

**Розв'язки завдань**  
**III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії**  
**2022-2023 н.р.**  
**10 клас**

**ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР**

**Задача Т-10-1. (8 балів)**

Хлорофіл є важливим пігментом, що обумовлює зелений колір листя рослин. Під час спалювання хлорофіла масою 89,2 мг в надлишку кисню утворюються тільки наступні чотири речовини: 242 мг газу, яким газують напої; 64,8 мг рідини, що є основою цих напоїв; 5,6 мг газу, якого найбільше в атмосфері; 4 мг білого порошку оксиду металу (метал, яким утворений оксид входить до суміші речовин бенгальських вогників).

**А** Про які речовини йде мова? Запиши молекулярні формули та назви.

**Б** За допомогою обчислень установіть формулу хлорофілу, враховуючи, що його молекула містить лише один атом металу.

**В** Складіть рівняння хімічної реакції горіння хлорофілу.

**Г** Чи містить хлорофіл Хлор? Звідки походить назва «хлорофіл»?

*Розв'язок*

**А** Напої газують вуглекислим газом ( $\text{CO}_2$ ), основою напоїв є вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ), найбільш поширений газ в земній атмосфері – азот ( $\text{N}_2$ ), а порошком є магній оксид ( $\text{MgO}$ ).

**Б** Обчислимо співвідношення елементів у формулі хлорофілу:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{242}{44} = 5,5 \text{ ммоль} \Rightarrow n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) \Rightarrow m(\text{C}) = 5,5 \cdot 12 = 66 \text{ мг}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{64,8}{18} = 3,6 \text{ ммоль} \Rightarrow n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{H}) = 7,2 \cdot 1 = 7,2 \text{ мг}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{5,6}{28} = 0,2 \text{ ммоль}; n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2) = 0,4 \text{ ммоль} \Rightarrow m(\text{N}) = 0,4 \cdot 14 = 5,6 \text{ г}$$

$$n(\text{MgO}) = \frac{4}{40} = 0,1 \text{ ммоль}; n(\text{Mg}) = n(\text{MgO}) = 0,1 \text{ ммоль} \Rightarrow$$

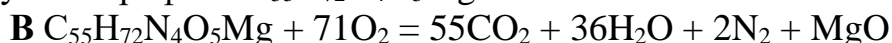
$$m(\text{Mg}) = 0,1 \cdot 24 \text{ г/ммоль} = 2,4 \text{ мг}$$

Перевіряємо наявність кисню в сполуці:

$$m(\text{O}_2) = 89,2 - 66 - 7,2 - 5,6 - 2,4 = 8 \text{ мг, отже кисень є у сполуці}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{8 \text{ г}}{16 \text{ г/ммоль}} = 0,5 \text{ ммоль}$$

Співвідношення  $\text{C}:\text{H}:\text{N}:\text{O}:\text{Mg} = 5,5 : 7,2 : 0,4 : 0,5 : 0,1 = 55 : 72 : 4 : 5 : 1$ , отже формула хлорофіла:  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{N}_4\text{O}_5\text{Mg}$



**Г** Грецьке слово «хлорос» означає «зелений». Звідси назва і хлору й хлорофілу.

**Задача Т-10-2. (10 балів)**

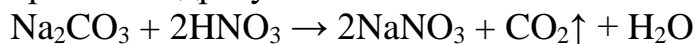
У колбі, що містить  $50 \text{ см}^3$  розчину нітратної кислоти з концентрацією  $2 \text{ моль/л}$  і густиною  $1,07 \text{ г/см}^3$ , розчинили  $10 \text{ г}$  кристалогідрату натрій карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

**А** Визначте, які речовини і в якій кількості знаходяться в розчині, що утворився.

**Б** Обчисліть масові частки (%) речовин, що знаходяться в кінцевому розчині.

*Розв'язок*

**А** 1. Складаємо рівняння хімічної реакції, що відбувається під час розчинення кристалогідрату:



2. Обчислюємо кількості речовин кислоти й кристалогідрату:

$$n(\text{HNO}_3) = C \cdot V = 2 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m/M = 10 \text{ г} / 286 \text{ г/моль} = 0,035 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції, на розчинення 0,035 моль кристалогідрату потрібно  $0,035 \cdot 2 = 0,07$  моль кислоти (співвідношення кристалогідрату до кислоти 1 : 2). Отже, у кінцевому розчині буде:

$$n(\text{HNO}_3) = 0,1 \text{ моль} - 0,07 \text{ моль} = 0,03 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaNO}_3) = 0,035 \text{ моль} \cdot 2 = 0,07 \text{ моль}$$

