуация, которая побуждает учащегося к формулированию проблем и их решению. С учетом вышесказанного, можно определить понятие химической задачи так: химическая задача — это учебная задача, требующая от учащегося умений выявлять сущность химических процессов и выражать ее в виде уравнений реакций или формул, одновременно учитывать происходящие физические процессы и описывать количественную часть задачи в виде математических действий.

Понятие «задача» неразрывно связано с понятием «решение задачи».

При решении химических задач реализуются следующие дидактические принципы: 1) обеспечение самостоятельности и активности учащихся; 2) достижение прочности знаний и умений; 3) осуществление связи обучения с жизнью; 4) реализация политехнического обучения химии, профессиональной ориентации [3]

В методике обучения химии выделяют следующие способы решения расчетных задач: 1) соотношение масс веществ; 2) сравнение масс веществ; 3) использование величины «количество вещества» и ее единицы «моль»; 4) составление пропорции; 5) использование коэффициента пропорциональности; 6) приведение к единице; 7) алгебраический способ (решение задач путем составления и решения алгебраических уравнений и неравенств); 8) графический способ; 9) использование закона эквивалентов.

Решение химической задачи основано на применении математических знаний. Без знаний математики невозможно решить ни одну химическую задачу, обязательно требуются математические знания. В решении усложненных и олимпиадных задач используется алгебраические методы. Задачи по химии похожи на задачи по математике, и некоторые количественные задачи по химии, особенно на «смеси» удобнее решать через систему уравнений с двумя неизвестными. Из девяти способов решения химических задач, алгебраический способ используется при решении задач по химии, в которых недостаточно данных. В этом случае одно из неизвестных данных принимается за «х». Затем составляется алгебраическое уравнение с одним неизвестным, при решении которого находится искомая величина. Иногда, для решения задачи необходимо ввести несколько неизвестных. Тогда составляется система алгебраических уравнений, решение которой позволяет найти ответ химической задачи. Примером таких задач могут быть задачи на смешение растворов с заданной массовой долей растворенного вещества, вычисление массовых долей веществ в смесях (металлов и сплавов) и др.

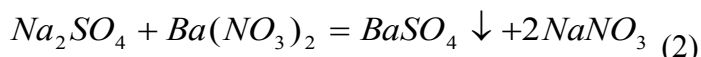
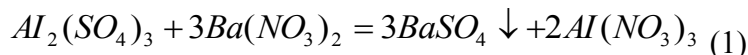
Рассмотрим несколько химических задач решаемым математическим методом.

Задача 1. Смесь сульфата алюминия и сульфата натрия массой 9,8г растворили в воде, затем к полученному раствору добавили нитрат бария, в результате чего выпало 18,64г осадка. Определить массовые доли сульфатов в исходной смеси.

Дано: $m(\text{смеси})=9,68\text{г}$; $m(\text{осадка}) = 18,64\text{г}$

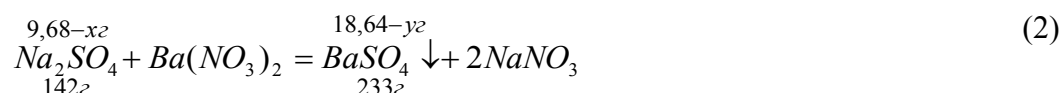
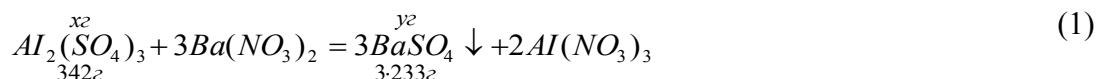
Найти: $m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)-?$; $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) -?$

Решение: 1) Составляем уравнений реакций:



2) Обозначим через x г массу сульфата алюминия в смеси, а массу сульфата натрия — через $(9,68 - x)$ г. Массу осадка, полученного при взаимодействии сульфата алюминия с раствором нитрата бария, обозначаем через y г, а массу осадка, полученного при взаимодействии сульфата натрия с раствором нитрата бария, обозначаем через $(18,64 - y)$ г.

