

МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ХІМІЇ У 10 КЛАСІ

Тетяна **ВОРОНЕНКО**, кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник відділу біологічної, хімічної та фізичної освіти Інституту педагогіки НАПН України

У навчальних програмах з хімії (рівня стандарту і профільного рівня) зазначено такі типи задач: виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів; виведення молекулярної формули речовини за загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною; виведення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції; обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму за кількістю речовини, масою або об'ємом реагента, що містить певну частку домішок. Окрім цих типів задач, що вводяться вперше, передбачається розв'язування задач й інших, раніше вивчених, типів на прикладі органічних сполук.

Основні поняття: гомологи, гомологічний ряд, молекулярна формула, загальна формула груп або класів сполук (таблиця).

Гомологічний ряд – це група органічних сполук, що мають подібні будову молекул і хімічні властивості й різняться за складом на одну або декілька груп CH_2 .

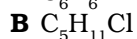
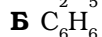
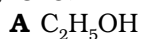
Гомологи – це сполуки, що входять до одного і того самого гомологічного ряду.

Т а б л и ц я

Загальні формули груп або класів сполук

Назва	Загальна формула
Алкани	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
Алкени, циклоалкани	C_nH_{2n}
Алкіни, алкадієни	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
Арени	$\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$
Алконоли (спирти)	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$
Алканали (альдегіди)	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COH}$
Карбонові кислоти	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$

Задача 1. Укажіть формулу сполуки, якщо відносна густина її пари за киснем становить 1,4375.



© Вороненко Т. І., 2021

Дано:	Допоміжні дані
$D_{\text{(за киснем)}} = 1,4375$	$M_r(\text{O}_2) = 32$
Формула – ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу кисню:

$$M_r(\text{O}_2) = 32.$$

Крок 2. Обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки за її відносною густиною за киснем:

$$M_r(\text{X}) = D_{\text{(за киснем)}} \cdot M_r(\text{O}_2)$$

$$M_r(\text{X}) = 1,4375 \cdot 32 = 46.$$

Крок 3. Обчислюємо відносні молекулярні маси речовин, формули яких наведено.

$$M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46;$$

$$M_r(\text{C}_6\text{H}_6) = 78;$$

$$M_r(\text{CH}_3\text{OH}) = 32.$$

Крок 4. Визначаємо формулу сполуки. Для цього порівнюємо маси сполук з обчисленими. Умові задачі відповідає формула $M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.

В і д п о в і д ь: А.

Задача 2. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, якщо його відносна густина за азотом становить 1.

Дано:	Допоміжні дані
$D_{\text{(за азотом)}} = 1$	$M_r(\text{N}_2) = 28$
C_xH_y	$A_r(\text{C}) = 12$
Формула – ?	$A_r(\text{H}) = 1$

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо відносну молекулярну масу вуглеводню за формулою:

$$D = \frac{M_r(\text{X})}{M_r(\text{Y})}$$

Звідси

$$M_r(\text{X}) = D M_r(\text{Y})$$

Підставляємо значення:

$$M_r(\text{вуглеводню}) = 1 \cdot 28 = 28.$$

Крок 2. Знаходимо молекулярну формулу вуглеводню. Вуглеводні у своєму складі містять лише Карбон і Гідроген. Отже,

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = M(\text{C}_x\text{H}_y) = 28.$$

Крок 3. Знаходимо кількість атомів Карбону в молекулі. Відносна атомна маса Карбону у 12 разів більша за відносну атомну масу Гідрогену. Тому знаходимо кількість атомів Карбону (x), що можуть входити до складу молекули:

$$x(\text{C}) = 28 : 12 = 2,3.$$

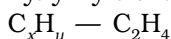
Отже, кількість цілих атомів Карбону в молекулі вуглеводню дорівнює 2.

Крок 4. Знаходимо кількість атомів Гідрогену в молекулі:

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 2 \cdot 12 + y \cdot 1 = 28;$$

$$y = 28 - (2 \cdot 12) = 4.$$

Крок 5. Виводимо молекулярну формулу вуглеводню. Підставляємо кількість атомів Карбону і Гідрогену у формулу вуглеводню:



В і д п о в і д ь: C_2H_4 .

Задача 3. Виведіть молекулярну формулу органічної сполуки, молекула якої містить 1 атом Оксигену, якщо густина пари її дорівнює 2,05 г/л.

