

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ

Битурсын Сауле Сериковна¹, Шертаева Нейля Турдыгалиевна²,
Ирисметов Асадбек Нурмаатович³

¹PhD, старший преподаватель, ²К.х.н., доцент, ³студент группы 1504-10А
^{1,2,3} Южно-Казахстанский педагогический университет им. Ө. Жәнібеков,
кафедра «Химии», Шымкент/Казахстан.

¹ORCID: 0000-0002-0270-0858, e-mail: sbitursyn@mail.ru

²ORCID: 0000-0001-6446-4953, e-mail: nailyaximik@mail.ru

³ORCID: 0000-0215-6785-4574 e-mail: irismetovasad@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается решение олимпиадных задач различной степени сложности с использованием математических уравнений. Проанализировано содержание школьного курса химии, состояние проблемы подготовки и проведения школьных химических олимпиад, и на этой основе разработана методика обучения учащихся общеобразовательной школы решению олимпиадных заданий. Большинство школьников считают, что Олимпийские задания необходимо использовать на уроках, так как они развивают умственную активность и аналитическое мышление учащихся. Кроме того, прежде чем приступить к решению задач олимпиады, необходимо запомнить логарифмы, системы уравнений с двумя неизвестными, системы трех уравнений, квадратные уравнения, пропорции и т.д. А при использовании инженерного калькулятора вы должны правильно вводить числовые значения, иначе вы можете легко ошибиться. В зависимости от уровня Олимпиады на международную химическую Олимпиаду (ХХО) отводится 5 дней, на теоретические задачи-3 дня и два дня на выполнение экспериментальных задач; наряду с математикой, округлением, дробью и т. д. (ХХО) существует международная Менделеевская олимпиада по химии (ХХО), где уровень сложности среди постолимпийских советских республик определяется уровнем сложности (ХХО) похож, но немного отличается от предыдущей версии.

Ключевые слова: математические уравнения, исследования, наука, задачи олимпиады, системные уравнения.

For citation: Битурсын С.С., Шертаева Н.Т., Ирисметов А.Н. (2023). Математические приёмы для решения олимпиадных задач по химии. *ОҚМПУ Хабаршысы-Вестник ЮКГПУ, 37(3).* 20-28.

Введение

Химия – это тоже экспериментальная наука. Она исследует вещества, их свойства веществ выражаются с помощью чисел, которые являются математическими объектами. Для описания химических реакций и определения строения веществ используются физические теории и методы – термодинамики, кинетики, спектроскопия. И если считать, что математика – часть физики, то надо признать, что химия немыслима без математики. Разумеется, это не означает, что все химики должны отлично знать математику: известно много хороших химиков, которые не в ладах с ней. Тем не менее, математика для химиков – это, в первую очередь, полезный инструмент для решения многих химических задач: можно этим инструментом и не владеть, но тот, кто владеет, имеет больше возможностей для познания мира веществ. Именно этой точки зрения мы и будем в данной статье рассматривать математические приемы и методы.

Методы исследования: Без математики невозможны серьезные химические исследования. И в химии и в математике используется принцип пропорциональности. Решение задач в химии связано с логикой качественно-количественных взаимоотношений между компонентами изучаемой системы с учетом природы реагирующих веществ. Качественно - количественные отношения в химических задачах задаются по горизонтальной составляющей - по уравнению реакции, которое отражает качественно-количественные закономерности химического взаимодействия реагирующих веществ (Белавин и Сергеева, 2022: 22-24).

Математика для химиков – это, в первую очередь, полезный инструмент решения многих химических задач. Очень трудно найти какой-либо раздел математики, который совсем не используется в химии.

Функциональный анализ и теория групп широко применяются в квантовой химии, теория вероятностей составляет основу статистической термодинамики, теория графов используется в органической химии для предсказания свойств сложных органических молекул, дифференциальные уравнения – основной инструмент химической кинетики, методы топологии и дифференциальной геометрии применяются в химической термодинамике. Выражение «математическая химия» прочно вошло в лексикон химиков. Многие статьи в серьезных химических журналах не содержат ни одной химической формулы, зато изобилуют математическими уравнениями. Приложения математики в химии обширны и разнообразны. Ниже мы постараемся вам это показать. [Кузьменко, Еремин и Попкова, 2022: 122-123).

