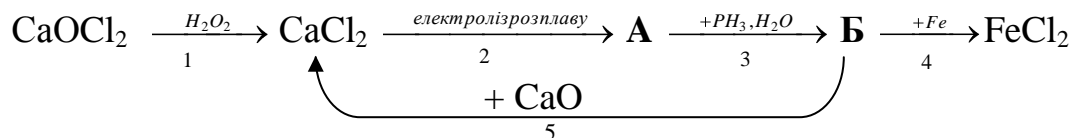


**III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2017-2018 навчальний рік**

Теоретичний тур

Задача 1. (10 балів)

Дана схема перетворень:



А Визначте невідомі речовини **А**, **Б**.

Б Напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити запропоновані перетворення.

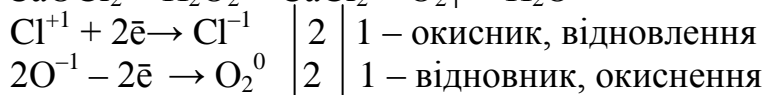
В Для реакції 1 складіть електронний баланс, визначте окисник і відновник.

Г Для реакції 2 запишіть процеси, що відбуваються на катоді та аноді.

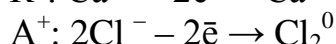
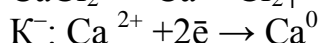
Розв'язок

А **А** – Cl_2 , **Б** – HCl

Б 1. $\text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{O}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$



2. $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca} + \text{Cl}_2\uparrow$



3. $4\text{Cl}_2 + \text{PH}_3 + 4\text{H}_2\text{O} = 8\text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_4$

4. $2\text{HCl} + \text{Fe} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$

5. $2\text{HCl} + \text{CaO} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Задача 2. (8 балів)

Полівінілхлорид (ПВХ) використовують як пакувальний матеріал для харчових продуктів, для виробництва миючих шпалер, дитячих іграшок і пляшок для води.

А Напишіть рівняння реакцій одержання полімеру із природного газу (об'ємна частка метану – 95%).

Б Обчисліть об'єм (н.у.) природного газу, який витрачається на одержання 1 кг полівінілхлориду, вихід якого від теоретичного становить 96%.

Розв'язок

А 1. Складаємо рівняння реакцій одержання полівінілхлориду із метану.

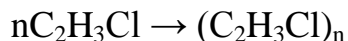
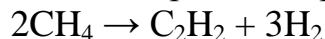
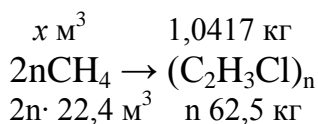


Схема перетворення метану в полівінілхлорид: $2n\text{CH}_4 \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n$

2. Обчислюємо теоретично можливу масу полівінілхлориду.

$$\eta = \frac{m_{\text{практична}}}{m_{\text{теоретичну}}} \cdot 100\%; \quad m_{\text{теор}} = \frac{m_{\text{практ}} \cdot 100\%}{\eta}; \quad m_{\text{теор}} = \frac{1\text{кг} \cdot 100\%}{96\%} = 1,0417\text{кг}$$

3. Обчислюємо об'єм метану, який потрібен для реакції одержання полівінілхлориду.



$$V(\text{CH}_4) = x = \frac{2n \cdot 22,4 \text{ м}^3 \cdot 1,0417 \text{ кг}}{n \cdot 62,5 \text{ кг}} = 0,747 \text{ м}^3$$

4. Обчислюємо об'єм природного газу, в якому знаходиться метан.

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4) \cdot 100\%}{V(\text{природного газу})}$$

$$V(\text{природного газу}) = \frac{V(\text{CH}_4) \cdot 100\%}{\varphi(\text{CH}_4)} = \frac{0,747 \text{ м}^3 \cdot 100\%}{95\%} = 0,786 \text{ м}^3, \text{ або } 786 \text{ л}$$

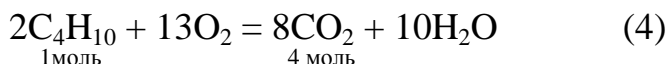
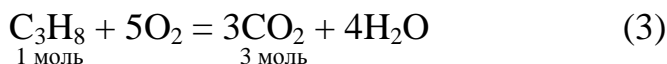
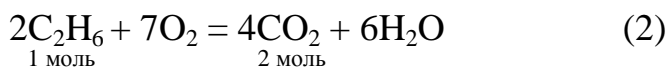
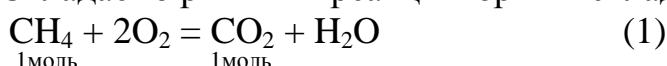
Відповідь: об'єм природного газу становить 786 л.