Дано:	Допоміжні дані
$N(\text{O}_2) = 1$ атом	$M_r(\text{N}_2) = 28$
$\rho = 2,05$ г/л	$A_r(\text{C}) = 12$
$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$	$A_r(\text{H}) = 1$
	$A_r(\text{O}) = 16$
	$V_M = 22,4$ л/моль
Формула - ?	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо молярну масу сполуки за формулою:

$$\rho = \frac{M}{V_M},$$

звідси

$$M = \rho V_M.$$

Підставляємо значення:

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 2,05 \cdot 22,4 = 45,92 \approx 46 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 2. Обчислюємо масу Карбону і Гідрогену в молекулі.

Сполука містить 1 атом Оксигену, $A_r(\text{O}) = 16$. Отже,

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 46 - 16 = 30.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість атомів Карбону в молекулі.

Відносна атомна маса Карбону у 12 разів більша за відносну атомну масу Гідрогену. Тому знаходимо кількість атомів Карбону (x), що можуть входити до складу молекули:

$$x(\text{C}) = 30 : 12 = 2,5.$$

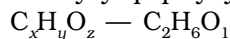
Отже, ціле число атомів Карбону в молекулі вуглеводню дорівнює 2.

Крок 4. Знаходимо кількість атомів Гідрогену в молекулі:

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 2 \cdot 12 + y \cdot 1 = 30.$$

$$y = 30 - (2 \cdot 12) = 6.$$

Крок 5. Виводимо молекулярну формулу сполуки. Підставляємо кількість атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену у формулу:



В і д п о в і д ь: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

Задача 4. Відносна молекулярна маса оксигеновмісної органічної сполуки дорівнює 122. Масо-

ві частки Карбону, Гідрогену й Оксигену становлять відповідно 0,6885; 0,0495 і 0,262. Виведіть молекулярну формулу оксигеновмісної сполуки.

Дано:	Допоміжні дані
$w(\text{C}) = 0,6885$	$M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 122$
$w(\text{H}) = 0,0495$	$A_r(\text{C}) = 12$
$w(\text{O}) = 0,262$	$A_r(\text{H}) = 1$
	$A_r(\text{O}) = 16$
$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z - ?$	

Розв'язання

Позначимо формулу сполуки $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, де x , y , z - кількість атомів елементів у молекулі.

Варіант I

Крок 1. Обчислюємо кількість атомів кожного з елементів в молекулі за формулою:

$$n(\text{елемента}) = \frac{M_r(\text{речовини})w}{A_r(\text{елемента})},$$

де n - кількість атомів елемента; w - масова частка елемента в речовині.

$$n(\text{C}) = 122 \cdot 0,6885 / 12 = 6,99 \approx 7 \text{ (атомів);}$$

$$n(\text{H}) = 122 \cdot 0,0495 / 1 = 6,039 \approx 6 \text{ (атомів);}$$

$$n(\text{O}) = 122 \cdot 0,262 / 16 = 1,99 \approx 2 \text{ (атоми).}$$

Формула сполуки - $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

Крок 2. Перевіряємо:

$$M_r(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2) = 12 \cdot 7 + 1 \cdot 6 + 16 \cdot 2 = 122.$$

За умовою, відносна молекулярна маса невідомої сполуки дорівнює 122.

В і д п о в і д ь: $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

Варіант II

Крок 1. Молекула складається з трьох елементів. Запишемо співвідношення атомів елементів як відношення масової частки і відносної атомної маси кожного з них:

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{w(\text{C})}{A_r(\text{C})} : \frac{w(\text{H})}{A_r(\text{H})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})}$$

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 68,85/12 : 4,95/1 : 26,2/16 = 5,73 : 4,95 : 1,64.$$

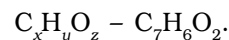
Крок 2. Поділимо одержані числа на найменше (1,64):

$$5,73/1,64 : 4,95/1,64 : 1,64/1,64 = 3,5 : 3 : 1.$$

Крок 3. Для отримання цілих чисел (кількість атомів може бути тільки цілим числом) помножимо відповідь на 2:

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = 7 : 6 : 2.$$

Крок 4. Підставляємо отримані числа у формулу сполуки:



Крок 5. Перевіряємо відповідь:

$$M_r(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2) = 122.$$

Відносна молекулярна маса шуканої сполуки дорівнює відносній молекулярній масі сполуки за умовою задачі.

В і д п о в і д ь: $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

Задача 5. Виведіть молекулярну формулу арени, якщо відносна молекулярна маса його дорівнює 92.

Дано:	Допоміжні дані
$M(C_nH_{2n-6}) = 92$	$A_r(C) = 12$
Формула – ?	$A_r(H) = 1$

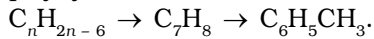
Розв'язання

Загальна формула аренив C_nH_{2n-6} .

