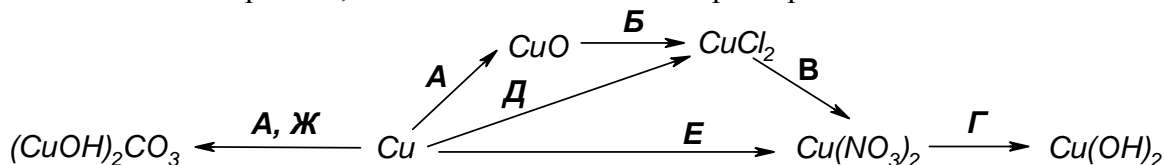


8 клас

Задача 1 (10 балів)

Напишіть хімічні реакції, які відповідають таким перетворенням:



Які реагенти зашифровані літерами А–Е у схемі перетворень. Утворенням якої сполуки Купруму можна пояснити зелений колір дахів старовинних будівель, покритих мідною бляхою, які належать до пам'яток архітектури Львова?

Розв'язок

- 1)  $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$
- 2)  $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{CuCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}\downarrow$
- 4)  $\text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{NaNO}_3$
- 5)  $\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$
- 6)  $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{розв.}) = 3\text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$   
або  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц.}) = \text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

На повітрі в присутності водяної пари та вуглекислого газу відбувається перетворення купруму:

- 7)  $2\text{Cu} + \text{O}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  (або  $\text{Cu(OH)}_2 \cdot \text{CuCO}_3$ )  
Назва – Купрум(ІІ) гідроксокарбонат

Задача 2 (10 балів)

Один літр суміші гідроген фториду та гідроген хлориду важить (за нормальних умов) 1,39 г. Визначте об'ємний (у %) склад суміші.

Розв'язок

- 1) нехай  $\nu(\text{HF}) = x$  (моль), а  $\nu(\text{HCl}) = y$  (моль).
- 2) Оскільки  $\nu = \frac{V}{V_M}$ ;  $V = \nu \cdot V_M$ , то  $V(\text{HF}) = \nu(\text{HF}) \cdot 22,4$  (л/моль);  $V(\text{HCl}) = \nu(\text{HCl}) \cdot 22,4$  (л/моль)

Згідно умови задачі  $V(\text{HF}) + V(\text{HCl}) = 1$  (л), то провівши заміну отримаємо:  
 $x \cdot 22,4 + y \cdot 22,4 = 1$ .

- 3) Оскільки  $\nu = \frac{m}{M}$ ;  $m = \nu \cdot M$ , то  $m(\text{HF}) = \nu(\text{HF}) \cdot 19$  (г/моль);  $m(\text{HCl}) = \nu(\text{HCl}) \cdot 36,5$  (г/моль).

Згідно умови задачі  $m(\text{HF}) + m(\text{HCl}) = 1,39$  (г), то провівши заміну отримаємо:  
 $x \cdot 19 + y \cdot 36,5 = 1,39$ .

- 4) Складемо і розв'яжемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 22,4 \cdot x + 22,4 \cdot y = 1 & (1) \\ 19x + 36,5y = 1,39 & (2) \end{cases}$$

Розділимо перше рівняння на 22,4  
 $(22,4 \cdot x + 22,4 \cdot y = 1) / 22,4$ ;

$$x + y = 0,045;$$

Виразимо  $x$  через  $y$

$$x = 0,045 - y;$$

Підставимо  $x$  в друге рівняння

$$19(0,045 - y) + 36,5y = 1,39; \quad 0,855 - 19y + 36,5y = 1,39;$$

$$17,5y = 0,535; \quad y = 0,031 \text{ (моль)}; \quad x = 0,045 - 0,031 = 0,014 \text{ (моль)};$$

Отже  $\nu(\text{HF}) = 0,014$  (моль), а  $\nu(\text{HCl}) = 0,031$  (моль),

5) Розрахуємо об'ємні частки компонентів в суміші згідно формули:

$$\varphi(\text{HF}) = \frac{V(\text{HF})}{V(\text{HF}) + V(\text{HCl})} = \frac{\nu(\text{HF}) \cdot V_M}{\nu(\text{HF}) \cdot V_M + \nu(\text{HCl}) \cdot V_M};$$

$$\varphi(\text{HF}) = \frac{0,014(\text{моль}) \cdot 22,4\left(\frac{\text{л}}{\text{моль}}\right)}{0,014(\text{моль}) \cdot 22,4\left(\frac{\text{л}}{\text{моль}}\right) + 0,031(\text{моль}) \cdot 22,4\left(\frac{\text{л}}{\text{моль}}\right)} = 0,31 \text{ (або 31\%)};$$

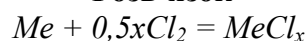
$$\varphi(\text{HCl}) = 1 - \varphi(\text{HF}) = 1 - 0,31 = 0,69 \text{ (або 69\%)};$$

### Задача 3 (10 балів)

При вивченні властивостей досліджуваного металу масою 8 г в хімічній лабораторії встановлено, що при взаємодії його із надлишком хлору утворюється 22,2 г хлориду металу. Визначте, який це метал.

#### Розв'язок

1) Записуємо рівняння реакції



2) приймаємо за  $y$  молекулярну (атомну) масу металу:  $M(\text{Me}) = y \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ ;

3) записуємо вираз для визначення кількості (числа моль) металу:

$$\nu(\text{Me}) = \nu(\text{MeCl}_x) = \frac{m}{M} = \frac{8}{y} \text{ моль};$$

4) записуємо вираз для визначення молярної маси хлориду металу

$$M(\text{MeCl}_x) = \frac{m}{\nu} = \frac{22,2}{\frac{8}{y}} = y + 35,5x \frac{\text{г}}{\text{моль}};$$

5) записуємо рівняння, за яким визначаємо  $y$  молекулярну (атомну) масу металу і розв'язуємо його

$$22,2 = \frac{8}{y}(y + 35,5x); \quad 22,2 = 8 + \frac{284x}{y}; \quad y = 20x;$$

$x$	1	2	3
$y$	20	40	60
Me	-	Ca	-

6) Отже невідомий метал – кальцій (Ca).

