

Розрахункові задачі № 2. Виведення молекулярної формули речовини за загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною

За загальною формулою сполук можна записати рівняння для відносної молекулярної маси.

Загальною формулою алканів є C_nH_{2n+2} . Якщо молекула алкану містить n атомів Карбону, то загальна маса всіх атомів Карбону становитиме $12n$ (оскільки $A_r(C) = 12$). У цій молекулі міститься також $2n + 2$ атомів Гідрогену, загальна маса яких дорівнює також $2n + 2$ (оскільки $A_r(H) = 1$). Отже, рівняння для обчислення відносної молекулярної маси алканів:

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = n \cdot A_r(C) + (2n + 2) \cdot A_r(H) = n \cdot 12 + (2n + 2) \cdot 1 = 14n + 2$$

Оскільки відносна молекулярна маса та молярна маси чисельно однакові, то для алканів:

$$M(C_nH_{2n+2}) = 14n + 2$$

Так само можна вивести загальні формули для обчислення молярної маси сполук інших класів:

- алкенів $M(C_nH_{2n}) = 14n$;
- алкінів $M(C_nH_{2n-2}) = 14n - 2$;
- аренів $M(C_nH_{2n-6}) = 14n - 6$;
- насичених одноатомних спиртів $M(C_nH_{2n+1}OH) = 14n + 18$.

Задача 1. Визначте формулу алкану з молярною масою 72 г/моль.

Розв'язання:

За умовою відомо, що сполука є алканом, тому використовуємо формулу для молярної маси алканів:

$$M(C_nH_{2n+2}) = 14n + 2.$$

Підставляємо значення молярної маси в рівняння:

$$14n + 2 = 72; n = 5.$$

Отже, невідома сполука містить у молекулах по 5 атомів Карбону. Підставляємо число 5 у загальну формулу алканів і отримуємо молекулярну формулу C_5H_{12} .

Відповідь: формула сполуки C_5H_{12} .

Виведення молекулярної формули речовин за відносною густиною

Цей алгоритм застосовують:

- для газуватих або летких сполук;

- якщо з умови задачі відомо, до якого класу належить сполука, тобто відома загальна формула або масові частки елементів у сполуці;
- якщо відома відносна густина.

Цей тип задач нагадує задачі з попереднього підрозділу, але формулу для визначення молярної маси речовини виводимо за відносною густиною. Відносна густина газу є часткою від ділення молярних мас невідомого (В) та відомого (А) газів:

$$D_A(B) = \frac{M(B)}{M(A)} \quad (1)$$

Отже, молярну масу невідомого газу обчислюємо за формулою:

$$M(B) = M(A) \cdot D_A(B) \quad (2)$$

Слід пам'ятати, що відносну густина можна обчислювати відносно повітря, у цьому випадку використовують середню молярну масу повітря, що дорівнює 29 г/моль.

Задача 2. Визначте формулу алкіну, відносна густина якого за гелієм становить 13,5.

Розв'язання:

Спочатку обчислюємо молярну масу алкіну за формулою (2). Оскільки відома відносна густина за гелієм, то для розрахунку використовуємо молярну масу гелію $M(\text{He}) = 4$ г/моль:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = M(\text{He}) \cdot D_{\text{He}}(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = 4 \text{ г/моль} \cdot 13,5 = 54 \text{ г/моль}.$$

Далі використовуємо формулу для молярної маси алкінів і визначаємо сполуку:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = 14n - 2; 14n - 2 = 54; n = 4.$$

Отже, невідома сполука містить у молекулах по 4 атоми Карбону. Підставляємо число 4 в загальну формулу алкінів і отримуємо молекулярну формулу C_4H_6 .

Відповідь: формула сполуки C_4H_6 .

Частіше трапляються комбіновані задачі, в яких є дані про відносну густина, але невідомо, до якого класу належить речовина. Замість цього відомі масові частки елементів у сполуці. Але, використовуючи масові частки, можна вивести лише емпіричну формулу речовини — це формула, що показує співвідношення числа атомів різних елементів у сполуці. На відміну від молекулярної формули, що відображає реальний склад молекули.

