

**Завдання**  
**III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії**  
**2016-2017 навчальний рік**  
**Теоретичний тур**

**Завдання 1. Тести (10 балів)**

**Завдання з однією правильною відповіддю. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 2.**

1. Наперстянка шерстиста – одна з найвідоміших лікарських рослин. У її листках містяться сполуки складу  $C_{49}H_{76}O_{20}$ ,  $C_{49}H_{76}O_{19}$ ,  $C_{50}H_{76}O_{21}$ , на основі яких виробляють життєво необхідні лікарські препарати. У цих трьох речовин:

А однаковий кількісний склад

Б однаковий якісний склад

В однаковий якісний і кількісний склад

Г різний кількісний і якісний склад

А	
Б	+
В	
Г	

2. Спільним в електронній будові атомів Хлору та Броду є:

А загальне число електронів на енергетичних рівнях

Б число електронів на зовнішньому енергетичному рівні

В число енергетичних рівнів, на яких перебувають електрони

Г число енергетичних підрівнів, на яких перебувають електрони

А	
Б	+
В	
Г	

3. Укажіть формулу оксиду, який не реагує з водою:

А  $N_2O_5$

Б  $SO_2$

В  $Al_2O_3$

Г  $Na_2O$

А	
Б	
В	+
Г	

4. Укажіть речовини, із якими не реагує хлоридна кислота:

А міддю

Б купрум(II) оксидом

В натрій силікатом

Г цинком

А	+
Б	
В	
Г	

**Завдання на відповідність. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 4.**

5. Установіть відповідність між реагентами і продуктами реакцій:

*Реагенти*

*Продукти реакції*

А  $K_2O + H_2O \rightarrow$

1  $\rightarrow KCl + O_2$

Б  $CaO + H_3PO_4 \rightarrow$

2  $\rightarrow KOH$

В  $KClO_3 \rightarrow$

3  $\rightarrow NaOH + H_2$

Г  $Na + H_2O \rightarrow$

4  $\rightarrow NaOH$

5  $\rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_2O$

А	2
Б	5
В	1
Г	3

6. Установіть відповідність між частинкою та її електронною формулою:

*Частинка*

*Електронна формула частинки*

А атом Cl

1  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Б атом Mg

2  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

В йон  $S^{2-}$

3  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Г йон  $Al^{3+}$

4  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

5  $1s^2 2s^2 2p^6$

А	3
Б	4
В	2
Г	5

**Завдання на встановлення послідовності. Максимальна кількість балів – 4.**

7. Розташуйте хімічні формули за збільшенням кількості речовини у їхніх порціях масою 128 г.

- А  $\text{Cu}_2\text{S}$
- Б  $\text{SO}_2$
- В  $\text{CuO}$
- Г  $\text{CH}_4$

А	1
Б	3
В	2
Г	4

**Задача 2. (8 балів)**

Нітроген(IV) оксид розповсюджується навколо хімкомбінату в радіусі 5 км і на висоту до 2 км. Середній його вміст складає 0,1 максимально допустимої концентрації, що дорівнює  $1 \cdot 10^{-4}$  об'ємних часток. Обчисліть:

- А кількість молекул оксиду, яка міститься в 1 л повітря довкола комбінату;
- Б масу нітратної кислоти (у тонах), яку можна одержати з нітроген(IV) оксиду, що міститься у повітрі.

*Розв'язок*

А Обчислюємо об'єм повітря навколо комбінату:

$$V(\text{пов.}) = 3,14 \cdot 5^2 \cdot 2 = 1,57 \cdot 10^{14} \text{ л}$$

Обчислюємо об'єм  $\text{NO}_2$ , що міститься в 1 л повітря:

$$V(\text{NO}_2) = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ л}$$

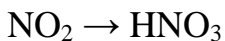
Обчислюємо кількість молекул  $\text{NO}_2$  (n), що міститься в 1 л:

$$n(\text{NO}_2) = (1 \cdot 10^{-5} / 22,4) \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,69 \cdot 10^{17} \text{ молекул у 1 л повітря}$$

Обчислюємо об'єм  $\text{NO}_2$ , що міститься у повітрі:

$$V(\text{NO}_2) = 1,57 \cdot 10^{14} \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 1,57 \cdot 10^9 \text{ л}$$

Б Обчислюємо кількість нітратної кислоти, яку можна одержати з даного об'єму  $\text{NO}_2$ :



$$22,4 \text{ л (NO}_2) - 63 \text{ г (HNO}_3)$$

$$1,57 \cdot 10^9 \text{ л (NO}_2) - x \text{ г (HNO}_3)$$

$$x = 4,4156 \cdot 10^9 \text{ г} = 4415,6 \text{ тон}$$

Відповідь:  $2,69 \cdot 10^{17}$  молекул  $\text{NO}_2$  міститься в 1 л повітря, маса нітратної кислоти, яку можна добути з  $\text{NO}_2$ , що міститься у повітрі, становить 4415,6 тон.

