ТЕМА: Виведення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції.

Виведення молекулярної формули речовини не є новим для вас типом задач. Ви вже опанували кілька способів розв'язування їх (пригадайте ці способи). Під час опрацювання параграфа ви пересвідчитеся, що молекулярну формулу речовини можна вивести не лише за масовими частками хімічних елементів, а ще й за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів чи продуктів реакції. Адже масові частки хімічних елементів розраховували саме на основі цих експериментальних даних, одержаних у результаті проведення кількісного елементного аналізу. Для органічних речовин він полягає в руйнуванні їх шляхом спалювання та подальшого кількісного вловлювання продуктів згоряння.

Розгляньмо приклади. *Задача 1.* Унаслідок згоряння органічної речовини X масою 60 г утворився карбон(IV) оксид об'ємом 44,8 л (н. у.) і вода масою 36 г. Визначте молекулярну формулу речовини X, відносна густина пари якої за воднем дорівнює 30.

За законом збереження маси речовин, увесь Карбон, який містився в речовині X, перейшов до складу карбон(IV) оксиду - продукту її згоряння, а весь Гідроген - до складу води, що утворилася.

Обчислімо кількості речовин карбон(IV) оксиду й води:

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m(CO_2)}; \qquad n(CO_2) = \frac{44{,}8\ л}{22{,}4\ \frac{л}{моль}} = 2\ моль;$$

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}; \qquad n(H_2O) = \frac{36\ г}{18\ \frac{г}{моль}} = 2\ моль.$$

Обчислімо кількості речовин Карбону та Гідрогену в них. У молекулі карбон(IV) оксиду один атом Карбону, тому

$$n(C) = n(CO_2) = 2\ моль.$$

У молекулі води два атоми Гідрогену, тому

$$n(H) = 2_n(H_2O) = 4\ моль.$$

Обчислімо масу Карбону в карбон(IV) оксиді й масу Гідрогену у воді:

$$m(C) = n(C)M(C); \qquad m(C) = 2\ моль \cdot 12\ \frac{г}{моль} = 24\ г;$$

$$m(H) = n(H)M(H); \qquad m(H) = 4\ моль \cdot 1\ \frac{г}{моль} = 4\ г.$$

Обчислімо суму мас Карбону й Гідрогену в продуктах реакції:

$$m(C) + n(H) = 24\ г + 4\ г = 28\ г.$$

Порівнявши її з масою речовини X, доходимо висновку, що до її складу, окрім Карбону й Гідрогену, входить Оксиген. Його маса дорівнює різниці між масою речовини X і сумою мас Карбону й Гідрогену в продуктах її згоряння:

$$m(C) = m(X) - (m(C) + m(H)) = 60\ г - 28\ г = 32\ г.$$

Обчислімо кількість речовини Оксигену в речовині X:

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \qquad n(O) = \frac{32\ г}{16\ \frac{г}{моль}} = 2\ моль.$$

Отже, співвідношення числа атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену в речовині X таке:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 2\ моль : 4\ моль : 2\ моль.$$

Скоротивши, дістанемо співвідношення:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 1 : 2 : 1.$$

Найпростіша формула речовини X – CH_2O, їй відповідає молярна маса $30\ \frac{г}{моль}$. Щоб вивести істинну формулу речовини X, обчислимо її молярну масу:

$$M(X) = D_{(H_2)}M(H_2) = 30 \cdot 2\ \frac{г}{моль} = 60\ \frac{г}{моль}.$$

Отже, молекулярна формула речовини X - $C_2H_4O_2$.

Задача 2. Унаслідок згоряння оксигеновмісної речовини масою 2,3 г утворився карбон(IV) оксид масою 4,4 г і вода масою 2,7 г. Визначте молекулярну формулу цієї речовини, відносна густина пари якої за воднем становить 23.