**Б** 1. Обчислюємо маси речовин, що знаходяться в утвореному розчині:

$$m(\text{HNO}_3) = n \cdot M = 0,03 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 1,89 \text{ г}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = n \cdot M = 0,07 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} = 5,95 \text{ г}$$

Під час реакції також виділяється 0,035 моль  $\text{CO}_2$ , отже обчислюємо і його масу:  $m(\text{CO}_2) = n \cdot M = 0,035 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 1,54 \text{ г}$

2. Обчислюємо масу кінцевого розчину:

$$m_{\text{к.р-ну}} = m_{\text{р}}(\text{HNO}_3) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) - m(\text{CO}_2)$$

$$m_{\text{р}}(\text{HNO}_3) = 50 \text{ см}^3 \cdot 1,07 \text{ г/см}^3 = 53,5 \text{ г}$$

$$m_{\text{к.р-ну}} = 53,5 \text{ г} + 10 \text{ г} - 1,54 \text{ г} = 61,96 \text{ г}$$

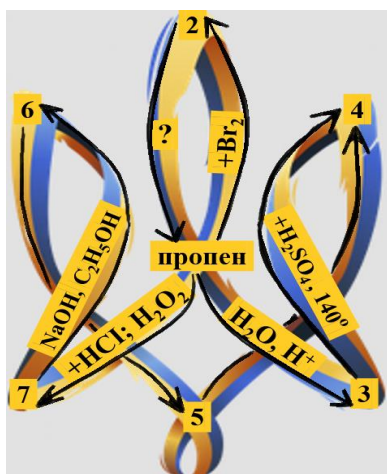
3. Обчислюємо масові частки розчинених речовин у кінцевому розчині:

$$w(\text{NaNO}_3) = \frac{m(\text{NaNO}_3)}{m_{\text{р-ну}}} = \frac{5,95 \text{ г}}{61,96 \text{ г}} = 0,096 \cdot 100\% = 9,6\%$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_{\text{р-ну}}} = \frac{1,89 \text{ г}}{61,96 \text{ г}} = 0,031 \cdot 100\% = 3,1\%$$

Відповідь: у кінцевому розчині міститься 9,6%  $\text{NaNO}_3$  та 3,1%  $\text{HNO}_3$ .

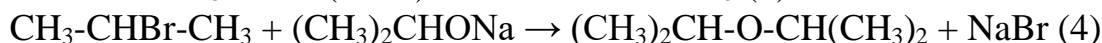
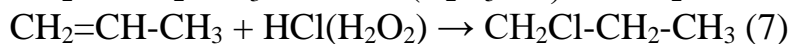
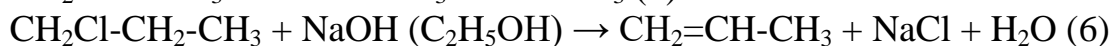
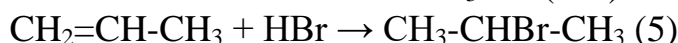
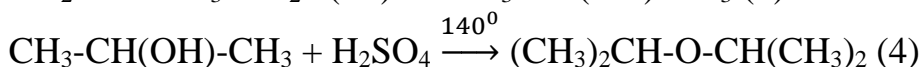
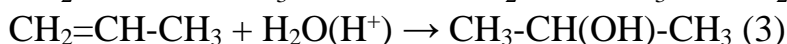
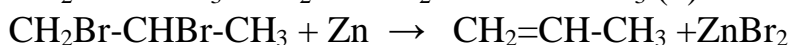
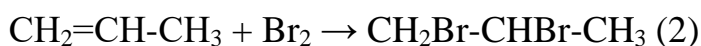
### Задача Т-10-3. (10 балів)



Проаналізуйте запропоновану схему зображену на малюнку:

**А** Запишіть рівняння всіх хімічних реакцій, зазначте їх типи. Зауважте, що речовини 3 і 5 мають бути різними сполуками.

*Розв'язок*



### Задача Т-10-4. (12 балів)

Суміш вуглеводнів об'ємом 90 л (об'єм вимірюваний за температури 25°C та 101325Па), яка утворилась в результаті термічного крекінгу пропану, спалили в потоці озонованого кисню з масовою часткою озону 25%.

А Визначте, які вуглеводні та в якому співвідношенні входили до складу суміші.

Б Який об'єм озонованого кисню використали, якщо відомо, що маса суміші вуглеводнів складала 101,358 г.

