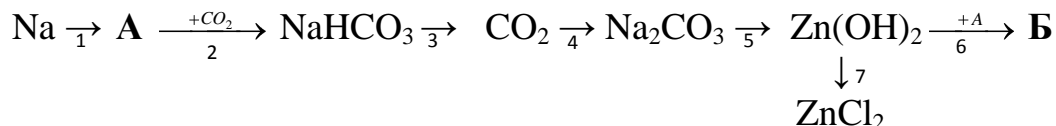


**Розв'язки завдань**  
**III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії**  
**2017-2018 навчальний рік**  
**Теоретичний тур**

**Задача 1. (10 балів)**

Дана схема перетворень:



**А** Визначте невідомі речовини **А** і **Б**.

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

**В** Для реакції 1 складіть схему електронного балансу, визначте окисник і відновник; для реакції 6 – складіть повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.

*Розв'язок*

1.  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$   
 $\text{Na}^0 - 1\bar{e} \rightarrow \text{Na}^+ \quad 1 - 2 - \text{відновник, окиснення}$   
 $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2^0 \quad 2 - 1 - \text{окисник, відновлення}$
2.  $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3$
3.  $\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{t^0\text{C}} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
4.  $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$
5.  $\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow$   
 або  
 $2\text{ZnCl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{ZnOH})_2\text{CO}_3\downarrow + 4\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow$
6.  $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$  (реакція відбувається у розчині)  
 $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- = 2\text{Na}^+ + [\text{Zn(OH)}_4]^{2-}$   
 або  
 $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3 + 6\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4] + \text{Na}_2\text{CO}_3$   
 $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3 + 6\text{Na}^+ + 6\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} = 4\text{Na}^+ + 2[\text{Zn(OH)}_4]^{2-} + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$   
 $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3 + 6\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} = 2[\text{Zn(OH)}_4]^{2-} + \text{CO}_3^{2-}$
7.  $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 або  
 $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{ZnCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

**Задача 2. (8 балів)**

Теплота згоряння жирів в організмі становить 39 кДж/г. Яка маса жиру може поповнити втрати організмом теплоти внаслідок випаровування 540 г води, якщо вважати що вся енергія згоряння жирів витрачається на цей процес? (Значення стандартних ентальпій утворення води у газоподібному та рідкому станах відповідно:  $\Delta H_{298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г.)}) = -241,84 \text{ кДж / моль}$ ,  $\Delta H_{298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(р.)}) = -285,84 \text{ кДж / моль}$ ).

*Розв'язок*

1. За наслідком закону Гесса для процесу  $\text{H}_2\text{O}_{(р.)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(г.)}$   
 $\Delta H = \Delta H_{298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(г.)}) - \Delta H_{298}^0(\text{H}_2\text{O}_{(р.)}) = -241,84 - (-285,84) = 44 \text{ кДж / моль}$ .

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{540\text{г}}{18\text{г/моль}} = 30\text{моль}.$$

$$3. \Delta H (\text{випаровування } 30 \text{ моль } \text{H}_2\text{O}) = 30 \text{ моль} \cdot 44 \text{ кДж/моль} = 1320 \text{ кДж}.$$

$$4. m(\text{жиру}) = 1320 \text{ кДж} : 39 \text{ кДж/г} = 33,8 \text{ г}.$$

Відповідь: 33,8 г.

### Задача 3. (12 балів)

До розчину сульфатної кислоти об'ємом 2,5 л (густина 1,001 г/см<sup>3</sup>, pH = 2) додали розчин сульфатної кислоти об'ємом 30 мл з масовою часткою 50 % (густина 1,396 г/мл). Обчисліть масову частку кислоти в одержаному розчині. Врахуйте, що дисоціація повністю відбулася за першим ступенем.

*Розв'язок*

$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ ; якщо  $\text{pH} = 2$ , то  $[\text{H}^+] = 10^{-2}$  моль/л

У 2,5л розчину міститься  $2,5 \cdot 0,01 = 2,5 \cdot 10^{-2}$  моль кислоти.

$$m_{\text{р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \rho V = 1,001 \cdot 2500 = 2502,5 \text{ (г)}$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 98 = 2,45 \text{ (г)}$$

$$m_{2 \text{ р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \rho V = 1,396 \cdot 30 = 41,88 \text{ (г)}$$

$$m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{2 \text{ р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 41,88 \cdot 0,5 = 20,94 \text{ (г)}$$

Утворився розчин масою  $m_{3 \text{ р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2502,5 + 41,88 = 2544,38 \text{ (г)}$ , який містить кислоту масою  $m_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20,94 + 2,45 = 23,39 \text{ (г)}$ .

$$\text{Тоді } w_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_3(\text{H}_2\text{SO}_4) / m_{3 \text{ р-ну}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 23,39 / 2544,38 = 0,0092 \text{ або } 0,92\%$$

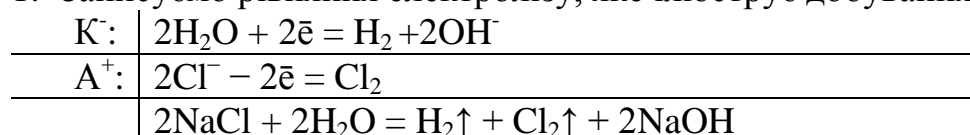
Відповідь: масова частка кислоти в одержаному розчині складає 0,92%.