Крок 1. Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$\begin{aligned} C_nH_{2n-6} \\ 12n + 2n - 6 &= 92. \\ 14n &= 92 + 6 \\ 14n &= 98 \\ n &= 98 : 14 = 7. \end{aligned}$$

Крок 2. Підставляємо отримане число в загальну формулу:



В і д п о в і д ь: $C_6H_5CH_3$.

Задача 6. Виведіть молекулярну формулу алкану, якщо відносна густина його за воднем становить 29.

Дано:	Допоміжні дані
$D(\text{за воднем}) = 29$	C_nH_{2n+2}
Формула – ?	$M_r(H_2) = 2$
	$A_r(C) = 12$
	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Крок 1. Знаходимо відносну молекулярну масу алкану за формулою:

$$D = \frac{M_r(X)}{M_r(Y)}$$

звідси

$$M_r(X) = DM_r(Y).$$

Підставляємо значення у формулу:

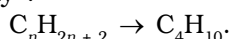
$$M_r(\text{алкан}) = 29 \cdot 2 = 58.$$

Крок 2. Виводимо молекулярну формулу алкану. Загальна формула алканів C_nH_{2n+2} .

Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$\begin{aligned} 12n + 2n + 2 &= 58. \\ 14n &= 58 - 2 \\ n &= 56 : 14 = 4. \end{aligned}$$

Крок 3. Підставляємо отримане число в загальну формулу:



В і д п о в і д ь: C_4H_{10} .

Задача 7. Карбонову кислоту використовують як антисептик для обробки бджолиних вуликів. Виведіть молекулярну формулу цієї сполуки, якщо маса 5 л її пари становить 10,27 г.

Дано:	Допоміжні дані
$V(C_nH_{2n+1}COOH) = 5 \text{ л}$	$C_nH_{2n+1}COOH$
$m(C_nH_{2n+1}COOH) = 10,27 \text{ г}$	$A_r(C) = 12$
Формула – ?	$A_r(H) = 1$

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо молярну масу карбонової кислоти. 1 моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 л. Складаємо пропорцію:

$$\begin{array}{l} 22,4 \text{ л/моль} \text{ — } M(C_nH_{2n+1}COOH) \\ 5 \text{ л} \text{ — } 10,27 \text{ г} \end{array}$$

$$M(C_nH_{2n+1}COOH) = 22,4 \cdot 10,27 : 5 = 46 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 2. Виводимо молекулярну формулу карбонової кислоти. Загальна формула карбонових кислот $C_nH_{2n+1}COOH$.

Знаходимо n , підставляючи замість хімічних символів елементів їхні відносні атомні маси:

$$\begin{aligned} 12n + 2n + 1 + 12 + 2 \cdot 16 + 1 &= 46. \\ 14n &= 46 - 46 \\ n &= 0. \end{aligned}$$

Це означає, що вуглеводневої групи (C_nH_{2n+1}) в молекулі немає.

$$M(COOH) = 12 + 2 \cdot 16 + 1 = 45 \text{ г/моль}.$$

Знаходимо різницю між молекулярною масою і масою групи $COOH$:

$$46 - 45 = 1.$$

Таку відносну атомну масу має Гідроген. Отже, шукана формула $HCOOH$.

В і д п о в і д ь: $HCOOH$.

Задача 8. З дієнових вуглеводнів добувають каучуки, з яких виробляють гуму для автомобільних шин. Автомобіль «потребує» в середньому 240 кг каучуку. Який об'єм (у літрах) бутану необхідний для добування каучуку для 10 автомобілей, якщо вважати, що каучук бутадієновий?

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{каучуку на 1 авт.}) = 240 \text{ кг} = 2,4 \cdot 10^5 \text{ г}$	$V_M = 22,4 \text{ л}$
10 автомобілей	$M(\text{мономерної ланки}) = 54 \text{ г/моль}$
$V(C_4H_{10}) - ?$	

Розв'язання

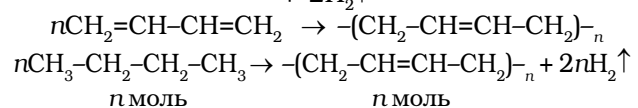
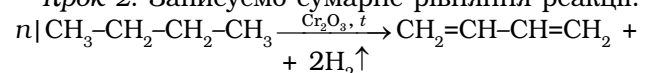
Крок 1. Обчислюємо кількість речовини каучуку для 1 автомобіля за формулою:

$$v = m / M$$

$$M(\text{мономерної ланки}) = 54 \text{ г/моль}.$$

$$v = 2,4 \cdot 10^5 / 54 = 4,4 \cdot 10^3 \approx 4,4 \cdot 10^3 \text{ (моль)}.$$