Над уравнениями реакций записываем введенные обозначения, под уравнениями реакций записываем данные, полученные по уравнениям реакций, и составляем систему уравнений с двумя неизвестными:



$$\begin{cases} \frac{x}{342} = \frac{y}{699} \\ \frac{9,68-x}{142} = \frac{18,64-y}{233} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 699x = 342y(1) \\ 142(18,64-y) = 233(9,68-x)(2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,49y \\ 2646,8 - 142y = 2255 - 233x \end{cases}$$

Подставив значение x в уравнении 1 к уравнению 2, мы решаем систему уравнений, т.е.

$$233x - 142y = -391,8$$

$$233(0,49y) - 142y = -391,8$$

$$y = 14(\text{масса осадка в первой реакции}),$$

Масса осадка во второй реакции: $18,64 - y = 18,64 - 14 = 4,64\text{г BaSO}_4$

Подставим найденное значение y в первое уравнение, получим:

$$x = 0,49y; x = 0,49 \cdot 14 = 6,86\text{г. (Al}_2(\text{SO}_4)_3)$$

Масса сульфата натрия Na_2SO_4 :

$$9,68 - x = 9,68\text{г} - 6,86\text{г} = 2,82\text{г Na}_2\text{SO}_4$$

Итак, состав смеси: $m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 6,89\text{г}$; $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2,82\text{г}$

Массовые доли сульфатов находим по формуле:

$$\omega(\text{вещество}) = \frac{m(\text{зат})}{m(\text{смеси})} \cdot 100\%$$

$$\omega[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = \frac{m[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{6,86\text{г}}{9,68\text{г}} \cdot 100\% = 70,87\%[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m(\text{смеси})} \cdot 100\% = \frac{2,82\text{г}}{9,68\text{г}} \cdot 100\% = 29,13\%(\text{Na}_2\text{SO}_4)$$

Ответ: массовая доля сульфата алюминия равна 70,87%, массовая доля сульфата натрия равна 29,13%.

Задача 2. При прокаливании 80г безводного сульфата трёхвалентного элемента получается его оксид массой на 24г меньше молярной массы элемента. Определите какой это элемент?

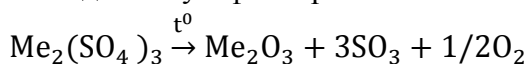
Дано:

$$m(\text{Me}_2(\text{SO}_4)_3) = 80\text{г}$$

$$m(\text{Me}_2\text{O}_3) = (m - 24)\text{г}$$

Найти: Ar(Me)-?

Решение: Запишем уравнение реакции термического разложения неизвестного безводного сульфата трёхвалентного металла:



Обозначим через x г массу металла, тогда

$$\begin{array}{ccc} 80\text{г} & t^0 & (x-24)\text{г} \\ \text{Me}_2(\text{SO}_4)_3 & \rightarrow & \text{Me}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \\ (2x+288)\text{г} & & (2x+48)\text{г} \end{array}$$

$$\frac{(2x + 288)\text{г}[\text{Me}_2(\text{SO}_4)_3]}{80\text{г}[\text{Me}_2(\text{SO}_4)_3]} = \frac{(2x + 48)\text{г}(\text{Me}_2\text{O}_3)}{(x - 24)\text{г}(\text{Me}_2\text{O}_3)}$$

$$(2x + 288) \cdot (x - 24) = 80 \cdot (2x + 48)$$

$$2x^2 - 48x + 288x - 6912 - 160x - 3840 = 0$$

$$2x^2 + 80x - 10752 = 0$$

$$x^2 + 40x - 5376 = 0$$

Из курса алгебры мы знаем, что формула квадратного уравнения имеет следующий вид: $ax^2 + bx + c = 0$, здесь $a \neq 0$

Дискриминант квадратного уравнения: $D = b^2 - 4ac$

Если $D=0$ и корень уравнения всего один, то формула для нахождения данного корня будет иметь следующий вид: $x = \frac{-b}{2a}$

Если $D>0$ и уравнения будет два решения, формул для нахождения корней будет две:

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}; \quad x_2 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}$$

Пользуясь формулы из курса алгебры, мы принимаем к курсу химии квадратное уравнение:

$$x^2 + 40x - 5376 = 0$$

$$D = 40^2 - 4 \cdot 1 \cdot 5376$$

$$D = 1600 - 21504 = 23104$$

$$x_{1,2} = \frac{-40 \pm \sqrt{23104}}{2 \cdot 1}$$

$$x_1 = \frac{-40 + \sqrt{23104}}{2 \cdot 1} = \frac{-40 + 152}{2} = 56; \text{ т. е. } D > 0$$

$$x_2 = \frac{-40 - \sqrt{23104}}{2 \cdot 1} = \frac{-40 - 152}{2} = -96; \text{ т. е. } D < 0$$