### Задача 4. (12 балів)

Розчин масою 400 г з масовою часткою натрій хлориду 25 % використали для добування натрій гідроксиду шляхом електролізу. Обчисліть масову частку натрій гідроксиду в добутому розчині.

*Розв'язок*

1. Записуємо рівняння електролізу, яке ілюструє добування натрій гідроксиду:



2. Знаходимо масу натрій хлориду в розчині.

$$m(\text{NaCl}) = 400\text{г} \cdot 0,25 = 100\text{г}$$

3. Обчислюємо масу натрій хлориду за рівнянням реакції електролізу.

$$M(\text{NaCl}) = 58,5\text{г/моль}; M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{NaCl}) = 100\text{г} : 58,5 \text{ г/моль} = 1,7094\text{моль}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{NaOH}) = n_e(\text{H}_2\text{O}) = 1,7094\text{моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль} \cdot 1,71 \text{ моль} = 68,8 \text{ г}$$

4. Обчислюємо маси водню та хлору, що виділилися під час електролізу.

$$n(\text{H}_2) = 0,5 \cdot n(\text{NaCl}) = 0,5 \cdot 1,7094 \text{ моль} = 0,8547 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2) = 2\text{г/моль} \cdot 0,8547 \text{ моль} = 1,7 \text{ г}$$

$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{H}_2) = 0,8547 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль} \cdot 0,8547 \text{ моль} = 60,7 \text{ г}$$

5. Обчислюємо масу розчину лугу після завершення електролізу.

$$m(\text{розчину}) = 400\text{г} - (1,7 \text{ г} + 60,7 \text{ г}) = 337,6 \text{ г}$$

6. Обчислюємо масову частку натрій гідроксиду в добутому розчині.

$$w(\text{NaOH}) = 68,8\text{ г} : 337,6\text{ г} \cdot 100\% = 20,4\%$$

Відповідь:  $w(\text{NaOH}) = 20,4\%$

### Задача 5. (13 балів)

На сплав алюмінію, заліза та міді масою 14 г подіяли надлишком хлоридної кислоти. Виділився газ об'ємом 8,96 л. До такої ж маси цього сплаву додали надлишок натрій гідроксиду, при цьому виділився газ об'ємом 6,72 л.

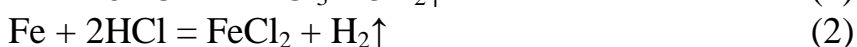
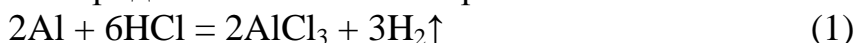
**А** Визначте склад сплаву у відсотках.

**Б** Передбачте фізичні властивості сплаву.

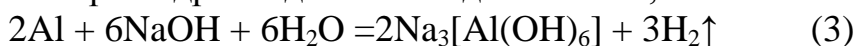
*Розв'язок*

1. Складаємо рівняння реакцій відповідно до умови задачі.

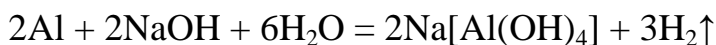
З хлоридною кислотою із перелічених металів взаємодіють лише Al і Fe, а тому:



З натрій гідроксидом взаємодіє лише Al, оскільки він є амфотерним металом:



або



2. Обчислюємо масу алюмінію за рівнянням (3).

$$n_3(\text{H}_2) = 6,72 : 22,4 = 0,3 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{Al}) = 0,3 \cdot 2 : 3 = 0,2 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{Al}) = 27 \cdot 0,2 = 5,4 \text{ (г)}$$

3. Обчислюємо масу заліза за рівнянням (2).

$$V_2(\text{H}_2) = 8,96 - 6,72 = 2,24 \text{ (л)}$$

$$n_2(\text{H}_2) = 2,24 : 22,4 = 0,1 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{Fe}) = 56 \cdot 0,1 = 5,6 \text{ (г)}$$

4. Обчислюємо масу міді.

$$m(\text{Cu}) = 14 - (5,4 + 5,6) = 3 \text{ (г)}$$

5. Обчислюємо відсотковий склад сплаву.

$$w(\text{Al}) = 5,4 : 14 \cdot 100\% = 39\%$$

$$w(\text{Fe}) = 5,6 : 14 \cdot 100\% = 40\%$$

$$w(\text{Cu}) = 3 : 14 \cdot 100\% = 21\%$$

Відповідь:  $w(\text{Al}) = 39\%$ ;  $w(\text{Fe}) = 40\%$ ;  $w(\text{Cu}) = 21\%$

6. Сплав легкий, жовтого кольору, має гарну електропровідність.