Крок 2. Записуємо сумарне рівняння реакції:



Крок 3. Обчислюємо об'єм бутану в перерахунку на 1 автомобіль. Виходячи із сумарного рівняння, кількості речовини бутану, що вступив у реакцію, й утвореного каучуку співвідносяться, як 1: 1. Отже, на $4,4 \cdot 10^3$ моль каучуку припадає $4,4 \cdot 10^3$ моль бутану. Обчислюємо об'єм бутану за формулою:

$$V = \nu V_M$$

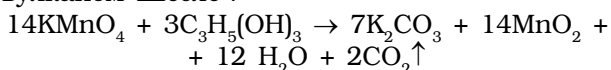
$$V(\text{бутану}) = 4,4 \cdot 10^3 \cdot 22,4 = 98,56 \cdot 10^3 \text{ (л)}.$$

Крок 4. Обчислюємо об'єм бутану для 10 автомобілів:

$$V(\text{бутану}) = 10 \cdot 98,56 \cdot 10^3 = 98,56 \cdot 10^4 \text{ (л)}.$$

В і д п о в і д ь: $98,56 \cdot 10^4$ л.

Задача 9. Реакцію самозаймання гліцеролу в присутності калій перманганату називають «вулканом Шееле»:



Обчисліть, який об'єм (у літрах) вуглекислого газу виділиться, якщо в реакцію вступить гліцерол об'ємом 5,3 мл ($\rho = 1,3$ г/мл).

Дано:	Допоміжні дані
$V(\text{гліцеролу}) = 5,3$ мл	$M(\text{гліцеролу}) = 92$ г/моль
$\rho = 1,3$ г/мл	$V_M = 22,4$ л/моль
$V(\text{CO}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу гліцеролу за формулою:

$$m = \rho V$$

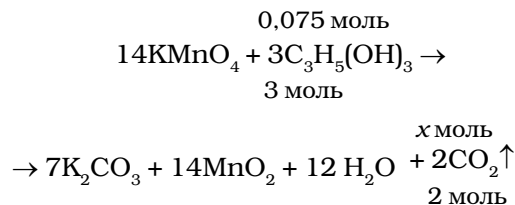
$$m(\text{гліцеролу}) = 1,3 \cdot 5,3 = 6,89 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини гліцеролу в 6,89 г за формулою:

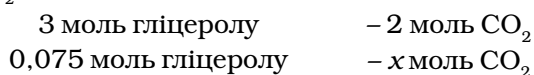
$$\nu(\text{гліцеролу}) = m(\text{гліцеролу}) / M(\text{гліцеролу})$$

$$\nu(\text{гліцеролу}) = 6,89 / 92 = 0,07489 \approx 0,075 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Обчислюємо кількість речовини вуглекислого газу. Для цього в рівнянні реакції над і під формулами сполук, що зазначено в умові, записуємо кількість речовини:



За рівнянням реакції, із 3 моль гліцеролу утворюється 2 моль вуглекислого газу. Складаємо пропорцію й обчислюємо кількість речовини CO_2 :



$$x = 0,075 \cdot 2/3 = 0,05 \text{ (моль)}.$$

Крок 4. Обчислюємо об'єм вуглекислого газу за формулою:

$$V = \nu V_M$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ (л)}.$$

В і д п о в і д ь: $V(\text{CO}_2) = 1,12$ л.

Задача 10. До водного розчину етанолу масою 8 г з масовою часткою речовини 22 % добавили надлишок амоніачного розчину аргентум(I) оксиду. Обчисліть масу утвореного осаду.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{роз-ну}) = 8$ г	$M(\text{CH}_3\text{COH}) = 2 \cdot 12 + 4 \cdot 1 +$
$\omega(\text{CH}_3\text{COH}) =$	$+16 = 44$ г/моль
$= 22 \%$	$M(\text{Ag}) = 108$ г/моль
$m(\text{етанолу}) - ?$	

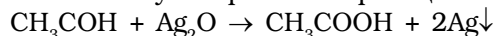
Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо масу альдегіду у 8 г розчину за формулою:

$$m(\text{реч.}) = \omega m(\text{роз-ну})$$

$$m(\text{CH}_3\text{COH}) = 0,22 \cdot 8 = 1,76 \text{ (г)}.$$

Крок 2. Записуємо рівняння реакції:

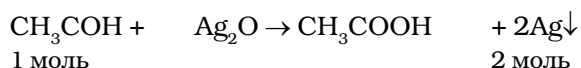


Крок 3. Обчислюємо кількість речовини етанолу, що вступив у реакцію:

$$\nu(\text{CH}_3\text{COH}) = m(\text{CH}_3\text{COH}) / M(\text{CH}_3\text{COH}) =$$

$$= 1,76 / 44 = 0,04 \text{ (моль)}.$$

Крок 4. Обчислюємо кількість речовини срібла, що виділилося, за співвідношенням його до етанолу:



З рівняння $\nu(\text{CH}_3\text{COH}) : \nu(\text{Ag}) = 1 : 2$, отже, на 0,04 моль етанолу припадає 0,08 моль срібла.