Значит этот элемент — железо, $A_r(\text{Fe}) = 56$; $M(\text{Fe}) = 56\text{г/моль}$

Задача 3. Элементы А и В образуют соединения с серой состава AB_4S и $\text{A}_2\text{B}_{12}\text{S}_3$; в первом из них массовая доля серы составляет 21,05%, а во втором — 24%. Определите, о каких элементах и соединениях идет речь в условии задачи.

Дано: $\omega_1(\text{S}) = 21,05\%$; $\omega_2(\text{S}) = 24\%$;

Найти: А-?; В-?; AB_4S -?; $\text{A}_2\text{B}_{12}\text{S}_3$ -?

Решение: Зная молярную массу серы $M(S) = 32 \text{ г/моль}$, можно подсчитать молярные массы неизвестных соединений:

$$\begin{array}{l} 32 \text{ г/моль (S)} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 21,05\% \\ M_1 \text{ г/моль } AB_4S \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100\% \\ M_1(AB_4S) \text{ г/моль} = \frac{32 \text{ г/моль} \cdot 100\%}{21\%} = 152 \text{ г/моль} \\ 2) \quad 3 \cdot 32 \text{ г/моль (S)} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 24\% \\ M_1 \text{ г/моль } AB_4S \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100\% \\ M_1(A_4B_{12}S_3) = \frac{96 \text{ г/моль} \cdot 100\%}{24\%} = 400 \text{ г/моль} \end{array}$$

Значение атомной массы элемента А обозначим через x , а атомной массы через y . и составляем систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} x + 4y + 32 = 152 \\ 2x + 12y + 96 = 400 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 120 - 4y \\ 2(120 - 4y) + 12y + 96 = 400 \end{cases}$$

$$240 - 8y + 12y + 96 = 0$$

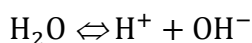
$$y = 16 \text{ Значит } Ar(O) = 16$$

В периодической таблице находим соответствующие элементы:

А – железо, В – кислород. Значит в данной задачи речь идет о сульфатах железа (II), (III).

Ответ: А – железо; В – кислород; $AB_4S - FeSO_4$; $A_2B_{12}S_3 - Fe_2(SO_4)_3$

Очень часто затруднения вызывает решение задач на водородный показатель. Мы знаем, что вода слабый амфотерный электролит:



Константа диссоциации воды: $K_d = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$ (1) или $[H^+] \cdot [OH^-] = K_d \cdot [H_2O]$ (2)

Константа диссоциации воды при 250С равна $1,8 \cdot 10^{-16}$

Концентрация недиссоциированных молекул воды в моль/г равна:

$$[H_2O] = \frac{1000 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 55,56 \text{ моль}$$

Подставляя эти значения в уравнение (2) получим:

$$\begin{aligned} [H^+] \cdot [OH^-] &= 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 1,0 \cdot 10^{-14} \\ [H^+] \cdot [OH^-] &= 10^{-14} \end{aligned}$$

Произведение концентраций ионов водорода и гидроксид ионов называется ионным произведением воды. Ионное произведение воды обозначается символом K_{H_2O} . Тогда:

$$K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14} \quad (3)$$

Поэтому, зная концентрацию одного из ионов, легко рассчитать концентрацию второго иона:

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \text{ моль/л}; \quad [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \text{ моль/л};$$

Нейтральная среда: $[H^+] = 10^{-7}$ моль/л

Кислая среда: $[H^+] > 10^{-7}$ моль/л

Щелочная среда: $[H^+] < 10^{-7}$ моль/л

Так как $[H^+]$ меняется в очень широких пределах, то реакцию среды удобнее выразить в логарифмической шкале, вводя так называемый водородный показатель рН.

Водородный показателем называется десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком концентрации ионов водорода.

$pH = -\lg[H^+]$. Например, если $[H^+] = 10^{-3}$ моль/л, то $pH = 3$, среда раствора – кислая; если $[H^+] = 10^{-12}$ моль/л, то $pH = 12$, среда раствора – щелочная.

