

УДК 547.9.

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/01>

УСТАНОВЛЕНИЕ ФОРМУЛЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АЛГЕБРАИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

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

DETERMINATION OF THE FORMULA OF AN ORGANIC SUBSTANCE BY THE ALGEBRAIC METHOD

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

Аннотация. Знания об органических веществах позволяют понять их строение, химические свойства и реакции. Одним из основных заданий, с которыми сталкиваются учащиеся в области органической химии, является вывод формулы органического вещества. Этот процесс требует умения анализировать состав вещества, использовать химические данные и применять математические методы для нахождения молекулярной формулы. В данной статье мы рассмотрим несколько типов задач на вывод формулы органического вещества с использованием алгебраического метода.

Abstract. Knowledge about organic substances allows us to understand their structure, chemical properties and reactions. One of the main tasks that students face in the field of organic chemistry is derivation of the formula of an organic substance. This process requires the ability to analyze the composition of a substance, use chemical data, and apply mathematical methods to find the molecular formula. In this article we will look at several types of problems for deriving the formula of an organic substance using the algebraic method.

Ключевые слова: органические вещества, вывод формул, относительная плотность, массовая доля, элементный состав вещества, продукты сгорания, алгебраический способ решения.

Keywords: organic substances, derivation of formulas, relative density, mass fraction, elemental composition of a substance, combustion products, algebraic method of solution.

Решение химических задач в органической химии, особенно задача вывода формул органических соединений, имеет чрезвычайно важное значение как в теоретической, так и в практической химии. Умение правильно устанавливать формулы органических веществ является основой для дальнейших исследований и разработки новых соединений с заданными свойствами.

Решение химической задачи основано на применении математических знаний. Без знаний математики невозможно решить ни одну химическую задачу, обязательно требуются математические знания [6-8].

Установление формулы органического вещества алгебраическим методом — это подход, при котором на основе имеющихся экспериментальных данных (например, элементного состава, массы молекул, структурных характеристик) строится химическая формула вещества. Этот метод предполагает использование аналитических систем, которые позволяют найти молекулярную формулу вещества.

Задачи на установление формулы органического вещества могут быть как простыми, так и достаточно сложными, требующими знания химических принципов, таких как закон сохранения массы, а также умения решать системы уравнений, основанные на процентном составе элементов. Умение решать такие задачи помогает учащимся развить аналитическое мышление и глубже понять химическую структуру органических соединений.

В процессе вывода формулы органического вещества, важно учитывать следующие принципы:

- 1) Анализировать доступные данные и определить неизвестные величины.
- 2) Применять систематический подход и использовать законы органической химии, чтобы установить связи и структуру молекулы.
- 3) Проверять результаты и проводить верификацию, используя дополнительные экспериментальные данные и химические реакции.

Целью исследования является установление формулы органического вещества с помощью алгебраического метода.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования были использованы: теоретический анализ научной, методической и учебной литературы по проблеме исследования, алгебраический метод решения химических задач [1-5].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим несколько типов решения задач на вывод формул органических соединений, которые являются важным этапом в изучении органической химии. Эти задачи помогают учащимся не только понять принципы построения молекул, но и развить аналитические способности, необходимые для решения более сложных химических проблем. Рассмотрим основные методы, которые могут быть использованы для вывода формул органических веществ.

Алгоритм 1. Нахождение молекулярной формулы газообразного вещества на основании его относительной плотности.

Относительная плотность газа — это величина, которая показывает, во сколько раз масса одного объема данного газа больше массы одного объема водорода при одинаковых условиях температуры и давления.

Для нахождения молекулярной формулы газообразного вещества на основании его относительной плотности нужно выполнить следующие шаги:

Использовать формулу для относительной плотности: $D = M/M_{H_2}$, где D — относительная плотность газа, M — молекулярная масса вещества, M_{H_2} — молекулярная масса водорода (2 г/моль). Из полученного значения молекулярной массы можно вычислить молекулярную формулу, зная, какое вещество анализируется [5].

Задача №1. Некоторый углеводород, относящийся к гомологическому ряду алкинов, имеет плотность паров по водороду, равную 20. Выведите формулу углеводорода.

Дано: $D_{H_2} = 20$ Найти: C_nH_{2n-2} -?