Крок 5. Обчислюємо масу срібла за формулою:

$$m = \nu M$$

$$m(\text{Ag}) = 0,08 \cdot 108 = 8,64 \text{ (г)}.$$

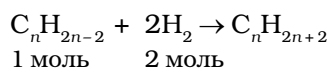
В і д п о в і д ь: $m(\text{Ag}) = 8,64$ г.

Задача 11. Алкін масою 6,8 г повністю прореагував з воднем об'ємом 4,48 л. Знайдіть формулу алкіну.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = 6,8$ г	$V_M = 22,4$ л/моль
$V(\text{H}_2) = 4,48$ л	
$\text{C}_n\text{H}_{2n-2} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Записуємо рівняння реакції алкіну з воднем:



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини водню, що вступив у реакцію за формулою:

$$v = V : V_M$$

$$v(\text{H}_2) = 4,48 : 22,4 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. Установлюємо кількість речовини алкіну, що вступив у реакцію. За рівнянням реакції, відношення кількості речовини алкіну до кількості речовини водню становить

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) : v(\text{H}_2) = 1 : 2.$$

Отже, на 0,2 моль водню припадає 0,1 моль алкіну.

Крок 4. Обчислюємо молярну масу алкіну за формулою:

$$M = m / v$$

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = 6,8 : 0,1 = 68 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 5. Обчислюємо кількість атомів Карбону в молекулі за загальною формулою:

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n-2}) = 12n + 2n - 2 = 68 \text{ г/моль};$$

$$14n = 70;$$

$$n = 5.$$

Крок 6. Підставляємо знайдене число в загальну формулу. Отже, шукана формула C_5H_8 .

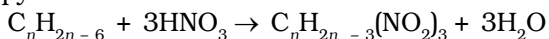
В і д п о в і д ь: C_5H_8 .

Задача 12. Під час повного нітрування арену масою 3,18 г утворилося 7,23 г нітропохідної. Знайдіть молекулярну формулу ароматичної сполуки.

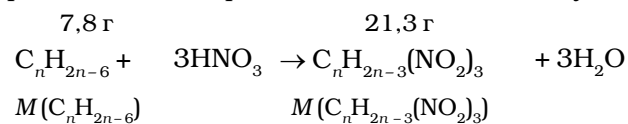
Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = 2,12 \text{ г}$	
$m(\text{C}_n\text{H}_{2n-3}(\text{NO}_2)_3) = 7,23 \text{ г}$	
$\text{C}_n\text{H}_{2n-6} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо рівняння реакції повного нітрування:



Крок 2. Обчислюємо індекс «n». Над рівнянням реакції записуємо дані відповідних сполук за умовою. Під рівнянням записуємо кількість речовини і молярні маси відповідних сполук.



Складаємо пропорцію, підставляючи відносні атомні маси елементів замість їхніх символів й обчислюємо кількість атомів Карбону (n) у сполуці:

$$\begin{aligned} M(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) \cdot 21,3 &= M(\text{C}_n\text{H}_{2n-3}(\text{NO}_2)_3) \cdot 7,8; \\ (14n - 6) \cdot 21,3 &= (14n - 9 + (14 + 32) \cdot 3) \cdot 7,8; \\ 109,2n + 1006,2 &= 298,2n + 127,8; \\ 189n &= 1131; \\ n &= 6. \end{aligned}$$

Крок 3. Підставляємо індекс «n» у загальну формулу. Отже, шукана сполука C_6H_6 .

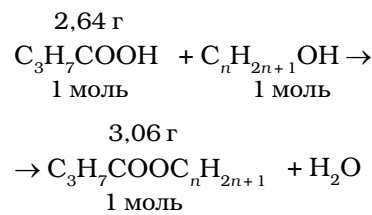
В і д п о в і д ь: C_6H_6 .