Математические уравнения и методы, используемые в химии, имеют дело не с абстрактными величинами, а с конкретными свойствами атомов и молекул, которые подчиняются естественным природным ограничениям. Иногда эти ограничения бывают довольно жесткими и приводят к резкому сужению числа возможных решений математических уравнений. Говоря другим языком, математические уравнения, применяемые в химии, а также их решения должны

иметь химический смысл. Рассмотрим конкретные примеры (Лысицин и Зейфман, 2015: 37-38).

Использование принципа пропорциональности вызывает затруднения при решении задач типа «избыток-недостаток». В этом случае проводится расчет с использованием уравнения химической реакции. Во многих случаях реакция химического взаимодействия между реагентами протекает в условиях избытка одного из реагентов. Поэтому по завершении реакции некоторая часть таких реагентов остается неизрасходованной или взаимодействует с одним из продуктов реакции. Количество продукта реакции определяется количеством того из исходных веществ (реагентов), который полностью расходуется в реакции. Он называется лимитирующим реагентом (Тамм и Третьяков, 2014: 155-156).

Рассмотрим конкретный пример:

14,15 г смеси фосфата калия и оксида фосфора(V), в которой массовая доля фосфора как элемента составляет 21,91%, растворили в 100 г воды. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

Решение:

1) Определяем состав исходной смеси веществ, обозначив количество вещества P_2O_5 за x моль и количество вещества K_3PO_4 за y моль:

$$m(P) = 14,15 \cdot 0,2191 = 3,1 \text{ г}; \quad n(P) = \frac{3,1}{31} = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{смеси}) = m(P_2O_5) + m(K_3PO_4) = 142x + 212y = 14,5; \quad n(P) = 2x + y = 0,1 \text{ моль}.$$

Одно из уравнений системы составляем по количеству фосфора, второе - по массе смеси.

$$\begin{cases} 2x + 3y = 0,1 \\ 142x + 212y = 14,5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,025 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

2) Записываем уравнения химических реакций и проставляем количества реагирующих и образующихся веществ:

Сначала P_2O_5 реагирует с водой:



Затем образующаяся фосфорная кислота взаимодействует с K_3PO_4 , образуя гидрофосфат калия:



Оставшаяся фосфорная кислота взаимодействует с K_2HPO_4 , образуя дигидро-фосфат калия:



Определяем массовые доли K_2HPO_4 и KH_2PO_4 в полученном растворе:

$$m(\text{конечного раствора}) = 14,15 + 100 = 114,15 \text{ г;}$$

$$\omega(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 0,05 \times \frac{136}{114,15} = 0,05957;$$

$$\omega(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 0,05 \times \frac{174}{114,15} = 0,0762.$$

Ответ: $\omega(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 5,96\%$;
 $\omega(\text{K}_2\text{PO}_4) = 7,62\%$. (Тамм и Третьякова, 2017).

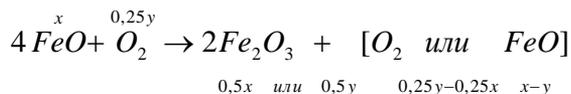
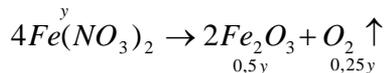
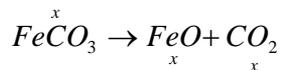
Алгебраические способы решения задач незаменимы, если задача сложна и ее нельзя решить одной – двумя пропорциями. Именно в этом случае удобно воспользоваться другими методами алгебры, чаще всего линейными уравнениями и неравенствами. Решение задач можно свести к двум этапам: составлению уравнения (системы уравнений) по условию задачи и решению полученного уравнения (Передерина и др., 2022: 71-73).

Пример:

В сосуд емкостью 2,8л, заполненный аргоном при (н.у.) поместили 70,8 г смеси карбоната железа(II) и нитрата железа(II). Сосуд закрыли и нагрели до высокой температуры. После охлаждения и приведения к (н.у.) масса твердого остатка составила 39,2 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и объемные доли газов в конечной газовой смеси.

Решение:

1) Обозначим количество вещества карбоната железа за x моль и количество вещества нитрата железа за y моль ($116x+180y=70,8$) и запишем уравнения происходящих химических реакций:



Из условия задачи невозможно сразу определить, какой из двух реагентов в реакции (3) был в избытке, а какой – в недостатке поэтому необходимо проверить оба варианта.