Решение: 1) Плотность паров углеводорода по водороду определяет отношение молекулярной массы углеводорода к молекулярной массе водорода:

$$D_{H_2} = \frac{M(C_nH_{2n-2})}{M_{H_2}}$$

2) Из этой формулы молярная масса неизвестного алкина: $M(C_nH_{2n-2}) = D_{H_2} \cdot M_{H_2} = 20 \cdot 2 \text{ г/моль} = 40 \text{ г/моль}$, тогда:

$$3) C_nH_{2n-2} = 40$$

$$12n + 2n - 2 = 40$$

$$14n = 42; n = 3$$

Так как $n=3$, то молекула углеводорода содержит 3 атома углерода. Подставляем это значение в общую формулу алкинов C_nH_{2n-2} и получим: C_3H_4

Ответ: Формула углеводорода — C_3H_4 . Это — пропин, один из членов гомологического ряда алкинов.

Алгоритм 2. Нахождение молекулярной формулы вещества в газообразном состоянии по его элементному составу. Для решения этой задачи необходимо:

1) Определить процентное содержание каждого элемента в веществе.

2) Перевести процентное содержание в количество молей каждого элемента.

3) Рассчитать соотношение молей элементов, что приведет к нахождению эмпирической формулы.

4) Используя данные о молекулярной массе вещества, найти молекулярную формулу.

Решая задачи по нахождению молекулярной формулы газообразного вещества, следует использовать формулу расчета массовой доли элемента в веществе:

$$\omega(X) = \frac{n \cdot Ar(X)}{m(\text{вещество})} \quad (1); \quad n = \frac{\omega(X) \cdot m(\text{вещество})}{Ar(X)} \quad (2)$$

Задача №2. Вывести молекулярную формулу хлорпроизводного предельного углеводорода с массовой долей хлора 89,9% и углерода 10,1%. Относительная молекулярная масса этого соединения 237.

Дано: $\omega(Cl) = 89,9\% = 0,899$; $\omega(C) = 10,1\% = 0,101$; $M_r(C_xCl_y) = 237$

Найти: C_xCl_y -?

Решение: 1) Зная элементный состав вещества, составим его формулу C_xCl_y , обозначив буквами x , y число атомов каждого элемента.

2) Для нахождения x , y используем формулу (2):

$$n = \frac{0,899 \cdot 237}{35,5} = 6; \quad x = 6$$

$$n = \frac{0,101 \cdot 237}{12} = 2; \quad y = 2$$

3) Молекулярная формула вещества — C_2Cl_6 — гексахлорэтан C_2Cl_6

Задача №3. Определить формулу алкана, массовая доля водорода в котором составляет 18 %.

Дано: $\omega(H) = 18\%$ *Найти:* C_nH_{2n+2} -?

Решение: Общая формула алканов C_nH_{2n+2} . Составим пропорцию:

$$\frac{2n + 2}{12n} = \frac{18,18}{81,81}$$

$$81,81(2n + 2) = 12n \cdot 18,18$$

$$163,62n + 163,62 - 218,16n = 0$$

$$-54,54n = -163,62 (-1)$$

$$54,54n = 163,62$$

$$n = 3$$

Откуда $n=3$. Следовательно, искомым углеводород — это пропан C_3H_8 .

Задача №4. Установите возможную формулу амина, если по результатам анализа массовая доля углерода — 77,42%, водорода — 7,53%, азота составляет 15,05%,

Дано: $\omega(N)=15,05\%$; $\omega(C)=77,42\%$; $\omega(H)=7,53\%$ *Найти:* $C_xH_yN_z$ -?

Решение: Для решения данной задачи примем массу вещества за 100 г.

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

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

$$m(C) = \frac{77,42\% \cdot 100\text{г}}{100\%} = 77,42\text{г}$$

$$m(H) = \frac{7,53\% \cdot 100\text{г}}{100\%} = 7,53\text{г}$$

$$m(N) = \frac{15,05\% \cdot 100\text{г}}{100\%} = 15,05\text{г}$$

Тогда $m(N) = 15,05$; $m(C) = 77,42$; $m(H) = 7,53$.

Найдем количества каждого вещества.

$$n(C) = \frac{77,42}{12} = 6,45; n(H) = \frac{7,53}{1} = 7,53; n(N) = \frac{15,05}{14} = 1,075;$$

Оформим решение задачи в виде Таблицы 1.