Задача 13. Під дією бутанової кислоти масою 2,64 г на спирт утворилося 3,06 г естеру. Визначте формулу спирту, що вступив у реакцію.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}) = 2,64 \text{ г}$	$M(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}) =$
	$= 88 \text{ г/моль}$
$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо рівняння реакції естерифікації, зазначаючи маси сполук за умовою над рівнянням реакції, а кількості речовин сполук за реакцією – під рівнянням:



Крок 2. Обчислюємо кількість речовини кислоти, що вступила в реакцію за формулою:

$$v = m/M$$

$$v(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}) = 2,64 / 88 = 0,03 \text{ (моль)}.$$

Крок 3. За рівнянням реакції, прореагувало спирту й утворилося естеру також по 0,03 моль.

Крок 4. Обчислюємо молярну масу естеру за формулою:

$$M = v/m$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1}) = 3,06 / 0,03 = 102 \text{ (г/моль)}.$$

Крок 5. Обчислюємо кількість атомів Карбону (n) у молекулі естеру, підставляючи відносні атомні маси відповідного з елементів замість їхніх символів:

$$\begin{aligned} M(\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1}) &= 12 \cdot 3 + 7 + 12 + 32 + \\ &+ 12n + 2n + 1 = 102; \\ 14n + 88 &= 102; \\ 14n &= 14; \\ n &= 1. \end{aligned}$$

Крок 6. Підставляємо індекс у загальну формулу. Отже, формула естеру — $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$. Звідси випливає, що спирт, який вступив у реакцію, — CH_3OH , метанол.

В і д п о в і д ь: CH_3OH .

Задача 14. Етиленгліколь є складником засобів для миття скла. Обчисліть об'єм (у літрах) етилену, що необхідний для добування 500 г засобу, що містить 30 % етиленгліколю.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{суміші}) = 500 \text{ г}$	$M(\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2) = 62 \text{ г/моль}$
$w(\text{етиленглі-колю}) = 30 \%$	$V_M = 22,4 \text{ л/моль}$
$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} - ?$	

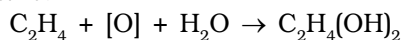
Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо чисту речовину етилену в суміші за формулою:

$$m(\text{реч.}) = \omega m(\text{роз-ну}).$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ (г)}$$

Крок 2. Складаємо схему синтезу етиленгліколю:



Крок 3. Обчислюємо об'єм етилену.

х л	150 г
$\text{C}_2\text{H}_4 +$	$[\text{O}] + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$
1 моль	1 моль
1 моль · 22,4 л	1 моль · 62 г / моль
/ моль	62 г
22,4 л	

$$x = \frac{150 \cdot 22,4}{62} = 54,19 \approx 54 \text{ (л)}.$$

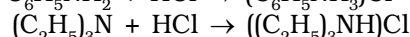
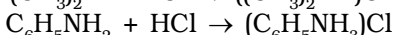
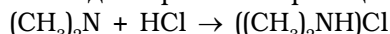
В і д п о в і д ь: 54 л.

Задача 15. Суміш диметиламіну й аніліну масою 16,15 г обробили хлоридною кислотою об'ємом 80,3 мл ($\omega = 10\%$, $\rho = 1,07$ г/мл). Для нейтралізації залишків кислоти до суміші потрібно додати 2,02 г триетиламіну. Обчисліть масові частки (у відсотках) компонентів у суміші диметиламіну й аніліну.

Дано:	Допоміжні дані
$m(\text{суміші}) = 16,15 \text{ г}$	$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$
$V(\text{HCl}) = 80,3 \text{ мл}$	$M((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) = 101 \text{ г/моль}$
$\omega(\text{HCl}) = 10\% = 0,1$	$M((\text{CH}_3)_2\text{N}) = 44 \text{ г/моль};$
$\rho(\text{HCl}) = 1,07 \text{ г / мл}$	$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль};$
$\omega((\text{CH}_3)_2\text{N}) - ?$	
$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Складаємо рівняння реакцій:



Крок 2. Обчислюємо масу хлоридної кислоти:

$$\rho = m/V$$

$$m = \rho V$$

$$m(\text{кислоти}) = 1,08 \cdot 74,4 = 80,277 \approx 80,3 \text{ (г)}.$$

Крок 3. Обчислюємо масу гідроген хлориду у хлоридній кислоті:

$$\omega(\text{реч.}) = m(\text{реч.}) / m(\text{роз-ну})$$

$$m(\text{реч.}) = \omega(\text{реч.})m(\text{роз-ну})$$

$$m(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 80,3 = 8,03 \text{ (г)}.$$

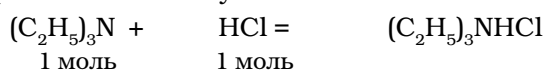
Крок 4. Обчислюємо кількості речовин сполук, що вступили в реакції за формулою:

$$v = m/M$$

$$v(\text{HCl}) = 8,03 : 36,5 = 0,22 \text{ (моль);}$$

$$v((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) = 2,02 : 101 = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Крок 5. Обчислюємо кількість речовини гідроген хлориду, що затратили на взаємодію з триетиламіном і сумішшю.