Задача 3. (12 балів)

Спалили газову суміш об'ємом 10 л, що складається з 30% метану, 20% етану, 30% пропану, 20% бутану. Газ, що утворився, пропустили крізь розчин натрій гідроксиду масою 300 г з масовою частковою лугу 40%. Обчисліть маси продуктів реакції.

Розв'язок

1. Складаємо рівняння реакцій горіння складових газової суміші.



2. Обчислюємо за законом об'ємних відношень об'єми вуглекислого газу, що виділився при згорянні кожної з складових суміші.

$$\varphi = \frac{V(\text{газу})}{V(\text{суміші})} \Rightarrow V(\text{газу}) = \varphi \cdot V_{\text{сум.}}$$

$$V(\text{CH}_4) = 10 \text{ л} \cdot 0,3 = 3 \text{ л} \Rightarrow V_1(\text{CO}_2) = 3 \text{ л}$$

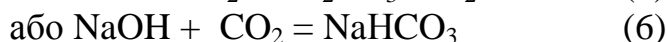
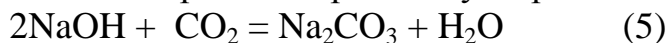
$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = 10 \text{ л} \cdot 0,2 = 2 \text{ л} \Rightarrow V_2(\text{CO}_2) = 2 \text{ л} \cdot 2 = 4 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = 10 \text{ л} \cdot 0,3 = 3 \text{ л} \Rightarrow V_3(\text{CO}_2) = 3 \text{ л} \cdot 3 = 9 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 10 \text{ л} \cdot 0,2 = 2 \text{ л} \Rightarrow V_4(\text{CO}_2) = 2 \text{ л} \cdot 4 = 8 \text{ л}$$

$$V_{\text{заг}}(\text{CO}_2) = 3 \text{ л} + 4 \text{ л} + 9 \text{ л} + 8 \text{ л} = 24 \text{ л}$$

3. Складаємо рівняння реакцій утвореного вуглекислого газу з натрій гідроксидом.



4. Визначаємо, які з речовин знаходяться в надлишку, а які в нестачі.

$$n(\text{CO}_2) = 24 : 22,4 = 1,07 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 300 \text{ г} \cdot 0,4 = 120 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 120 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 3 \text{ моль} \Rightarrow \text{NaOH знаходиться в надлишку}$$

Отже, відбудеться реакція (5) з утворенням середньої солі натрій карбонату.

5. Обчислюємо масу солі.

Обчислення ведемо за речовиною, яка знаходиться у нестачі.

За рівнянням (5) $n(\text{CO}_2) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \Rightarrow n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,07 \text{ моль}$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль} \cdot 1,07 \text{ моль} = 113,4 \text{ г}$$

6. У результаті реакції залишається ще 1,93 моль NaOH.

$$m(\text{NaOH}) = 1,93 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 77,2 \text{ г}$$

$$n_{\text{утв.}}(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,07 \text{ моль}$$

$$m_{\text{утв.}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,07 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 19,26 \text{ г}$$

Відповідь: утворюється середня сіль Na_2CO_3 , $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 113,4 \text{ г}$

$$m(\text{NaOH}) = 77,2 \text{ г}$$

$$m_{\text{утв.}}(\text{H}_2\text{O}) = 19,26 \text{ г}$$

Задача 4. (12 балів)

Шматочок халькопіриту CuFeS_2 розчинили в надлишку нітратної кислоти. У результаті реакції одержали 3,667 л газу (н.у.), густина якого при 1 атм. і 25 °С склала 1,227 г/л, та розчин масою 24,4 г з масовою часткою нітратної кислоти втричі меншу за її масову частку у початковому її розчині.

А За допомогою розрахунків, визначте молекулярну формулу газу, що утворився внаслідок реакції $\text{CuFeS}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{А} + \text{Б} + \text{С} + \text{Д}\uparrow + \text{Е}$

Б Запишіть відповідне рівняння реакції, встановивши формули невідомих речовин. Розставте коефіцієнти методом електронного балансу.

В Обчисліть масову частку нітратної кислоти у початковому розчині.