### Задача 4 (15 балів)

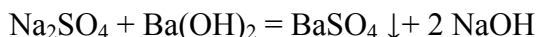
Масова частка Оксигену в кристалогідраті, що містить Натрій і Сульфур становить 69,57%. Визначте склад кристалогідрату, якщо він при розчиненні і взаємодії з баритовою водою (розчин  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) дає осад, що не розчиняється ні в кислотах, ні в лугах.

#### Розв'язок

1) З умови видно, що кристалогідратом є натрієва сірковмісна сіль з брутто-формулою  $\text{Na}_x\text{S}_y(\text{O})_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Запишемо можливі варіанти формул сполуки:  $\text{Na}_2\text{S} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

2) Осад нерозчинний в лугах та кислотах утворюється лише при взаємодії  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  з баритовою водою:



Тож робимо висновок, що шуканою сіллю є сульфат натрію  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

3) Встановлюємо склад кристалогідрату  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$$

Масова частка Оксигену в кристалогідраті становить

$$\frac{16(4+n)}{142+18n} = 0,6957; \quad 16(4+n) = 0,6957(142+18n); \quad 64+16n = 98,7894+12,5226n$$

$$3,4774n = 34,7894; \quad n = 10$$

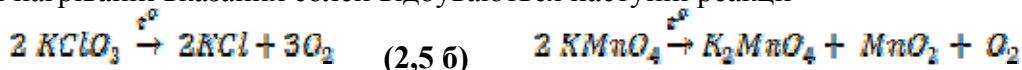
Тож кристалогідрат має формулу  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (глауберова сіль).

### Задача 5 (15 балів)

Нагріли суміш бертолетової солі та калій перманганату масою 280,5 г. В результаті реакції виділилось 44,8 л газу (н.у.). Визначте масу кожного з компонентів у вихідній суміші.

#### Розв'язок

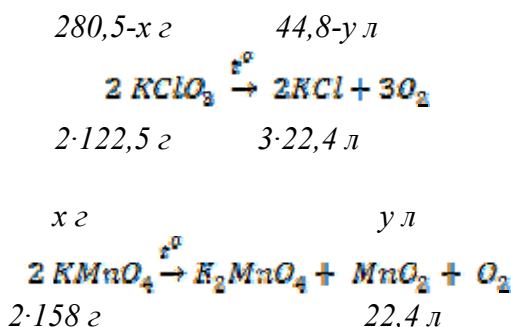
1) При нагріванні вказаних солей відбуваються наступні реакції



2) Складаємо пропорцію. Нехай маса перманганату рівна  $x$  г, а об'єм кисню, який виділився при розкладі  $x$  г перманганату становить  $y$  л

Тоді маса бертолетової солі становить  $280,5-x$  г, а об'єм кисню, який виділився при її розкладі, становить  $44,8-y$  л.

Складаємо систему рівнянь:



3) Розв'язуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{280,5-x}{2 \cdot 122,5} = \frac{44,8-y}{3 \cdot 22,4} \\ \frac{x}{2 \cdot 158} = \frac{y}{22,4} \end{cases} \quad \begin{cases} (280,5-x) \cdot 3 \cdot 22,4 = 2 \cdot 122,5 \cdot (44,8-y) \\ x = \frac{2 \cdot 158 \cdot y}{22,4} \end{cases} \quad \begin{cases} 7873,6 = \frac{67,2 \cdot 316 \cdot y}{22,4} - 245 \cdot y \\ 7873,6 = 948 \cdot y - 245y \\ 7873,6 = 703 \cdot y \end{cases}$$

$$y = 11,2 \text{ (л)} \quad x = \frac{316 \cdot 11,2}{22,4} = 158 \text{ (г)} \quad 280,5 - 158 = 122,5 \text{ (г)}$$

Тож маса бертолетової солі становила 122,5 г, а перманганату калію – 158 г.

### Задача 6 (20 балів)

Через тунель довжиною 12 км та площею перерізу  $38 \text{ м}^2$  за годину проїжджають 1000 автомашин, які витрачають в середньому 8 л бензину на 100 км. Середня густина бензину  $0,75 \text{ кг/л}$ , і він містить 86 мас. % карбону. У викидних газах автомобілів кількість  $\text{CO}_2$  в дев'ять разів переважає вміст  $\text{CO}$ . Розрахуйте, через скільки часу (у випадку ремонту вентиляційної системи) вміст  $\text{CO}$  в повітрі тунелю (за температури  $290 \text{ К}$  та тиску  $101,3 \text{ кПа}$ ) досягнє би гранично допустимого вмісту концентрації ( $0,08 \text{ об.}\%$ ).

**Розв'язок**

1) За 1 годину автомашини спалить  $1000 \cdot 0,75 \cdot 8 \cdot (12/100) = 720$  кг бензину. Ця кількість бензину містить  $720 \cdot 0,86 = 619,2$  кг карбону, що становить  $619,2 \cdot 1000/12 = 51\,600$  моль.

2) Згідно рівнянь реакцій  $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ,  $2C + O_2 \rightarrow 2CO$ , з одного моля карбону утворюється один моль оксиду. Виходячи з цього, за 1 годину в тунелі утвориться 51 600 моль суміші  $CO_2$  та  $CO$ . Враховуючи, що частка  $CO$  в цій суміші становить  $1/(1+9) = 0,1$ , знаходимо кількість молей  $CO$ :  $0,1 \cdot 51\,600 = 5\,160$  моль.