За рівнянням,

$$v((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) : v(\text{HCl}) = 1 : 1.$$

Звідси кількість речовини гідроген хлориду, що вступив у реакцію з триетиламіном, становить:

$$v(\text{HCl}) = v((\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}) = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Кількість речовини гідроген хлориду, що вступила в реакцію з сумішшю дорівнює:

$$v(\text{HCl}) = 0,22 - 0,02 = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Крок 6. Обчислюємо кількість речовини компонентів суміші, позначивши $v((\text{CH}_3)_2\text{N})$ через x , а $v(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2)$ – через y .

Сума кількостей речовин амінів у суміші чисельно дорівнює кількості гідроген хлориду, що вступив у реакцію з амінами, тобто 0,2 моль:

$$x + y = 0,2 \text{ (моль)}.$$

Маса амінів у суміші дорівнює:

$$44x + 93y = 16,15 \text{ (г)}$$

Складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} x + y = 0,2 \\ 44x + 93y = 16,15 \end{cases}$$

Розв'язавши систему рівнянь, отримуємо:

$$x = 0,05 \text{ моль}, y = 0,15 \text{ моль}.$$

Крок 7. Обчислюємо масові частки амінів у суміші:

$$m((\text{CH}_3)_2\text{N}) = vM = 0,05 \cdot 44 = 2,2 \text{ (г);}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = vM = 0,15 \cdot 93 = 13,95 \text{ (г);}$$

$\omega(\text{компонента}) = m(\text{компонента}) / m(\text{суміші});$

$$\omega((\text{CH}_3)_2\text{N}) = 2,2 : 16,15 = 0,1362 \approx$$

$$\approx 0,136 \text{ (13,6 \%);}$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 13,95 : 16,15 = 0,8638 \approx$$

$$\approx 0,864 \text{ (86,4 \%)}.$$

В і д п о в і д ь: $\omega((\text{CH}_3)_2\text{N}) = 13\%$;
 $\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 86,4\%$.

Задача 16. Суміш етину з етенем (н. у.) об'ємом 1,12 л у темряві повністю прореагувала з 3,82 мл бромом ($\rho = 3,14$ г / мл). Обчисліть об'ємні частки (у відсотках) газів у суміші.

Дано:	Допоміжні дані
$V(\text{суміші}) = 1,12 \text{ л}$	$M(\text{Br}_2) = 160 \text{ г/моль}$
$V(\text{Br}_2) = 3,82 \text{ мл}$	
$\rho(\text{Br}_2) = 3,24 \text{ г / мл}$	
$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) - ?$	
$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Обчислюємо кількість речовини газової суміші за формулою:

$$v(\text{сум.}) = V/V_M$$

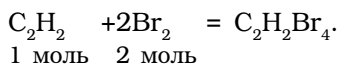
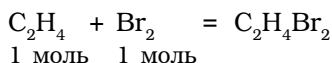
$$v(\text{сум.}) = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ моль}.$$

Крок 2. Обчислюємо кількість речовини бромом за формулою:

$$v(\text{реч.}) = \rho V/M$$

$$v(\text{Br}_2) = 3,82 \cdot 3,14 / 160 = 0,075 \text{ моль}.$$

Крок 3. Із бромом реагують обидва компоненти суміші (вони є ненасиченими вуглеводнями). Складаємо рівняння реакцій:



Крок 4. Обчислюємо кількість речовини кожного із газів у суміші. Позначимо кількість речовини етену через x моль, а кількість речовини етину – через y моль. Установимо кількість речовини бромиду, що взяв участь в обох реакціях. Із рівнянь реакцій бачимо, що кількість речовини бромиду, що реагує, в першому випадку становитиме x моль ($\nu(\text{Br}_2) : \nu(\text{C}_2\text{H}_4) = 1 : 1$), а в другому – $2y$ моль ($\nu(\text{Br}_2) : \nu(\text{C}_2\text{H}_2) = 2 : 1$).