2) Предположим, что кислород в реакции (3) оказался в избытке, тогда твердый остаток полностью состоит из Fe_2O_3 и его количество равняется $(0,5x+0,5y) \cdot 160 = 39,2$. Составим систему уравнений и найдем x и y :

$$\begin{cases} 116x + 180y = 70,8 \\ (0,5x + 0,5y) \times 160 = 39,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,272 \\ y = 0,218 \end{cases}$$

Проверим, правильны ли полученные результаты: $0,25y = 0,25 \cdot 0,218 = 0,0545$.

$\frac{0,272}{4} > 0,0545$, следовательно, кислород находится в недостатке и твердый остаток не может состоять только из Fe_2O_3 .

На первый взгляд, теперь ничего не стоит определить состав смеси. Однако эту систему уравнений нельзя решить, ведь второе и третье уравнения математически однородны, а химически они описывают один и тот же процесс. Поэтому для определения состава смеси придется составить еще одно алгебраическое уравнение, исходя из процессов, которые происходят при обработке смеси с кислородом (Квапневский и др, 2020: 22-23).

3) Если кислород в недостатке, то твердый остаток состоит из $0,5y+0,5x$ моль Fe_2O_3 и $x-y$ моль FeO . Составляем другую систему уравнений и находим неизвестные:

$$\begin{cases} 116x + 180y = 70,8 \\ (0,5x + 0,5y) \times 160 + (x - y) \times 72 = 39,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,3 \\ y = 0,2 \end{cases}$$

где $x = 0,3$ это количество FeO , $y = 0,2$ количество вещества Fe_2O_3

4) Рассчитываем массовые доли солей и объемные доли газов:

$$m(FeCO_3) = 116 \cdot 0,3 = 34,8;$$

$$\varphi(FeCO_3) = \frac{34,8}{70,8} = 0,4915;$$

$$n(CO_2) = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(NO_2) = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(Ar) = \frac{2,8}{22,4} = 0,125 \text{ моль};$$

$$n(\text{газовой смеси}) = 0,3 + 0,4 + 0,125 = 0,825 \text{ моль};$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{0,3}{0,825} = 0,3636;$$

$$\varphi(\text{Ar}) = \frac{0,125}{0,825} = 0,1515;$$

$$\varphi(\text{NO}_2) = \frac{0,4}{0,825} = 0,4848;$$

Ответ: $\omega(\text{FeCO}_3) = 49,15\%$; $\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = 50,85\%$;

$\varphi(\text{CO}_2) = 36,36\%$; $\varphi(\text{NO}_2) = 48,48\%$;

$\varphi(\text{Ar}) = 15,15\%$.

Анализ и результаты

Математические уравнения и методы, используемые в химии, имеют дело не с абстрактными величинами, а с конкретными свойствами атомов и молекул, которые подчиняются естественным природным ограничениям. Иногда эти ограничения бывают довольно жесткими и приводят к резкому сужению числа возможных решений математических уравнений. Говоря другим языком, математические уравнения, применяемые в химии, а также их решения должны иметь химический смысл. Из выше перечисленных задач мы можем увидеть решаемость с малой погрешностью и с понятным изложением (по шаговое решение задачи). Внизу для сравнение в диаграммах 1. и 2. Показаны решение задач с алгебраическом и без алгебраическим методом (Реми, 2016: 322-323).

Диаграмма 1.



Диаграмма 2



Как мы видим использования математических уравнений дает решать задачи с минимальной ошибкой и тем самым позволяет получить высокие баллы в олимпиадных задачах. У данного метода есть много преимуществ во первый получение высоких баллов, во вторых развивает аналитические мышление и конечно даёт возможность получить высокие баллы в химических олимпиадах. А

без использования математических уравнений тоже дает результаты но погрешность при этом значительно больше со сравнением предыдущего метода, т.е у этого метода есть свои недостатки причем возможен риск получение меньше баллов в задачах (Турова, 2017: 58-59).