3) Об'єм  $CO$ , який утвориться за 1 годину, знаходимо за рівнянням Менделєєва-Клапейрона

$$V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{5160 \cdot 8,31 \cdot 290}{101300} = 122,76 \text{ м}^3.$$

Об'єм тунелю дорівнює  $12\,000 \cdot 38 = 456\,000 \text{ м}^3$ , в критичний момент в ньому має міститись  $456\,000 \cdot 0,0008 = 364,80 \text{ м}^3$   $CO$ .

4) Кількість  $CO$  зросте до гранично допустимої концентрації за  $364,80/122,76 = 2,97$  год., або 178,3 хв. після зупинки вентиляторів.

Отже, кількість  $CO$  зросте до гранично допустимого вмісту через **178 хв.** після зупинки вентиляторів

9 клас

Задача 1 (20 балів)

Закінчіть (напишіть продукти та урівняйте) наведені нижче рівняння окисно-відновних хімічних реакцій:

- 1)  $\text{HgCl}_2 + \text{SnCl}_2 = \dots$ ;                      3)  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 = \dots$ ;                      5)  $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 = \dots$ ;  
 2)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) = \dots$ ;                      4)  $\text{Rb} + \text{H}_2\text{O} = \dots$ ;                      6)  $\text{S} + \text{KOH} (\text{гаряч.}) = \dots$

Вкажіть для кожної з реакцій, яка з речовин відіграє роль окисника, а яка відновника? Який елемент і в якому ступені окиснення окиснюється, а який відновлюється?

**Розв'язок**

- 1)  $2 \text{HgCl}_2 + \text{SnCl}_2 = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{SnCl}_4$                        $\text{HgCl}_2$  – окисник,  $\text{SnCl}_2$  – відновник  
 $\text{Hg}^{+2}$  – відновлюється,  $\text{Sn}^{+2}$  – окиснюється
- 2)  $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) = \text{CuSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$                        $\text{H}_2\text{SO}_4$  – окисник,  $\text{Cu}$  – відновник  
 $\text{S}^{+6}$  – відновлюється,  $\text{Cu}^0$  – окиснюється
- 3)  $3 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KMnO}_4 = 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{KOH} + 3\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$                        $\text{KMnO}_4$  – окисник,  $\text{H}_2\text{O}_2$  – відновник  
 $\text{Mn}^{+7}$  – відновлюється,  $\text{O}^-$  – окиснюється
- 4)  $2 \text{Rb} + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{RbOH} + \text{H}_2 \uparrow$                        $\text{H}_2\text{O}$  – окисник,  $\text{Rb}$  – відновник  
 $\text{H}^+$  – відновлюється,  $\text{Rb}^0$  – окиснюється
- 5)  $3 \text{As}_2\text{S}_3 + 28 \text{HNO}_3 + 4 \text{H}_2\text{O} = 6 \text{H}_3\text{AsO}_4 + 9 \text{H}_2\text{SO}_4 + 28 \text{NO}$                        $\text{HNO}_3$  – окисник,  $\text{As}_2\text{S}_3$  – відновник  
 або                       $\text{N}^{+5}$  – відновлюється,  $\text{As}^{+3}$  і  $\text{S}^{-2}$  – окиснюються  
 $\text{As}_2\text{S}_3 + 28 \text{HNO}_3 = 2 \text{H}_3\text{AsO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 28 \text{NO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$

Перебіг реакції залежить від концентрації  $\text{HNO}_3$ , обидва варіанти є правильними.

- 6)  $3 \text{S}^0 + 6 \text{KOH} (\text{гаряч.}) = 2 \text{K}_2\text{S}^{-2} + \text{K}_2\text{S}^{+4}\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$  або                      – реакція **диспропорціювання** (само-  
 $4 \text{S}^0 + 6 \text{KOH} (\text{гаряч.}) = 2 \text{K}_2\text{S}^{-2} + \text{K}_2\text{S}^{+6}\text{O}_3\text{S}^{-2} + 3 \text{H}_2\text{O}$                       окиснення-самовідновлення або дис-  
 мутації), в якій атоми одного й того ж елемента (у цьому випадку – S) і окиснюються, і відновлюються. Такі реакції можуть відбуватися лише за участю сполук, які містять елементи в проміжних ступенях окиснення. Продукти реакції містять певний елемент у більш окисненому і більш відновленому станах, порівняно з вихідним

Задача 2 (6 балів)

Проба містить приблизно 22 мас. % алюміній сульфату. Який об'єм (у мл) 0,12 M розчину барій хлориду потрібний для осадження сульфату з 1,00 г такої проби, якщо відомо, що для досягнення повного осадження треба використати осаджувач з 20 % надлишком.

**Розв'язок**

- 1) Осадження відбувається за реакцією:  
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{BaCl}_2 = 3 \text{BaSO}_4 \downarrow + 2 \text{AlCl}_3$
- 2) Спершу обчислимо масу алюміній сульфату в пробі:  
 $\omega = \frac{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{m_{\text{проби}}} \cdot 100\%$ ;                       $m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,22 \cdot 1,00 = 0,22 \text{ г.}$
- 3) За рівнянням реакції обчислимо масу осаджувача ( $\text{BaCl}_2$ ):  
 $M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342 \text{ г/моль}$ ;  $M(\text{BaCl}_2) = 208 \text{ г/моль}$   
 $m(\text{BaCl}_2) = \frac{0,22 \cdot 3 \cdot 208}{342} = 0,4014 \text{ г.}$
- 4) Врахуємо, що для досягнення повного осадження треба використати осаджувач з 20% надлишком:  
 $m_{\text{надл}}(\text{BaCl}_2) = 0,4014 \cdot 0,2 = 0,0803 \text{ г}$ , тому загальна маса  $\text{BaCl}_2$ , яку треба використати для осадження становить  $0,4014 + 0,0803 = 0,4817 \text{ г.}$
- 5) Обчислимо об'єм  $\text{BaCl}_2$ :  
 $C = \frac{m}{M \cdot V} \Rightarrow V = \frac{m}{C \cdot M} = \frac{0,4817}{0,12 \cdot 208} = 0,0193 \text{ л} = 19,3 \text{ мл.}$