Обчислімо відносну молекулярну масу речовини $C_xH_yO_z$ як добуток її відносної густини за воднем на відносну молекулярну масу водню:

$$M_r(X) = 2D_{(H2)}(X).$$

Запишемо рівняння реакції, узявши до уваги, що весь Карбон у складі речовини X перейде до складу карбон(IV) оксиду, а Гідроген - до складу води, і складемо пропорції:

$$\begin{array}{ccccccc} 2{,}3\ г & & & 4{,}4\ г & & 2{,}7\ г \\ C_xH_yO_z & + & O_2 & \rightarrow & xCO_2 & + & \frac{y}{2}H_2O \\ 46\ \frac{г}{моль} & & & & x \cdot 44\ \frac{г}{моль} & & \frac{y}{2}\ 18\ \frac{г}{моль} \end{array}$$

$$2{,}3 : 46 = 4{,}4 : (x \cdot 44); \qquad x \cdot 44 \cdot 2{,}3 = 46 \cdot 4{,}4;$$

$$x = \frac{46 \cdot 4{,}4}{44 \cdot 2{,}3}; \qquad x = 2.$$

Аналогічно:

$$2{,}3 : 46 = 2{,}7 : \left(\frac{y}{2} \cdot 18\right); \qquad 2{,}3 : 46 = 2{,}7 : (y : 9);$$

$$46 \cdot 2{,}7 = 2{,}3 \cdot 9y; \qquad y = \frac{46 \cdot 2{,}7}{2{,}3 \cdot 9}; \qquad y = 6.$$

Підставимо отримані індекси x та y у формулу для обчислення відносної молекулярної маси речовини X $C_xH_yO_z$ і визначимо індекс z:

$$M_r(C_xH_yO_z) = xA_r(C) + yA_r(H) + zA_r(O);$$

$$z = \frac{M_r(C_xH_yO_z) - xA_r(C) - yA_r(H)}{A_r(O)}; \qquad z = \frac{46 - 2 \cdot 12 - 6 \cdot 1}{16}; \qquad z = 1.$$

Отже, молекулярна формула речовини - C_2H_6O.

• *Складіть структурні формули ізомерів речовини складу C_2H_6O. Назвіть речовину, структурну формулу якої ви вивчили в 9 класі.

Задача 3. На спалювання алкану витратили кисень об'ємом 212,8 л (н. у.). Визначте молекулярну формулу алкану.

Загальна формула алканів - C_nH_{2n+2}. Рівняння реакції горіння алкану таке:

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O.$$

Обчислімо кількість речовини кисню, витраченого на спалювання алкану:

$$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m(O_2)}; \qquad n(O_2) = \frac{212{,}8 \text{ л}}{22{,}4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 9{,}5 \text{ моль}.$$

Складемо й розв'яжемо рівняння:

$$\frac{3n+1}{2} = 9{,}5; \qquad 3n + 1 = 19; \qquad n = 6.$$

Отже, молекулярна формула алкану C_6H_{14}.

Задача 4. Унаслідок згоряння хлоровмісної органічної речовини X, яка не містить Оксигену, утворився карбон(IV) оксид об'ємом 4,48 л (н. у.), вода масою 3,6 г і гідроген хлорид масою 7,3 г. Визначте молекулярну формулу речовини X, відносна густина якої за киснем - 1,58.

Обчислімо: 1) кількість речовини карбон(IV) оксиду як частку від ділення його об'єму на молярний об'єм, води і гідроген хлориду - як частки від ділення їхніх мас на молярні маси; 2) кількість речовини Карбону в карбон(IV) оксиді, Гідрогену у воді,

Гідрогену й Хлору в гідроген хлориді; 3) співвідношення числа атомів Карбону, Гідрогену й Хлору в молекулі речовини X:

Формула речовини	Кількісні дані щодо речовин, наведені в умові задачі	Кількість речовини, моль	Символ хімічного елемента	Кількість речовини елемента, моль		Співвід кількосте елем
CO_2	4,48 л	0,2	C	0,2		
H_2O	3,6 г	0,2	H	0,4	0,6	
HCl	7,3 г	0,2	H	0,2		
			Cl	0,2		

Отже, найпростіша формула речовини X – CH_3Cl, їй відповідає молярна маса $50{,}5\ \frac{г}{моль}$. Обчислімо молярну масу речовини X як добуток її відносної густини за киснем на молярну масу кисню: $M(X) = 1{,}58 \cdot 32\ \frac{г}{моль} \approx$

$\approx 50{,}5\ \frac{г}{моль}$. Вочевидь, найпростіша формула CH_3Cl є істинною (молекулярною) формулою речовини X.