Выводы

Главный потребность одаренных детей – это познавательный процесс. Разработанная нами математические приёмы для решении олимпиадных задач по химии, способствует формированию опыта проведения химических экспериментов, решение большинства типовых химических задач, повышению мотивации к изучению предмета. Таким образом, решение олимпиадных задач развивает логическое мышление, учит анализировать информацию и делать выводы, что пригодится будущему исследователю-химику. А также использования математических приёмов развивает творческую деятельность учащихся.

Список использованных литератур:

Белавин И. Ю., Сергеева В. П. (2022). 100 баллов по химии Учимся решать задачи по химии от простого до самых сложных. Москва. Лаборатория занятий. 420 с.

Кузьменко Н.Е. Еремин В.В., Попкова В.А. (2022). Начала химии: для поступающих в вузы. 20-е изд. Москва: Лаборатория знаний. 704 с.

Лысицин А.З., Зейфман А.А. (2015). Очень нестандартные задачи по химии (Под ред. В.В. Ерёмкина). Москва: МЦМНО. 219 с.

Тамм М.Е. Третьяков Ю.Д. (2014). Неорганическая химия: В 3-х т. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб. Заведений (под ред. Ю.Д.Третьякова). Издательский центр «Академия». 240 с.

Тамм М.Е., Третьяков Ю.Д. (2017). Задачник по химии: Учебник для студ. высш. учеб. Заведений Под ред. Ю.Д. Третьякова Издательский центр «Академия». 180 с.

Передерина И.А, Галактионова А.С., Быстрова М.О., Юсубов М.С. (2022). Сборник олимпиадных задач по химии: учебное пособие. Томск: СибГМУ. 100 с.

Квапневский З., Шаршаневич Т., Киешковский Р., Гонет М., Краевский Э., Уфнальский В. (2020). Польские химические олимпиады. Мир Москва. 533 с.

Реми Г. (2016). Курс неорганической химии. Том 1, Москва: ИИЛ, 1963. Том 1, Москва: Мир. 452с.

Турова Н.Я. (2017). Неорганическая химия в таблицах. Высший химический колледж РАН. Москва. 882с.

References

Belavin I. YU., Sergeeva V. P. (2022). 100 ballov po himii Uchimysya reshat' zadachi po himii ot prostogo do samyh slozhnyh. [100 points in chemistry We learn to solve chemistry problems from the simplest to the most difficult]. Moskva Laboratoriya zaniy. P. 420. [in Russian].

Kuz'menko N.E., Eremin V.V., Popkova V.A. (2022). Nachala himii dlya postupayushchih v vuzy [The beginnings of chemistry: for university applicants]. (20th edition). Moscow: Laboratoriya znaniy. P. 704. [in Russian].

Lysicin A.Z., Zejfman A.A. (2015). Ochen' nestandartnye zadachi po himii. [Very unusual tasks in chemistry] (Ed. V.V. Eryomina). Moscow: MCMNO. P. 219.

Tamm M.E., Tret'yakov YU.D. (2014). Neorganicheskaya himiya: V 3-h t. T. 1: Fiziko-himicheskie osnovy neorganicheskoy himii: Uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. Zavedenij [Physico-chemical foundations of inorganic chemistry: Textbook for students of higher educational institutions]. (Edit. YU.D.Tret'yakova). Publishing center "Akademiya". P. 240.

Tamm M.E., Tret'yakov YU.D. (2017). Zadachnik po himii: Uchebnik dlya studentov vysshee uchebnoe zavedenij [Chemistry Problem Book: Textbook for students of higher educational institutions] (Edit. YU.D. Tret'yakova). Publishing center "Akademiya". P. 180.

Perederina I.A., Galaktionova A.S., Bystrova M.O., YUsubov M.S. (2022). Sbornik olimpiadnyh zadach po himii: uchebnoe posobie.[Collection of Olympiad problems in chemistry: a textbook]. Tomsk: SibGMU. P. 100.

Kvapnevskij Z., SHarshanevich T., Kieshkovskij R., Gonet M., Kraevskij E., Ufnal'skij V. (2020). Pol'skie himicheskie olimpiady [Polish Chemical Olympiads]. Publishing house Mir Moscow. P. 533.

Remi G. (2016). Kurs neorganicheskoy himii. Tom 1, Moscow. IIL, 1963 [The course of inorganic chemistry. Volume 1. Moscow. IIL]. Vol. 1. Moscow: Mir. P. 452.