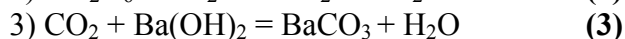
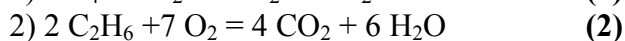
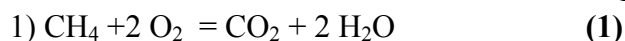
9 клас

Задача 3 (15 балів)

Природний газ одного з родовищ складається з метану, етану й вуглекислого газу. У 500 мл кисню спалили 200 мл цього газу. Після реакції суміш вуглекислого газу і кисню становила 310 мл. Отриману суміш пропустили через розчин баритової води. Маса одержаного осаду становила 1,9345 г. Визначте склад природного газу (в об. %).

Які ще речовини можуть входити до складу природного газу? Як можна синтетично одержати метан у лабораторії?

**Розв'язок**



4) Згідно з реакцією (3) ( $M(\text{BaCO}_3) = 197 \text{ г/моль}$ )  $n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3) = \frac{1,9345}{197} = 9,82 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$

$V(\text{CO}_2) = 9,82 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 = 0,2199 \text{ л} = 220 \text{ мл}$  – це сумарний об'єм  $\text{CO}_2$  з природного газу і утвореного в результаті реакцій горіння (1) і (2)

5) Тоді об'єм кисню, який залишився (не витратився на реакції горіння) становить

$$V(\text{O}_2) = 310 - 220 = 90 \text{ мл}$$

6) Позначимо об'єм метану у природному газі через  $X$  мл, а об'єм вуглекислого газу – через  $Y$  мл.

Тоді об'єм етану становитиме  $200 - X - Y$  мл. Керуючись рівняннями реакцій (1) і (2) визначаємо

Об'єм алкану	Витратилося кисню	Утворилося $\text{CO}_2$
$X$ мл $\text{CH}_4$	$2X$ мл $\text{O}_2$	$X$ мл $\text{CO}_2$
$200 - X - Y$ мл $\text{C}_2\text{H}_6$	$\frac{7}{2}(200 - X - Y)$ мл $\text{O}_2$	$\frac{4}{2}(200 - X - Y)$ мл $\text{CO}_2$

Тоді залишилося кисню:

$$500 - 2X - \frac{7}{2}(200 - X - Y) = 500 - 2X - \frac{7}{2} \cdot 200 + \frac{7}{2}X + \frac{7}{2}Y = \frac{3}{2}X + \frac{7}{2}Y - 200$$

$$\frac{3}{2}X + \frac{7}{2}Y - 200 = 90; \quad 3X + 7Y = 580 - \text{I рівняння}$$

$$\text{Сумарний об'єм вуглекислого газу становить: } X + \frac{4}{2}(200 - X - Y) + Y = 400 - X - Y; \quad 400 - X - Y = 220$$

$$X + Y = 180 - \text{II рівняння}$$

7) Розв'язуємо систему рівнянь:

$$X = 180 - Y$$

$$7Y + 3(180 - Y) = 580$$

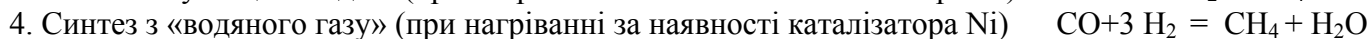
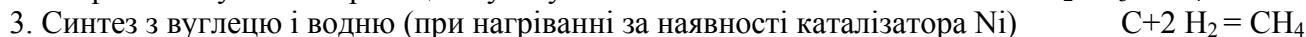
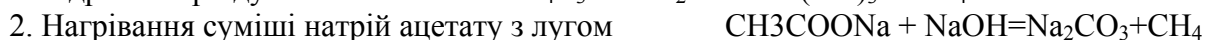
$Y = 10$  мл – об'єм  $\text{CO}_2$  у природному газі;  $X = 180 - 10 = 170$  мл – об'єм метану у природному газі.

$$200 - X - Y = 200 - 170 - 10 = 20 \text{ мл об'єм етану;}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = \frac{170}{200} \cdot 100\% = 85\%; \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{20}{200} \cdot 100\% = 10\%; \quad \varphi(\text{CO}_2) = 5\%.$$

8) До складу природного газу можуть входити ще пропан, бутан, пентан, а також незначні кількості азоту чи оксидів нітрогену.

У лабораторних умовах синтетично метан можна отримати:



Задача 4 (12 балів)

Під час взаємодії водних розчинів, які містять, відповідно, 36,5 г HCl і 40 г NaOH, виділяється 57 кДж тепла. Стільки ж тепла виділяється при взаємодії такого ж розчину NaOH з еквівалентною кількістю розчину HNO<sub>3</sub>, а при взаємодії з 1 моль HClO виділяється 38 кДж тепла. Напишіть рівняння відповідних реакцій у молекулярному та іонному вигляді та поясніть, чому при взаємодії HClO з NaOH виділяється менше тепла?

Скільки тепла виділиться внаслідок доливання до 150 г 10,7%-го розчину HClO<sub>4</sub> 10%-го розчину NaOH масою 40 г? Чи зміниться тепловий ефект, якщо змінити порядок зливання розчинів: до 40 г 10%-го розчину NaOH долити 150 г 10,7%-го розчин HClO<sub>4</sub>?

Як називають реакції, які супроводжуються виділенням тепла?