Складемо систему рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} x + y = 0,05 \\ 44x + 2y = 0,075 \end{cases}$$

Розв'язавши її, маємо:

$$x = 0,025 \text{ (моль);}$$

$$y = 0,025 \text{ (моль).}$$

Крок 5. Обчислюємо об'єм кожного з газів у суміші за формулою:

$$n = V/V_M$$

$$V = nV_M$$

$$V_M = 22,4 \text{ л/моль.}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,025 \cdot 22,4 = 0,56 \text{ (л);}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,025 \cdot 22,4 = 0,56 \text{ (л).}$$

Крок 6. Обчислюємо об'ємні частки кожного із газів у суміші за формулою:

$$\varphi(\text{компонента}) = V(\text{компонента}) / V(\text{суміші}).$$

Оскільки об'єм газів у суміші однаковий, то й їхні об'ємні частки будуть однаковими:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 1,12 / 0,56 = 0,5 \text{ (50 \%)}.$$

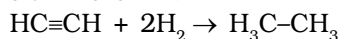
В і д п о в і д ь: $\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 50 \%$, $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 50 \%$.

Задача 17. До суміші 2 л метану й етину добавлено 2 л водню. Після того як усю суміш пропустили над нагрітим платиновим катализатором, її об'єм зменшився до 3,2 л, а продукти реакції не містили ненасичених вуглеводнів. Визначте об'ємні частки вуглеводнів у вихідній суміші, якщо всі об'єми газів виміряно за однакових умов.

Дано:	Допоміжні дані
$V_1(\text{суміші}) = 2 \text{ л}$	
$V_2(\text{суміші}) = 3,2 \text{ л}$	
$V(\text{H}_2) = 3,2 \text{ мл}$	
$\varphi(\text{CH}_4) - ?$	
$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) - ?$	

Розв'язання

Крок 1. Запишемо рівняння реакції. З воднем реагуватиме лише етин:



Крок 2. Обчислюємо об'єм газів до реакції:

$$V(\text{газів}) = V(\text{суміші}) + V(\text{H}_2)$$

$$V(\text{газів}) = 2 + 2 = 4 \text{ (л).}$$

Крок 2. Обчислюємо об'єм водню, що вступив у реакцію:

$$V(\text{H}_2) = V(\text{газів}) + V_2(\text{суміші})$$

$$V(\text{H}_2) = 4,0 - 3,2 = 0,8 \text{ (л).}$$

Крок 3. Обчислюємо об'єм етину, що вступив у реакцію. За рівнянням, об'єми газів відносяться, як кількості їхніх речовин:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_2) : \nu(\text{H}_2) = 1 : 2.$$

Тоді об'єм етину вдвічі менший від об'єму водню і становить:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,8/2 = 0,4 \text{ (л).}$$

Крок 4. Обчислюємо об'єм метану:

$$V(\text{CH}_4) = V(\text{суміші}) - V(\text{C}_2\text{H}_2)$$

$$V(\text{CH}_4) = 2,0 - 0,4 = 1,6 \text{ (л).}$$

Крок 5. Обчислюємо об'ємні частки газів у суміші за формулою:

$$\varphi = \frac{V(\text{речовини})}{V(\text{суміші})}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 1,6/2 = 0,8, \text{ або } 80 \%;$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,4/2 = 0,2, \text{ або } 20 \%.$$

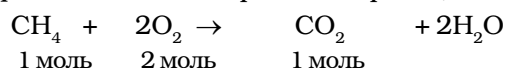
В і д п о в і д ь: $\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 20 \%$, $\varphi(\text{CH}_4) = 80 \%$.

Задача 18. Обчисліть вміст метану (у відсотках) у суміші з киснем, якщо відомо, що об'єм газової суміші, що становив 9 мл, після спалювання метану зменшився на 0,45 мл. Вважати, що пара води сконденсувалася повністю.

Дано:	Допоміжні дані
$V_1(\text{суміші}) = 9 \text{ мл}$	
$\Delta V(\text{суміші}) = 0,45 \text{ мл}$	
$\varphi(\text{CH}_4) - ?$	

Розв'язання

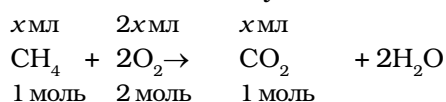
Крок 1. Запишемо рівняння реакції:



Крок 2. Обчислюємо об'єм метану, що вступив у реакцію. За рівнянням реакції, співвідношення газів становить:

$$\nu(\text{CH}_4) : \nu(\text{O}_2) : \nu(\text{CO}_2) = 1 : 2 : 1.$$

Приймемо об'єм метану за x :



Тоді

$$x + 2x - x = 0,45;$$

$$2x = 0,45;$$

$$x = 0,225.$$

Крок 3. Обчислюємо об'ємну частку метану за формулою:

$$\varphi = V(\text{речовини}) / V(\text{суміші})$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 0,225 / 9 = 0,025, \text{ або } 2,5 \%.$$

В і д п о в і д ь: $\varphi(\text{CH}_4) = 2,5 \%$.