Turova N.YA. (2017). Neorganicheskaya himiya v tablicah [Inorganic chemistry in tables]. Moscow: Higher Chemical College of the Russian Academy of Sciences. P. 882.

Битурсын Сауле Сериковна¹, Шертаева Нейля Турдығалиевна², Ирисметов Асадбек Нурмамаевич³

¹PhD, аға оқытушы, ²Х.ғ.к., доцент, ³1504-10А тобының студенті.

^{1,2,3} Өзбекәлі Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті, «Химии» кафедрасы. Шымкент/Қазақстан.

Химиядан олимпиадалық есептерді шешудің математикалық әдістері

Аңдатпа. Бұл мақалада математикалық теңдеулерді пайдалана отырып, күрделілігі әртүрлі деңгейдегі олимпиада есептерін шешу қарастырылады. Автор мектептегі химия курсының мазмұнын, мектептегі химия олимпиадаларын өткізуді және дайындық

мәселелерін талдайды, сонымен қатар орта мектеп оқушысына Олимпиада тапсырмаларын қалай шешуге болатындығын үйрету әдістемесін тұжырымдайды. Мектеп оқушыларының көпшілігі олимпиадалық тапсырмаларды сабақта қолдану қажет деп санайды, өйткені олар оқушылардың ақыл-ой белсенділігін және аналитикалық ойлауын дамытады. Сонымен қатар, олимпиада есептерін шешуді бастамас бұрын логарифмдерді, екі белгісіз теңдеулер жүйесін, үш теңдеулер жүйесін, квадрат теңдеулерді, пропорцияларды және т.б. есте сақтау қажет. Ал инженерлік калькуляторды пайдаланған кезде сандық мәндерді дұрыс енгізу керек, әйтпесе онай қателесуіңіз мүмкін. Олимпиаданың деңгейіне байланысты халықаралық химия олимпиадасына (ХХО) 5 күн, теориялық есептерге 3 күн және эксперименттік есептерді орындауға екі күн уақыт беріледі; математика, дөңгелектеу, бөлшек және т.б. (ХХО) қатар химия бойынша Халықаралық Менделеев олимпиадасы (ХХО) бар, бұл олимпиададан кейінгі кеңестік республикалар арасында күрделілік деңгейі күрделілік деңгейіне (ХХО) ұқсас, бірақ алдыңғы нұсқадан аздап ерекшеленеді.

Кілт сөздер: математикалық теңдеулер, зерттеу, ғылым, олимпиада есептері, жүйелік теңдеулер.

Bitursyn Saule Serikovna¹, **Shertaeva Neil Turdygalievna**², **Irismetov Asadbek Nurmatovich**³

¹ PhD, Senior Lecturer, ²Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, ³Student of group 1504-10A

^{1,2,3} South Kazakhstan Pedagogical University after named Ozbekali Zhanibekov, Department of Chemistry. Shymkent/Kazakhstan.

Mathematical techniques for solving Olympiad problems in chemistry

Abstract. This article discusses the solution of Olympiad problems of various levels of complexity using mathematical equations. The author analyzes the content of the school chemistry course, hosting of school Chemistry Olympiads and the issues of preparation, as well as formulates methodology of teaching the secondary school student how to solve the Olympiad tasks. Most schoolchildren consider it necessary to use Olympiad tasks in lessons, because they develop students' mental activity and analytical thinking. In addition, before you start solving Olympiad problems, you need to do a warm-up; you need to remember logarithms, systems of equations with two unknowns, a system of equations with three equations, quadratic equations, proportions, etc. And when using an engineering calculator, you need to enter the digital values correctly, otherwise you can easily make a mistake. Depending on the level of the Olympiad, time is given differently; the International Chemistry Olympiad (IChO) takes as many as 5 days of them, 3 three days for theoretical problems and two days for performing experimental problems, while the experimental problems require knowledge of mathematics, rounding, fractions, etc. etc. Along with (IChO) there is the International Mendeleev Olympiad (IMO) in chemistry, a widespread Olympiad among post-Soviet Republics in which the level of difficulty is similar to the level of complexity (IChO) but slightly different from the previous version.

Keywords: mathematical equations, research, science, Olympiad problems, system equations.