**Задача 3. (10 балів)**

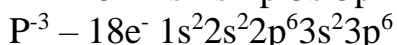
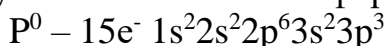
З біологічної точки зору Фосфор відноситься до макроелементів. Він бере активну участь у формуванні й регенерації клітин, формуванні та засвоєнні вітамінів, формуванні й розвитку зубів і кісток, функціонуванні нирок, нервів, м'язів, серця. У тілі людини знаходиться приблизно 1% Фосфору, але в перерахунку на суху вагу – 2,5%. Приблизно 80-87% усього Фосфору, який є в організмі людини, знаходиться в скелеті, близько 0,2% – у крові.

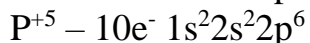
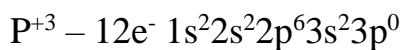
А Укажіть усі можливі ступені окиснення Фосфору та запишіть електронні формули, що для них характерні.

Б Обчисліть об'єм кисню (н.у.), необхідний для окиснення фосфору масою 6,2 г, якщо в результаті реакції утворюється речовина, у якій масова частка Фосфору дорівнює 56,4%.

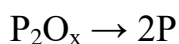
*Розв'язок*

А Ступені окиснення Фосфору: -3, 0, +3, +5





**Б** При окисненні фосфору утвориться оксид –  $P_2O_x$ . За масовою часткою Фосфору встановлюємо формулу оксиду:



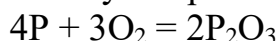
$$w(P) = \frac{n(P) \cdot Ar(P)}{Mr(P_2O_x)} \Rightarrow Mr(P_2O_x) = \frac{2 \cdot 31}{0,564} = 110$$

$$M(P_2O_x) = 31 \cdot 2 + 16 \cdot x = 110$$

$$16x = 48$$

$$x = 3, \text{ отже формула оксиду } P_2O_3$$

Записуємо рівняння окиснення фосфору:



$$n(P) = \frac{m(P)}{M(P)} = \frac{6,2g}{31g / \text{моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

За рівнянням реакції: 4 моль (P) – 3 моль ( $O_2$ )

За розрахунками: 0,2 моль (P) – x моль ( $O_2$ ), отже  $x = (0,2 \cdot 3) / 4 = 0,15$  моль

Знаходимо об'єм кисню:

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_m = 0,15 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 3,36 \text{ л}$$

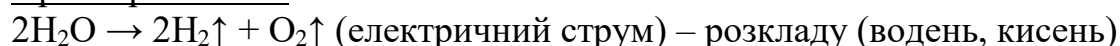
Відповідь: для окиснення фосфору масою 6,2 г потрібно використати 3,36 л кисню.

#### **Задача 4. (15 балів)**

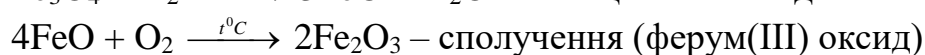
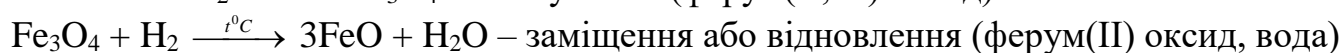
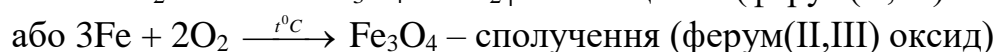
Використовуючи залізо, сірку та воду запропонуйте способи добування 15 нових речовин, з яких три прості речовини, п'ять оксидів, три кислоти, одна основа та три солі. Одержані речовини можна використовувати у подальшому синтезі. Укажіть умови проходження реакцій, їх типи та дайте назву продуктам реакції (простим речовинам, оксидам, кислотам, основам, солям).

#### ***Розв'язок***

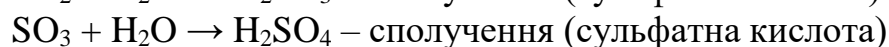
Прості речовини:



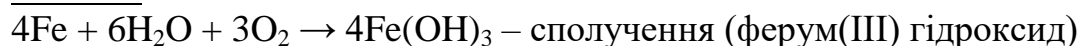
Оксиди:



Кислоти:

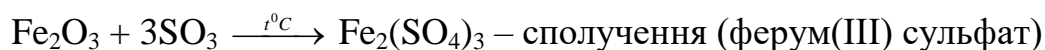


Основи:



Солі:





### Задача 5. (12 балів)

Невідома бінарна сполука утворена двома видами хімічних частинок (з однаковою електронною конфігурацією  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ) у молярному співвідношенні 1:1. Її наважка масою 14,9 г повністю прореагувала з 20,0 г розчину 98%-ої (за масою) сульфатної кислоти.

**А** Установіть природу невідомої речовини та запишіть рівняння відповідної реакції.

**Б** Визначте масу утвореної солі.

**В** Чи реагуватиме водний розчин утвореної солі з металічним магнієм? Якщо так, то запишіть рівняння відповідної реакції.

#### Розв'язок

1. Електронній будові  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  відповідають катіони  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ , аніони  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{P}^{3-}$ . При поєднанні цих катіонів та аніонів утворюються сполуки  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{ScP}$ .