Розв'язок

- 1)  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  (1)  
 $\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}; \quad \text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- 2) 36,5 г HCl і 40 г NaOH становлять по 1 моль речовини відповідно, тобто 57 кДж – це тепловий ефект реакції
- 3)  $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (2)  
 $\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{Na}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}; \quad \text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- 4) «Еквівалентною кількістю розчину HNO<sub>3</sub>» – також означає 1 моль речовини HNO<sub>3</sub> (див. реакцію 2). HCl і HNO<sub>3</sub> – сильні кислоти, практично повністю дисоційовані в розчині на іони. Тому в обидвох випадках ідеться про тепловий ефект реакції нейтралізації:  
 $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} + Q, Q = 57 \text{ кДж}$
- 5)  $\text{HClO} + \text{NaOH} = \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$  (3)
- 6) Кислота HClO – слабка, для нейтралізації треба розірвати зв'язок у молекулах HClO. Тому тепловий ефект реакції (3) менший.
- 7)  $\text{HClO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  (4)  
 $\text{H}^+ + \text{ClO}_4^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{Na}^+ + \text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O}; \quad \text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- 8) У 150 г розчину HClO<sub>4</sub> з концентрацією 10,7 % міститься 16,05 г HClO<sub>4</sub>, що становить 0,16 моль речовини (M(HClO<sub>4</sub>)=100,5 г/моль).  
 У 40 г розчину NaOH з концентрацією 10 % міститься 4 г NaOH, що становить 0,1 моль речовини (M(NaOH)=40 г/моль).  
 Отже, HClO<sub>4</sub> у надлишку, тому обчислення виконуємо за NaOH. За реакцією (4), з 0,1 моль NaOH утвориться 0,1 моль води. Тому виділиться тепла:  
 $57 \cdot 0,1 = 5,7 \text{ кДж}$ .
- 9) Зі зміною порядку зливання розчинів тепловий ефект зміниться. Кислота є у надлишку, після реакції нейтралізації луку відбуватиметься розведення кислоти. Теплоту цього процесу треба врахувати.
- 10) Реакції, які супроводжуються виділенням тепла, називають *екзотермічними*.

Задача 5 (15 балів)

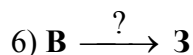
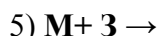
При прожарюванні речовини А утворюється порошок металу М і суміш газів Б і В. Метал М реагує з речовиною Г з утворенням розчину А і газу Б. Під час взаємодії твердої речовини А з газом Д (на холоді) утворюється сіль С, газ В і речовина Ж. Сіль С нерозчинна у воді і мінеральних кислотах. Речовини Б і Ж мають однаковий якісний склад. Ж реагує з водою, утворюючи речовину Г. Метал М не взаємодіє з В, проте взаємодіє з речовиною З, у яку, за певних умов, можна перетворити В.

Розшифруйте речовини А, Б, В, Г, Д, Ж, З, М і С та запишіть рівняння усіх згаданих реакцій.

Розв'язок

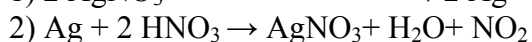
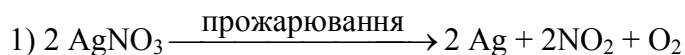
- 1)  $\text{A} \xrightarrow{\text{прожарювання}} \text{M} + \text{B} + \text{B};$
- 2)  $\text{M} + \text{Г} \rightarrow \text{A} + \text{H}_2\text{O} + \text{B};$
- 3)  $\text{A}_{(\text{тв})} + \text{Д} \rightarrow \text{C} + \text{B} + \text{Ж};$
- 4)  $\text{Ж} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Г};$

9 клас

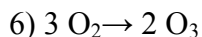


Очевидно, що Г – кисневмісна кислота, оскільки утворюється під час взаємодії Ж водою. Це кислота-окисник, оскільки у ній розчиняється М з утворенням розчину речовини А. Речовина А – повинна бути сіллю М з кислотним залишком Г. Кислотоутворюючий оксид Ж, оксид В (впливає з однакового якісного складу), кислота Г і речовина А (її кислотний залишок) містять спільний елемент Е, якому властива змінна ступінь окиснення. Якщо цей елемент – нітроген, тоді Г –  $HNO_3$ , Ж –  $N_2O_5$ .

Речовина А – нітрат. З утворенням металу і двох газів ( $NO_2$  і  $O_2$ ) розкладаються нітрати малоактивних металів, які стоять у ряду напруг після Cu. Якщо Б і Ж мають однаковий якісний склад, то  $NO_2$  – Б, тоді  $O_2$  – В. М не може бути Hg, бо Hg окиснюється киснем до HgO, не може бути Au, бо золото не розчиняється у  $HNO_3$ . Очевидно метал М – Ag. Тоді

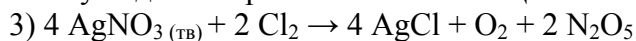


В можна перетворити у 3 за певних умов. Якщо В –  $O_2$ , то очевидно, що 3 –  $O_3$ . Умови: тліючий електричний розряд, ультрафіолетове випромінювання.



5)  $Ag + O_3 \rightarrow AgO + O_2$  – озон сильний окисник, окиснює практично всі метали, за винятком Au, Pt, Ir, до вищих ступенів окиснення. Ступінь окиснення +2 Ag виявляє тільки у сполуках з O і F.

З'ясуємо реакцію (3):  $AgNO_3_{(ТВ)} + D \rightarrow C + O_2 + N_2O_5$  – окисно-відновна реакція, оскільки виділяється кисень. Газ повинен бути сильним окисником, щоб окиснити Оксиген. Сіль С нерозчинна у воді і мінеральних кислотах. Цим вимогам відповідають  $Cl_2$  і  $AgCl$ .