Исходя из значения рН, реакция среды характеризуется следующим образом: нейтральная среда $pH = 7$; кислая среда $pH < 7$; щелочная среда $pH > 7$

Задача 4. Вычислите концентрацию ионов $[OH^-]$ в растворе, если концентрация ионов водорода равна $10^{-8} M$.

Дано: $[H^+] = 10^{-8} M$; Найти: $[OH^-]$ -?

Решение: Ионное произведение воды: $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-8}} = 10^{-6} \text{ моль/л; Ответ: } 10^{-6} \text{ моль/л}$$

Задача 5. Вычислите рН раствора, если концентрация ионов $[OH^-]$ в нём равна $10^{-11} M$.

Дано: $[OH^-] = 10^{-11} M$; Найти: рН -?

Решение: 1) Найдем концентрацию ионов $[H^+]$ в растворе:

$$\begin{aligned} [H^+] \cdot [OH^-] &= 10^{-14} \\ [H^+] &= \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3} \text{ (моль/л)} \\ pH &= -\lg[H^+] = -\lg(10^{-3}) = 3 \text{ Ответ: } 3 \end{aligned}$$

Итак, химические задачи можно решать несколькими способами, но этот способ решения задач по химии способствует развитию логического мышления, даёт возможность показать взаимосвязь математики и химии, формирует умение составлять и применять алгоритмы последовательности действий при решении, дисциплинирует и направляет деятельность на правильное использование физических величин и корректное проведение математических расчётов.

Список литературы:

1. Арстанбекова Н. Б., Абдувахобова Д. А. Жогорку окуу жайларында “химиялык эсептерди чыгаруунун усулдары” курсун окутуунун айрым аспекти // Вестник Жалал-Абадского государственного университета. 2023. №2(55). С. 149-154. EDN CRSQUB.
2. Арстанбекова Н. Б. Химия боюнча маселелер жыйнагы: Жогорку окуу жайларынын студенттери үчүн окуу куралы. Бишкек, 2017. 231 с.
3. Ерыгин Д. П., Шишкин Е. А. Методика решения задач по химии. М.: Просвещение 1989. 176 с.
4. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1972. 576 с.
5. Зуева М. В. Обучение учащихся применению знаний по химии. М.: Просвещение, 1978. 190 с.
6. Ожегов С. И. Словарь русского языка. М.: Мир и образование, 2004. 1200 с.
7. Фридман Л. М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. М.: Педагогика, 1977. 208 с.

8. Штремплер Г. И., Хохлова А. И. Методика решения расчетных задач по химии 8-11 кл. М.: Просвещение, 2001. 207 с.

References:

1. Arstanbekova, N. B., & Abduvakhobova, D. A. (2023). Zhogorku okuu zhailarynda "khimiyalyk esepтерdi chыgaruunun usuldary" kursun okutuunun айrym aspektileri. *Vestnik Zhалal-Abadskogo gosudarstvennogo universiteta*, (S2(55)), 149-154. (in Russian).
2. Arstanbekova, N. B. (2017). Khimiya boyunchа maseleler zhyinagy: Zhogorku okuu zhailarynyn studentteri ychyn okuu kuraly. Bishkek. (in Russian).
3. Erygin, D. P., & Shishkin, E. A. (1989). Metodika resheniya zadach po khimii. Moscow. (in Russian).
4. Leont'ev, A. N. (1972). Deyatel'nost'. Soznanie. Lichnost'. Moscow. (in Russian).
5. Zueva, M. V. (1978). Obuchenie uchashchikhsya primeneniyu znaniy po khimii. Moscow. (in Russian).
6. Ozhegov, S. I. (2004). Slovar' russkogo yazyka. Moscow. (in Russian).
7. Fridman, L. M. (1977). Logiko-psikhologicheskii analiz shkol'nykh uchebnykh zadach. Moscow. (in Russian).
8. Shtrempler, G. I., & Khokhlova, A. I. (2001). Metodika resheniya raschetnykh zadach po khimii 8-11 kl. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 08.05.2024 г.*

*Принята к публикации
14.05.2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Арстанбекова Н. Б. Использование математических методов при решении химических задач // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №6. С. 623-629. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/73>

Cite as (APA):

Arstanbekova, N. (2024). Using Mathematical Methods in Solving Chemical Problems. *Bulletin of Science and Practice*, 10(6), 623-629. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/73>