2. Знаходимо масу  $\text{H}_2\text{SO}_4$  у розчині 98%-ої сульфатної кислоти:

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(p - ну)}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m(p - ну) = 0,98 \cdot 20 \text{ г} = 19,6 \text{ г}$$

3. Знаходимо кількість  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , яка прореагувала з невідомою речовиною:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{19,6\text{г}}{98\text{г/моль}} = 0,20\text{моль}$$

4. Оскільки невідома речовина прореагувала повністю з  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , то кількість невідомої речовини становить 0,2 моль. Розраховуємо кількість речовини  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{ScP}$  у 14,9 г.

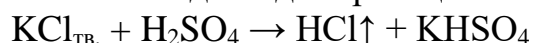
$$M(\text{KCl}) = 74,5 \text{ г/моль}; n(\text{KCl}) = m(\text{KCl}) / M(\text{KCl}) = 14,9 / 74,5 = 0,200 \text{ (моль)}$$

$$M(\text{CaS}) = 72 \text{ г/моль}; n(\text{CaS}) = m(\text{CaS}) / M(\text{CaS}) = 14,9 / 72 = 0,207 \text{ (моль)}$$

$$M(\text{ScP}) = 76 \text{ г/моль}; n(\text{ScP}) = m(\text{ScP}) / M(\text{ScP}) = 14,9 / 76 = 0,196 \text{ (моль)}$$

Отже, невідома речовина –  $\text{KCl}$  (калій хлорид)

5. Рівняння відповідної реакції:



6. Сіль, яка утворюється в результаті реакції – калій гідрогенсульфат ( $\text{KHSO}_4$ )

Знаходимо її масу за рівнянням реакції:

$$m(\text{KHSO}_4) = n(\text{KHSO}_4) \cdot M(\text{KHSO}_4) = 0,2 \cdot 136 = 27,2 \text{ (г)}$$

7. Складаємо рівняння реакції взаємодії водного розчину утвореної солі  $\text{KHSO}_4$  з  $\text{Mg}$ :



### Задача 6. (15 балів)

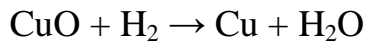
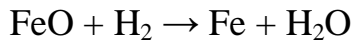
Маса твердого залишку, що утворився в результаті повного відновлення воднем 1,52 г суміші оксидів Феруму(II) та Купруму(II), дорівнює 1,2 г.

**А** Обчисліть масові частки оксидів у вихідній суміші

**Б** Обчисліть об'єм водню за стандартних умов, необхідний для повного відновлення цих оксидів.

Розв'язок

1. Відновлення оксидів металів проходить за рівняннями:



Нехай кількість речовини (Fe) –  $x$  моль, (Cu) –  $y$  моль. Тоді відповідно  $n(\text{FeO})$  –  $x$  моль, а  $n(\text{CuO})$  –  $y$  моль (відповідно до рівнянь реакцій).

2. Знайдемо маси металів та їх оксидів:  $m = M \cdot n$

$$m(\text{Fe}) = 56x, m(\text{Cu}) = 64y, m(\text{FeO}) = 72x, m(\text{CuO}) = 80y$$

$$\text{За умовою задачі } m(\text{Fe}) + m(\text{Cu}) = 1,2 \text{ г}, m(\text{FeO}) + m(\text{CuO}) = 1,52 \text{ г}$$

Складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 56x + 64y = 1,2 \\ 72x + 80y = 1,52 \end{cases}$$

Помножуємо перше рівняння на 1,25 і віднявши перше рівняння від другого отримуємо:

$$2x = 0,02, \text{ отже } x = 0,01$$

$$64y = 1,2 - 56 \cdot 0,01$$

$$64y = 1,2 - 0,56$$

$$64y = 0,64$$

$$y = 0,01$$

$$\text{Отже, } m(\text{FeO}) = 72\text{г/моль} \cdot 0,01 \text{ моль} = 0,72 \text{ г},$$

$$m(\text{CuO}) = 80\text{г/моль} \cdot 0,01 \text{ моль} = 0,8 \text{ г}$$

3. Знаходимо масові частки оксидів у вихідній суміші:

$$w(\text{FeO}) = m(\text{FeO}) / m_{\text{сум.}} = 0,72 / 1,52 = 0,4737 = 47,37\%$$

$$w(\text{CuO}) = m(\text{CuO}) / m_{\text{сум.}} = 0,8 / 1,52 = 0,5263 = 52,63\%$$

4. За рівнянням реакції для відновлення 1 моль оксиду потрібно 1 моль водню, отже, для відновлення 0,01 моль CuO і 0,01 моль FeO потрібно  $0,01 + 0,01 = 0,02$  моль водню

Стандартні умови:  $P = 101,3$  кПа і  $298\text{К}$

За рівнянням Клапейрона-Менделєєва знаходимо об'єм водню:

$$V(\text{H}_2) = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,02 \cdot 8,314 \cdot 298,3}{101} = 0,489\text{л}$$

Відповідь:  $w(\text{FeO}) = 47,37\%$ ,  $w(\text{CuO}) = 52,63\%$ ,  $V(\text{H}_2) = 0,489$  л