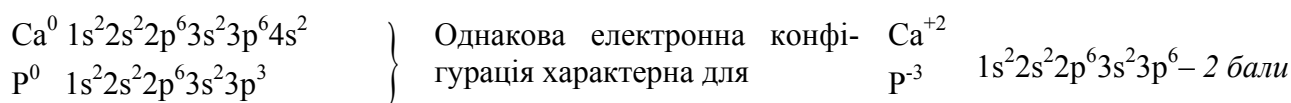


Задача 6 (12 балів)

В яких ступенях окиснення фосфор і кальцій мають однакові електронні конфігурації? Зобразіть ці електронні конфігурації.

Чи можуть ще інші елементи в певних стійких ступенях окиснення мати таку ж електронну конфігурацію? Які? Наведіть приклади відповідних сполук цих елементів.

Розв'язок



Це електронна конфігурація атома  $Ar^0$

(1 бал).

У такій ж електронній конфігурації перебувають

(по 1 балу)

Елемент, ступінь окиснення	Приклади сполук
Si, -4	$SiH_4$
S, -2	$H_2S$
Cl, -1	$HCl, KCl$
K, +1	$KCl, KNO_3$
Sc, +3	$ScCl_3$
Ti, +4	$TiO_2$
V, +5	$KVO_3$
Cr, +6	$K_2Cr_2O_7$
Mn, +7	$KMnO_4$



10 клас

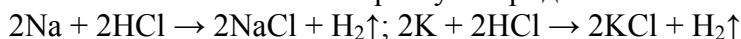
Задача 1 (8 балів)

Амальгаму натрію та калію масою 12,0 г обробили надлишком розведеної соляної кислоти. При цьому виділилось 772,8 мл газу (н.у.). Нерозчинний залишок відділили від розчину та зважили. Його маса складає 10 г. Визначте склад амальгами (у мас. %)

Розв'язок

Амальгамами називають сплави ртуті з іншим металом чи металами.

При розчиненні амальгами калію та натрію у хлоридній кислоті відбуватимуться наступні реакції:



(паралельний перебіг реакції взаємодії лужних металів з водою не змінюватиме обрахунків, оскільки на два моль металу теж виділяється 1 моль водню).

Ртуть не реагує з хлоридною кислотою, оскільки знаходиться в ряді активності металів після водню. Тому нерозчинний залишок – ртуть. Маса натрію та калію у амальгамі становитиме  $12 \text{ г} - 10 \text{ г} = 2 \text{ г}$ .

Для встановлення кількості в амальгамі натрію та калію припустимо, що  $x$  – маса натрію, це становитиме  $x/23$  (0,043 $x$ ) моль. Калію в суміші буде  $2-x$ , що відповідає  $(2-x)/39$  (0,051–0,026 $x$ ) моль. За рівнянням реакції під час взаємодії натрію з кислотою має утворитися 0,0215 $x$  моль  $\text{H}_2$ , а калію – 0,0255–0,013 $x$  моль водню. Згідно умови задачі утворилось 0,7728 л/22,4 л/моль = 0,0345 моль  $\text{H}_2$ . Отже,  $0,0215x + 0,0255 - 0,013x = 0,0345$ . Розв'язавши рівняння отримуємо  $x = 1,06$  г. Тоді маса калію:  $2 - 1,06 = 0,94$  г.

Встановлюємо масові частки компонентів у сплаві:  $\omega(\text{Hg}) = 10 \text{ г} / 12 \text{ г} \cdot 100 \% = 83,3 \%$ ;

$$\omega(\text{Na}) = 1,06 \text{ г} / 12 \text{ г} \cdot 100 \% = 8,83 \%, \quad \omega(\text{K}) = 100 \% - 83,3 \% - 8,83 \% = 7,87\%$$

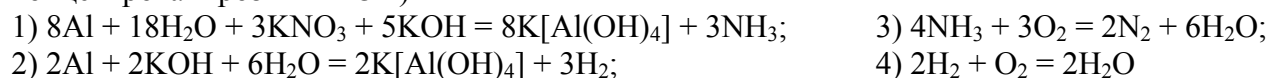
Задача 2 (12 балів)

Порошок алюмінію помістили у розведений розчин, який містить калій гідроксид та калій нітрат, та обережно нагріли. Суміш газів, що при цьому утворилась, охолодили до  $-30^\circ\text{C}$  та отримали рідину **A** і газ **B**. Спалювання речовини **A** приводить до утворення речовин **B** та **Г**, а газу **B** – лише речовини **Г**. В розчині, що залишається після розчинення алюмінію, міститься речовина **D** та невеликий надлишок сполук калій нітрату та калій гідроксиду.

Розшифруйте речовини **A–D** та напишіть рівняння хімічних перетворень описаних в задачі.

Розв'язок

**A** –  $\text{NH}_3$ ; **B** –  $\text{H}_2$ ; **B** –  $\text{N}_2$ ; **Г** –  $\text{H}_2\text{O}$ ; **D** –  $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  (для утворення  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$  необхідні дуже концентровані розчини  $\text{KOH}$ )



Задача 3 (16 балів)

До розчину білої кристалічної речовини **A** додали надлишок луку. Утворений білий осад речовини **B** відфільтрували та прожарили: в тиглі залишилась тверда чорна речовина **C**. При нагріванні до  $700^\circ\text{C}$  речовини **A** утворюється тверда червоно-бура речовина **D**, а з газоподібних продуктів можна виділити безбарвні гази **E** та **Ж**, що містять однакові елементи. Якщо охолоджені газоподібні продукти розкладу **A** пропускати через розчин барій гідроксиду, то через деякий час поглинання газу припиняється і утворюється білий осад. При доливанні надлишку розчину хлоридної кислоти у поглинальну склянку, цей осад частково розчиняється та утворюється газ **E**. Останній можна перетворити у речовину **Ж** нагріванням в платиновій посудині (або ж за наявності  $\text{V}_2\text{O}_5$  як каталізатора) в присутності кисню. Пропускання через розчин речовини **A** безбарвного газу **З** викликає утворення бурого забарвлення яке при кип'ятінні розчину зникає.