*Розв'язок*

1. Молярну масу суміші можна обчислити за рівнянням Клапейрона-Менделєєва:  $n = \frac{pV}{RT}$ ;  $n = \frac{m}{M}$

Отже,

$$M(\text{суміші}) = \frac{101,358 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 290 \text{ К}}{0,09 \text{ м}^3 \cdot 101325 \text{ Па}} = 26,8 \text{ г/моль}$$

2.  $M(\text{сум}) = M(\text{CH}_4) \cdot \varphi(\text{CH}_4) + M(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot \varphi(\text{C}_2\text{H}_4) \Rightarrow$

$$M(\text{сум.}) = M(\text{CH}_4) \cdot \frac{V(\text{CH}_4)}{V(\text{сум.})} + M(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot \frac{V(\text{C}_2\text{H}_4)}{V(\text{сум.})}$$

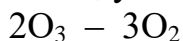
$$M(\text{сум.}) = 16 \cdot \frac{V(\text{CH}_4)}{90 \text{ л}} + 28 \cdot \frac{V(90 - V(\text{CH}_4))}{90 \text{ л}} = 26,8 \text{ г/моль}$$

$$V(\text{CH}_4) = 9 \text{ л} \Rightarrow \varphi(\text{CH}_4) = 9 \text{ л} / 90 \text{ л} = 0,1 = 10\%$$

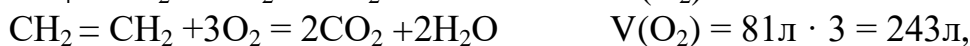
$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 90 - 9 = 81 \text{ л} \Rightarrow \varphi(\text{CH}_4) = 81 \text{ л} / 90 \text{ л} = 0,9 = 90\%$$

3. За умовою задачі озонований кисень на чверть складається із озону.

Отже, у 100 об'ємах міститься 25 об'ємів  $\text{O}_3$  і 75 –  $\text{O}_2$



25 об'ємів  $\text{O}_3$  дають  $25 \cdot 3/2 = 37,5 \text{ O}_2$ , тобто чистого  $\text{O}_2 = 75 + 37,5 = 112,5$  об'ємів.



Загалом потрібно 261 л кисню, а озонованого кисню:  $261 \cdot 100/112,5 = 232 \text{ л}$

## ПРАКТИЧНИЙ ТУР

### Задача П-10-1. (7 балів)

На лабораторному столі у пронумерованих пробірках знаходяться білі порошки безводних солей плумбум карбонату, кальцій карбонату, барій сульфату, купрум(II) сульфату.

А Складіть план(таблицю) віртуального експерименту та алгоритм дій по розпізнаванню цих речовин, якщо у вашому розпорядженні є лише вода і розчини нітратної кислоти та натрій гідроксиду.

Б Запишіть рівняння хімічних реакцій, що підтверджують проходження проміжних процесів, або ж кінцевий їх перебіг там, де це потрібно.

*Розв'язок*

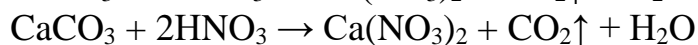
А План віртуального експерименту розпізнавання речовин.

спостереження додаткові реагенти	Соли, відповідно до умови задачі			
	$\text{PbCO}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{BaSO}_4$	$\text{CuSO}_4$
$\text{H}_2\text{O}$	не розч.	не розч.	не розч.	блак.р-ни
$\text{HNO}_3$	$\text{CO}_2 \uparrow$	$\text{CO}_2 \uparrow$	---	
$\text{NaOH}$	---	---		

Алгоритм дій:

1. Відбираємо у сухі пробірки проби порошоків та додаємо до них воду. Розчиняється лише  $\text{CuSO}_4$  і утворюється розчин блакитного кольору.
2. Відбираємо у сухі пробірки проби трьох білих порошоків, що залишилися і додаємо до них розчин нітратної кислоти. У реакцію не вступає лише  $\text{BaSO}_4$ . У двох інших пробірках виділяється газ.
3. Після завершення виділення газу, до розчинів, що залишилися після попередньої реакції додаємо натрій гідроксид. В одній з пробірок утворюється помутніння або осад (це  $\text{Ca(OH)}_2$  – була сіль  $\text{CaCO}_3$ ), а в іншій випадає білий осад, що у надлишку натрій гідроксиду розчиняється (це  $\text{Pb(OH)}_2$  – була сіль  $\text{PbCO}_3$ ).

**Б** Складаємо рівняння хімічних реакцій, що супроводжують процес розпізнавання речовин.



### Задача П-10-2. (3 бали)

Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі послідовні перетворення:

**А** Кислота 1  $\rightarrow$  кислота 2  $\rightarrow$  кислота 3 (сполуки утворені різними кислотоутворюючими елементами).

**Б** Основа 1  $\rightarrow$  основа 2  $\rightarrow$  основа 3 (сполуки утворені різними металічними елементами).

**В** Сіль 1  $\rightarrow$  сіль 2  $\rightarrow$  сіль 3 (солі містять однакові катіони).

*Розв'язок*

Один з варіантів розв'язку