Таблица 1

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

Химический элемент	$\omega(\%)$	$M(\text{г})$	моль	n
C	77,42	77,42	6,45	6
H	7,53	7,53	7,53	7
N	15,05	15,05	1,07	1
Σ	100	100		

Результаты расчетов показывают, что формула данного соединения C_6H_7N . $C_6H_5NH_2$ — это анилин или фениламин.

Алгоритм 3. Решение расчетных задач на вывод молекулярной формулы вещества по массе (объему) продуктов сгорания. Алгоритм решения подобных заданий заключается в следующем:

- 1) Определяем общую формулу гомологического ряда, к которому относится соединение.
- 2) Записываем реакцию исследуемого вещества с реагентом.
- 3) По массе (или конечного продукта) находим его количество.
- 4) По количеству или делаем вывод о количестве.

5) Зная массу и его количество, рассчитываем молярную массу исследуемого вещества.

6) По молярной массе и общей формуле гомологического ряда определяем молекулярную формулу.

7) Кроме этого требуется также определить возможные структурные формулы веществ, которые отвечают установленной молекулярной формуле. Общие формулы гомологических рядов представлены в Таблице 2.

Таблица 2

ОБЩИЕ ФОРМУЛЫ ГОМОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ

Гомологический ряд	Общая формула	Молекулярная масса
Алканы	C_nH_{2n+2}	$14n+2$
Алкены	C_nH_{2n}	$14n$
Алкины	C_nH_{2n-2}	$14n-2$
Диены	C_nH_{2n-2}	$14n-2$
Циклоалканы	C_nH_{2n}	$14n$
Арены	C_nH_{2n-6}	$14n-6$
Моногалогеналканы	$C_nH_{2n+1}X$	$14n+1+M_x$
Дигалогеналканы	$C_nH_{2n}X_2$	$14n+2+M_x$
Предельные одноатомные спирты	$C_nH_{2n+1}OH$ или $C_nH_{2n+2}O$	$14n+18$
Альдегиды	$C_nH_{2n+1}COH$ или $C_nH_{2n}O$	$14n+16$
Предельные одноосновные карбоновые кислоты	$C_nH_{2n+1}COOH$ или $C_nH_{2n}O_2$	$14n+32$
Простые эфиры	$C_nH_{2n+2}O$	$14n+18$
Первичные амины	$C_nH_{2n+1}NH_2$ или $C_nH_{2n+3}N$	$14n+17$
Аминокислоты	$NH_2C_nH_{2n}COOH$	$14n+61$
Трехатомный спирт	$C_nH_{2n+1}(OH)_3$ или $C_nH_{2n+2}O_3$	$14n+50$
Сложные эфиры	$C_nH_{2n}O_2$	$14n+32$

Задачи на вывод молекулярной формулы по продуктам сгорания часто связаны с определением массы углекислого газа и воды, выделяющихся при горении органического вещества. Для этого:

1) Используются данные о массе углекислого газа и воды, образующихся в реакции сгорания. Эти данные помогают нам понять, сколько углерода и водорода содержится в исследуемом веществе, поскольку углекислый газ состоит из углерода и кислорода, а вода – из водорода и кислорода.

2) Применяются законы сохранения массы и химического состава. Закон сохранения массы (масса реагентов равна массе продуктов реакции) позволяет вычислить количество элементов, образующихся в реакции. Важно помнить, что при сгорании органических веществ углерод полностью переходит в углекислый газ (CO_2), а водород — в воду (H_2O).

Задача №5. При сгорании неизвестного органического веществам массой 4,6 г в избытке кислорода образовалось 8,8 г углекислого газа и 5,4 г воды. Определите возможную формулу вещества, если известно, что оно является простым эфиром.

Дано: $m(\text{орг.в-во})=4,6\text{г}$; $m(CO_2)=8,8\text{г}$; $m(H_2O)=5,4\text{г}$.

Найти: $C_nH_{2n+2}O$ -?

Решение: 1) Найдем количество углекислого газа:

$$n(CO_2) = \frac{m}{M} = \frac{8,8\text{г}}{44\text{г/моль}} = 0,2\text{моль}$$

2) Так как в одной молекуле CO_2 один атом углерода, то количество углерода тоже равно 0,2 моль. Масса углерода равна $m(\text{C}) = n \cdot M = 0,2 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 2,4 \text{ г}$.