### Задача 6. (15 балів)

Приготували три однакових наважки суміші двох простих речовин масою 1,52 г. Першу наважку обробили хлоридною кислотою, взятою в надлишку, і в результаті реакції виділилося 0,896 л газу та залишилося 0,56 г твердого залишку. Другу наважку суміші обробили надлишком 10% розчину натрій гідроксиду і при цьому також виділилося 0,896 л газу і залишилось 0,96 г твердого залишку. Третю наважку прожарили за відсутності повітря й отримали речовину, яка повністю розчинилася у хлоридній кислоті з виділенням 0,448 л газу. Утворений у третьому досліді газ зібрали і ввели у герметично закриту посудину ємністю 1 л, заповнену киснем. Після взаємодії газу з киснем тиск у посудині зменшився приблизно у 10 разів. Складіть рівняння усіх хімічних реакцій, що відбулися і підтвердіть їх

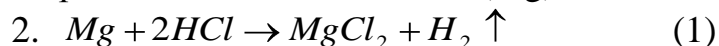
правильність розрахунками. (Під час розв'язку задачі вважайте, що об'єми газів виміряні за н.у.)

*Розв'язок*

1. Можна припустити, що проста речовина, яка прореагувала із хлоридною кислотою метал, який не взаємодіє із лугом, тому його маса дорівнює 0,96г. За законом еквівалентів, використовуючи дані досліду з першою наважкою:

$$\frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} = \frac{m_e(\text{Me})}{V_e(\text{H}_2)} \Rightarrow m_e(\text{Me}) = \frac{0,96 \cdot 11,2}{0,896} = 12 (\text{г/моль} - \text{екв.})$$

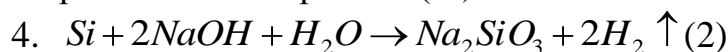
Методом підбору знаходимо, якщо валентність елементу дорівнює II, ця проста речовина – метал магній (Mg).



3. Друга проста речовина не взаємодіє із хлоридною кислотою, тому її маса становить 0,56 г. За законом еквівалентів, використовуючи дані досліду з другою наважкою:

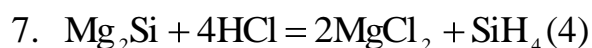
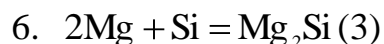
$$\frac{m(\text{R})}{V(\text{H}_2)} = \frac{m_e(\text{R})}{V_e(\text{H}_2)} \Rightarrow m_e(\text{R}) = \frac{0,56 \cdot 11,2}{0,896} = 7 (\text{г/моль} - \text{екв.})$$

Методом підбору знаходимо, якщо валентність елементу дорівнює IV, ця речовина R – кремній (Si)

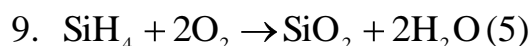


5. За результати досліду з третьою наважкою:

$$n(\text{Mg}) : n(\text{Si}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} : \frac{m(\text{Si})}{M(\text{Si})} = \frac{0,96\text{г}}{24\text{г/моль}} : \frac{0,56\text{г}}{28\text{г/моль}} = 0,04 : 0,02 = 2 : 1 \Rightarrow \text{Mg}_2\text{Si}$$



8.  $n(\text{SiH}_4) = \frac{V}{V_m} = \frac{0,448\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,02 = n(\text{Mg}_2\text{Si})$ , відповідає рівнянню (4)



10. До перебігу реакції (5)  $n(\text{O}_2) = \frac{1\text{л}}{22,4\text{л/моль}} + 0,0446\text{моль}$ ,

За рівнянням реакції (5)  $n(\text{O}_2)_{\text{реакт.}} = 0,04 \Rightarrow n(\text{O}_2)$ , що залишився, дорівнює

$n_{\text{зал.}}(\text{O}_2) = 0,0446 - 0,04 = 0,0046 \text{ моль.}$

Відношення кількості речовини кисню до реакції (5) і після її завершення

дорівнює  $\frac{0,0446}{0,0046} = 10$ , що відповідає даним про зниження тиску у 10 разів за

умовою задачі.