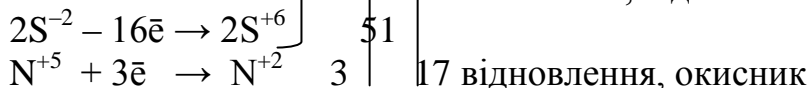
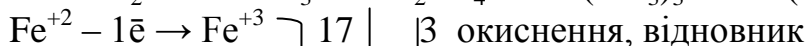
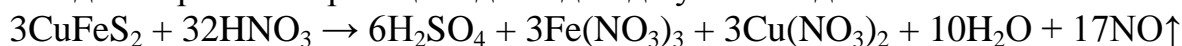
Розв'язок

А З рівняння Менделєєва-Клапейрона обчислюємо молярну масу невідомого газу і визначаємо, що це за газ.

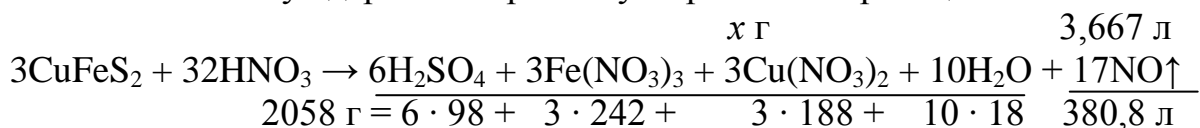
$$\text{Молярна маса газу: } M = \rho RT/p = 1,227 \cdot 8,314 \cdot 298/101325 = 0,03 \text{ кг/моль}$$

$$(1 \text{ г/л} = 1 \text{ кг/м}^3). M = 30 \text{ г/моль} - \text{це газ NO.}$$

Б Складаємо рівняння реакції відповідно до умови задачі.



В 1. Обчислюємо масу одержаного розчину за рівнянням реакції:



$$m(\text{розчину}) = 2058 \text{ г} \cdot 3,667 \text{ л} / 380,8 \text{ л} = 19,8 \text{ г}$$

2. Обчислюємо масу нітратної кислоти, яка не прореагувала і залишилася в розчині.

Маса розчину за умовою задачі складає: 24,4 г, а тому маса нітратної кислоти в розчині становить: $m(\text{HNO}_3) = 24,4 \text{ г} - 19,8 \text{ г} = 4,6 \text{ г}$.

3. Обчислюємо масову частку нітратної кислоти в розчині.

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{розчину})} \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{4,6\text{г}}{24,4\text{г}} \cdot 100\% = 19\%$$

4. Визначаємо масову частку нітратної кислоти у вихідному розчині, якщо відомо, що вона була втричі більшою.

$$w(\text{HNO}_3) = 19\% \cdot 3 = 57\%$$

Відповідь: масова частка нітратної кислоти, яку взяли для реакції становить 57%.

Задача 5. (13 балів)

Порошок сріблясто-біло-сірої простої речовини **A**, яка володіє гарною тепло- й електропровідністю, при нагріванні бурхливо реагує з твердою білою речовиною **B** з утворенням твердої білої речовини **B**, що легко сублімується і «димить» у вологому повітрі, та сріблясто-сірої простої речовини **D**, яку в Україні колись називали "оливом", і з якої стародавні римляни будували водопроводи.

Після розчинення продукту **B** у надлишку лугу і пропусканні через одержаний прозорий розчин газу **Г**, випадає білий осад, розчинний як в кислотах, так і в лугах.

A Назвіть речовини **A**, **B**, **B**, **Г** і **D**.

Б Запишіть рівняння згаданих вище реакцій у молекулярній та йонно-молекулярних формах.

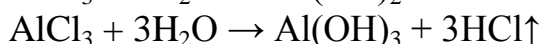
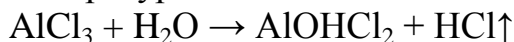
В Зазначте найважливішу галузь застосування речовини **B**.

Розв'язок

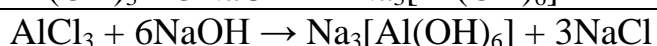
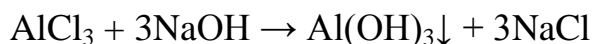
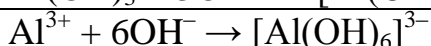
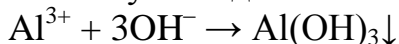
A Речовина **A** – це алюміній, **B** – плюмбум(II) хлорид, **B** – безводний алюміній хлорид, **Г** – вуглекислий газ або інший газуватий ангідрид слабкої кислоти, **D** – свинець.