3) Найдем количество воды:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{5,4 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

4) Так как в одной молекуле воды два атома водорода, то количество водорода равно 0,4 моль.

Масса водорода равна: $m(\text{H}) = n \cdot M = 0,6 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г}$.

5) Рассчитаем суммарную массу водорода и углерода: $m(\text{C}) + m(\text{H}) = 2,4 + 0,6 = 3 \text{ г}$.

6) Исходя из того, что масса вещества равна 4,6 г на кислород приходится: $m(\text{ор.в-во}) - m(\text{C+H}) = 4,6 \text{ г} - 3 \text{ г} = 1,6 \text{ г}$.

7) Теперь найдем количество кислорода: $n(\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{1,6 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$

8) Полученные соотношения веществ: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0,2 : 0,6 : 0,1$.

9) Следовательно простейшая формула вещества: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, то есть диметилэфир.

Заключение

Решение задач на вывод формул органических соединений требует навыков работы с химическими реакциями и математическими вычислениями. Знание методов, таких как использование относительной плотности, элементного состава или продуктов сгорания, позволяет точно определить молекулярные формулы веществ и глубже понять их структуру и свойства. Эти задачи являются важным этапом в изучении органической химии и развивают аналитические способности, необходимые для решения более сложных химических проблем.

Список литературы:

1. Ерыгин Д. П., Шишкин Е. А. Методика решения задач по химии. М.: Просвещение 1989. 176 с.
2. Сорокин В. В., Загорский В. В., Свитанько И. В. Задачи химических олимпиад. М.: МГУ, 1989. 256 с.
3. Штремплер Г. И., Хохлова А. И. Методика решения расчетных задач по химии 8-11 кл. М.: Просвещение, 2001. 207 с.
4. Цитович И. К., Протасов П. Н. Методика решения расчетных задач по химии. М.: Просвещение, 1983.
5. Арстанбекова Н. Б. Химия боюнча маселелер жыйнагы. Бишкек, 2017. 231б.
6. Арстанбекова Н. Б. Задачи областной олимпиады школьников по химии // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №6. С. 630-643. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/74>
7. 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>
8. Арстанбекова Н. Б., Абдувахובהва Д. А. Жогорку окуу жайларында “химиялык эсептерди чыгаруунун усулдары” курсун окутуунун айрым аспекти // Вестник Жалал-Абадского государственного университета. 2023. №S2(55). С. 149-154.

References:

1. Erygin, D. P., & Shishkin, E. A. (1989). Metodika resheniya zadach po khimii. Moscow. (in Russian).

2. Sorokin, V. V., Zagorskii, V. V., & Svitan'ko, I. V. (1989). Zadachi khimicheskikh olimpiad. Moscow. (in Russian).
3. Shtrempler, G. I., & Khokhlova, A. I. (2001). Metodika resheniya raschetnykh zadach po khimii 8-11kl. Moscow. (in Russian).
4. Tsitovich, I. K., & Protasov, P. N. (1983). Metodika reshenich raschetnykh zadach po khimii. Moscow. (in Russian).
5. Arstanbekova, N. B. (2017). Sbornik zadach po khimii. Bishkek. (in Kyrgyz).
6. Arstanbekova, N. (2024). Objectives of the Regional Chemistry Olympiad. *Bulletin of Science and Practice*, 10(6), 630-643. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/74>
7. 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>
8. Arstanbekova, N. B., & Abduvakhobova, D. A. (2023). Nekotorye aspekty prepodavaniya kursa "Metody khimicheskikh raschetov" v vysshikh uchebnykh zavedeniyakh. *Vestnik Zhalal-Abadskogo gosudarstvennogo universiteta*, (S2(55)), 149-154. (in Kyrgyz).

Работа поступила
в редакцию 18.02.2025 г.

Принята к публикации
25.02.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Арстанбекова Н. Б. Установление формулы органического вещества алгебраическим способом // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №4. С. 12-18. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/01>

Cite as (APA):

Arstanbekova, N. (2025). Determination of the Formyla of an Organic Substance by the Algebraic Method. *Bulletin of Science and Practice*, 11(4), 12-18. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/01>