Розшифруйте речовини **A–З** та напишіть рівняння хімічних перетворень описаних в задачі

Розв'язок

**A** –  $\text{FeSO}_4$ , **B** –  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , **C** –  $\text{FeO}$ , **D** –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , **E** –  $\text{SO}_2$ , **Ж** –  $\text{SO}_3$ , **З** –  $\text{NO}$ .

10 клас

- 1)  $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$  ( $A + 2\text{NaOH} = B\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ )
  - 2)  $\text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$  ( $B = C + \text{H}_2\text{O}$ )
  - 3)  $2\text{FeSO}_4 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 + \text{SO}_3$  ( $A = D + E\uparrow + Z\uparrow$ )
- Можливий інший запис  $4\text{FeSO}_4 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 + \text{O}_2$ , але як домішка завжди буде  $\text{SO}_3$ .
- 4)  $\text{SO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$  утворення білого осаду при пропусканні
  - 5)  $\text{SO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{O}$  газоподібних продуктів через  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
  - 6)  $\text{BaSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (утворення газу  $E$  при підкисленні суспензії)
  - 7)  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 = \text{SO}_3$  ( $E + \text{O}_2 = Z$ ; каталізатори платина або  $\text{V}_2\text{O}_5$ )
  - 8)  $\text{FeSO}_4 + \text{NO} + 5\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow [\text{FeNO}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{SO}_4$  ( $A+3 \leftrightarrow$  буре забарвлення)

Задача 4 (9 балів)

Залізну пластинку масою 15,0 г занурили у розчин хлориду невідомого металу. Після повного осадження металу маса пластинки становила 15,15 г. Кадмієва пластинка такої самої маси (15,0 г), занурена в таку саму кількість цього ж розчину після повного осадження на ній металу важила 14,1 г. Визначте хлорид якого металу містився у розчині? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Обчисліть масову частку хлориду невідомого металу (у %), якщо використано по 150 мл розчину ( $\rho = 1,10 \text{ г/см}^3$ ).

Розв'язок

Розчинення заліза у хлориді невідомого металу відбуватиметься за реакцією



На один моль хлориду зміна маси становитиме  $\text{Me}-56$  (де  $\text{Me}$  – молярна маса невідомого металу). Залізна пластинка стала важчою на  $15,15 - 15,00 = 0,15$  г. Отже прореагувало  $0,15 / (\text{Me}-56)$  моль галогеніду.

У випадку кадмію відповідна реакція:  $\text{Cd} + \text{MeCl}_2 = \text{CdCl}_2 + \text{Me}$ . Зміна маси при реакції одного моля галогеніду -  $112-\text{Me}$ , а кількість молів речовини, що прореагувала -  $0,9 / (112-\text{Me})$ .

Оскільки використані однакові об'єми розчину галогеніду невідомого металу то  $0,15/(\text{Me}-56) = 0,9/(112-\text{Me})$ . Розв'язавши рівняння, отримуємо, що  $\text{Me} = 64$  г/моль, отже, невідомий метал – купрум.

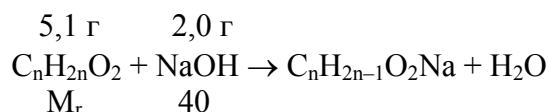
Знаходимо кількість молів купрум(II) хлориду, що прореагувала:  $0,15 / (64-56) = 0,019$  моль хлориду. Це відповідає 2,55 г сполуки. Оскільки використано було по 165 г розчину (150 мл  $\cdot$  1,10 г/мл = 165 г), то масова частка сполуки в розчині становить  $2,55 \text{ г} / 165 \text{ г} \cdot 100\% = 1,55\%$ .

Задача 5 (7 балів)

На нейтралізацію 5,1 г одноосновної насиченої карбонової кислоти витратили 2,0 г  $\text{NaOH}$ . Встановіть будову цієї кислоти, якщо відомо, що в результаті електролізу водного розчину її солі утворився вуглеводень, при монохлорванні якого одержується лише один ізомер. Наведіть рівняння відповідних реакцій.

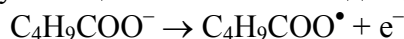
Розв'язок

1) Загальна формула одноосновної насиченої карбонової кислоти  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ . Вона взаємодіє з  $\text{NaOH}$  за рівнянням:



Звідси молекулярна маса кислоти  $M_r = 5,1 \times 40 / 2 = 102$  г/моль, а її брутто-формула –  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ .

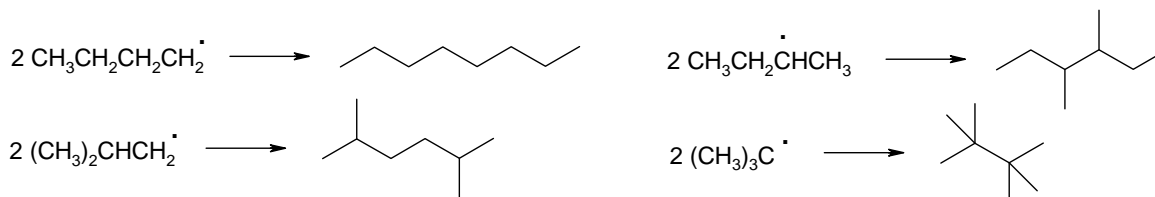
2) При електролізі водного розчину солі цієї кислоти на аноді відбувається реакція:



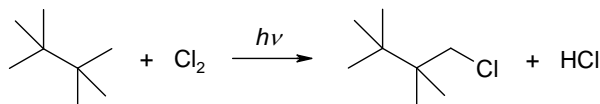
Утворені радикали декарбоксілюються:  $\text{C}_4\text{H}_9\text{COO}^\bullet \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9^\bullet + \text{CO}_2$