У більшості неорганічних сполук емпірична та молекулярна формули співпадають, але серед органічних сполук частіше трапляється навпаки. Наприклад, молекула етану містить два атоми Карбону та шість атомів Гідрогену: молекулярна формула етану — C_2H_6 . Але в молекулі етану на один атом Карбону припадає три атоми Гідрогену: емпірична формула етану — CH_3 . І таких випадків досить багато:

Емпірична формула:	Молекулярна формула:
HO	H_2O_2 — гідроген
CH_3	пероксид
CH_2	C_2H_6 — етан
CH	C_2H_4 , C_3H_6 та інші алкени
CH_2O	C_6H_6 — бензен
	метаналь CH_2O , етанова
	$C_2H_4O_2$ та молочна
	$C_3H_6O_3$ кислоти, глюкоза
	$C_6H_{12}O_6$ тощо

У таких задачах за масовими частками спочатку визначаємо емпіричну формулу, а за відносною густиною встановлюємо молекулярну формулу.

Задача 3. Визначте молекулярну формулу вуглеводню, в якому масова частка Карбону становить 84,2 %, а відносна густина його випарів за повітрям дорівнює 3,93.

Розв'язання:

Записуємо умовну формулу вуглеводню C_xH_y . Масова частка Гідрогену: $100\% - 84,2\% = 15,8\%$.

Визначаємо співвідношення індексів:

$$x : y = \frac{84,2}{12} : \frac{15,8}{1} = 7,02 : 15,8.$$

Визначаємо індекси в емпіричній формулі. Перетворюємо співвідношення так, щоб усі числа в ньому були цілими, для чого поділимо всі числа у співвідношенні на найменше серед них, у даному випадку на 7,02:

$$x : y = 7,02 : 15,8 = 1 : 2,25, \text{ а потім помножимо на } 4:$$

$$x : y = 1 : 2,25 = 4 : 9.$$

Отримуємо формулу C_4H_9 , але речовини з такою формулою не існує, отже, в цьому випадку емпірична та молекулярна формули не співпадають.

За формулою (2) обчислюємо молярну масу вуглеводню за відносною густиною. Для розрахунку використовуємо середню молярну масу повітря $M(\text{повітря}) = 29 \text{ г/моль}$:

$$M(C_xH_y) = M(\text{повітря}) \cdot D_{\text{пов.}}(C_xH_y) = 29 \text{ г/моль} \cdot 3,93 = 114 \text{ г/моль}.$$

Якби формула речовини була C_4H_9 , то її молярна маса дорівнювала б 57 г/моль ($12 \cdot 4 + 1 \cdot 9$), що вдвічі менше за обчислену нами. Отже, індекси в емпіричній формулі слід помножити на 2. Отримуємо молекулярну формулу C_8H_{18} .

Відповідь: формула сполуки — C_8H_{18} .

Виведення молекулярної формули речовин за густиною

Цей алгоритм застосовують:

- для газуватих або летких сполук;
- якщо відомо, до якого класу належить сполука, тобто відома загальна формула або відомі масові частки елементів у сполуці;
- якщо відома густина газу або випарів рідини.

Замість відносної густини для виведення молекулярної формули можна використовувати й звичайну густина. Знаючи густина, можна також обчислити молярну масу речовини. Густина обчислюють, знаючи масу та об'єм речовини:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Якщо в нас є речовина кількістю 1 моль, то маса речовини такої кількості дорівнюватиме молярній масі сполуки M , а об'єм — молярному об'єму V_m . Отже,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_m} \quad (4)$$

Зверніть увагу, що в шкільному курсі ми маємо справу з об'ємами газів, виміряними за нормальних умов. У цьому разі ми можемо використовувати

значення молярного об'єму, що дорівнює 22,4 л/моль. Із наведеної формули (4) видно, що густина залежить від об'єму, а отже, й від умов вимірювання. У задачах, що ми тут обговорюємо, густина випарів має бути такою, якби вона була виміряна за нормальних умов.