Б Алюмінієвий порошок реагує з плюмбум(II) хлоридом:

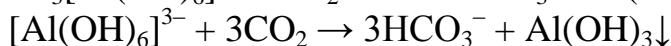
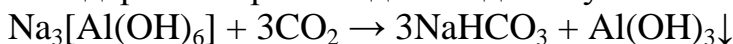
$2\text{Al} + 3\text{PbCl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3\uparrow + 3\text{Pb}$, одержаний Алюміній хлорид сублімується при температурі вище 180°C і «димить» у вологому повітрі внаслідок гідролізу:



Реагує з надлишком лугу:



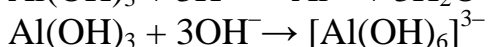
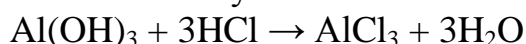
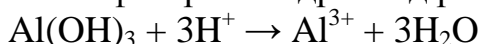
Одержаний розчин дає осад з газуватим кислотним оксидом:



або



Амфотерний гідроксид розчиняється в кислотах і лугах:



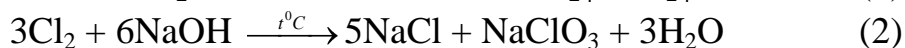
В Найважливіше технічне застосування AlCl_3 – каталізатор при переробці нафти і **в** органічних синтезах.

Задача 6. (15 балів)

Під час електролізу 1490 г 20% розчину калій хлориду на аноді виділилось 26,9 л газу (н.у.). Газ, який виділився, повністю поглинувся 171,4 мл 40% гарячого розчину натрій гідроксиду (густина 1,4 г/мл). Обчисліть склад розчину (% за масою), який утворився після поглинання газу розчином натрій гідроксиду. Знайдіть масову частку калій хлориду у розчині після електролізу.

Розв'язок

1. Записуємо рівняння реакцій:



2. Обчислюємо кількість речовини KCl:

$$n(\text{KCl}) = 1490 \cdot 0,2 / 74,5 = 4 \text{ (моль)}$$

3. Обчислюємо кількість речовини Cl₂, що виділився на аноді:

$$n(\text{Cl}_2) = 26,9 / 22,4 = 1,2 \text{ (моль)}$$

4. Обчислюємо кількість речовини NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = 171,4 \cdot 1,4 \cdot 0,4 / 40 = 2,4 \text{ (моль)}$$

5. Обчислюємо масу розчину після повного поглинання Cl₂:

$$m_{\text{р-ну}} = 171,4 \cdot 1,4 + 1,2 \cdot 71 = 240 + 85,2 = 325,2 \text{ (г)}$$

6. Обчислюємо маси продуктів реакції за рівнянням (2):

$$n(\text{NaCl}) = 5/3 n(\text{Cl}_2) = 5/3 \cdot 1,2 = 2 \text{ (моль)}, m(\text{NaCl}) = 58,5 \cdot 2 = 117 \text{ (г)}$$

$$n(\text{NaClO}_3) = 1/3 n(\text{Cl}_2) = 1/3 \cdot 1,2 = 0,4 \text{ (моль)}, m(\text{NaClO}_3) = 106,5 \cdot 0,4 = 42,6 \text{ (г)}$$

7. Обчислюємо масові частки солей у розчині:

$$w(\text{NaCl}) = 117 / 325,2 = 0,36 = 36\%$$

$$w(\text{NaClO}_3) = 42,6 / 325,2 = 0,131 = 13,1\%$$

8. За рівнянням 1 обчислюємо кількість речовини KCl, який прореагував:

$$n(\text{KCl}) = 2n(\text{Cl}_2) = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ (моль)}$$

9. Обчислюємо кількість речовини і масу KCl, який залишився в розчині:

$$n(\text{KCl}) = 4 - 2,4 = 1,6 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{KCl}) = 1,6 \cdot 74,5 = 119,2 \text{ (г)}$$

10. Маса розчину зменшилася за рахунок виділення хлору і водню.

11. Обчислюємо масу розчину після завершення електролізу:

$$m(\text{Cl}_2) = 1,2 \cdot 71 = 85,2 \text{ (г)}$$

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Cl}_2) = 1,2 \text{ моль}; m(\text{H}_2) = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ (г)}$$

$$m_{\text{р-ну}} = 1490 - 85,2 - 2,4 = 1402,4 \text{ (г)}$$

12. Обчислюємо масову частку KCl у розчині після електролізу:

$$w(\text{KCl}) = 119,2 \cdot 100\% / 1402,4 = 8,5\%$$

Відповідь: $w(\text{NaCl}) = 36\%$; $w(\text{NaClO}_3) = 13,1\%$; $w(\text{KCl}) = 8,5\%$