Подальша рекомбінація радикалів веде до утворення алкану (октану):  $2 \text{C}_4\text{H}_9^\bullet \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18}$

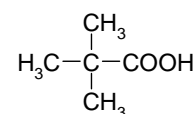
3) Оскільки існує 4 варіанти будови бутильного радикалу  $C_4H_9$ , то можливе утворення 4-х різних октанів:



Проте лише при рекомбінації *трет*-бутильних радикалів утворюється алкан (2,2,3,3-тетраметилбутан), з якого при його монохлоруванні утворюється тільки один ізомер:

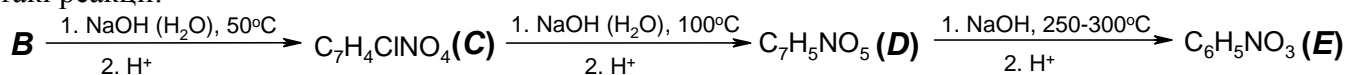


Отже, будова кислоти буде такою (це 2,2-диметилпропанова кислота):



### Задача 6 (16 балів)

Визначте будову сполуки складу  $C_7H_6ClNO_2$  (**A**), яка взаємодіє з хлором при нагріванні без каталізатора з утворенням речовини складу  $C_7H_3Cl_4NO_2$  (**B**). З речовиною **B** проводять послідовно такі реакції:



При нітруванні сполук **D** та **E** кожна з них утворює єдину динітропохідну.

Напишіть рівняння всіх реакцій та схему синтезу сполуки **A** з бензену.

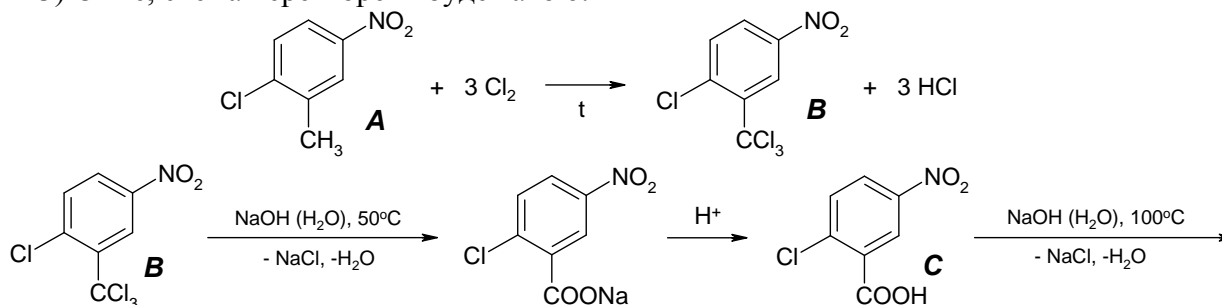
### Розв'язок

1) Усі сполуки **A–E** належать до ароматичного ряду і містять нітрогрупу. Сполука **A** повинна містити також метильну групу, з якої при хлоруванні при нагріванні без каталізатора утворюється трихлорметильна, і має ще додатково атом хлору (всього в сполуці **B** – 4 атоми хлору). При лужному гідролізі сполуки **B** трихлорметильна група перетворюється в карбоксильну і утворюється карбонова кислота **C**, в молекулі якої зберігається атом хлору в ароматичному ядрі. Однак цей атом хлору можна замінити на гідроксильну групу у жорсткіших умовах (сполука **D**). При сплавленні сполуки **D** з  $\text{NaOH}$  вона декарбоксилюється, утворюючи при цьому нітрофенол **E**.

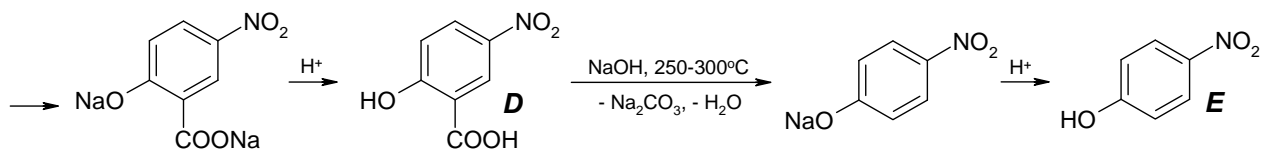
2) Оскільки при мононітруванні сполук **D** та **E** кожна з них утворює єдину динітропохідну, будова їх буде такою:



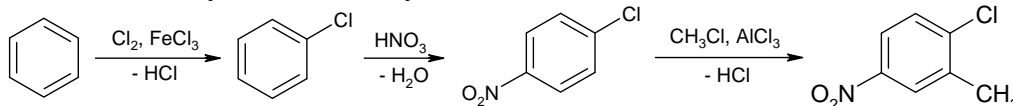
3) Отже, схема перетворень буде такою:



10 клас



4) Сполуку **A** можна синтезувати з бензену за такою схемою:



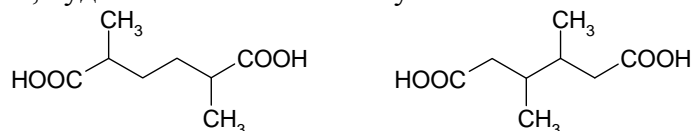
Задача 7 (12 балів)

Сполука **A** складу  $C_8H_{14}$  здатна вступати в реакцію з бромом (приєднує 1 моль броду на 1 моль сполуки). При її окисненні в жорстких умовах утворюється дикарбонова кислота **B**, яка має симетричну будову і шість атомів карбону в головному ланцюзі. Яку будову може мати сполука **A**? Напишіть рівняння всіх реакцій та вкажіть можливі ізомери сполуки **A**, які задовільняють умову задачі.

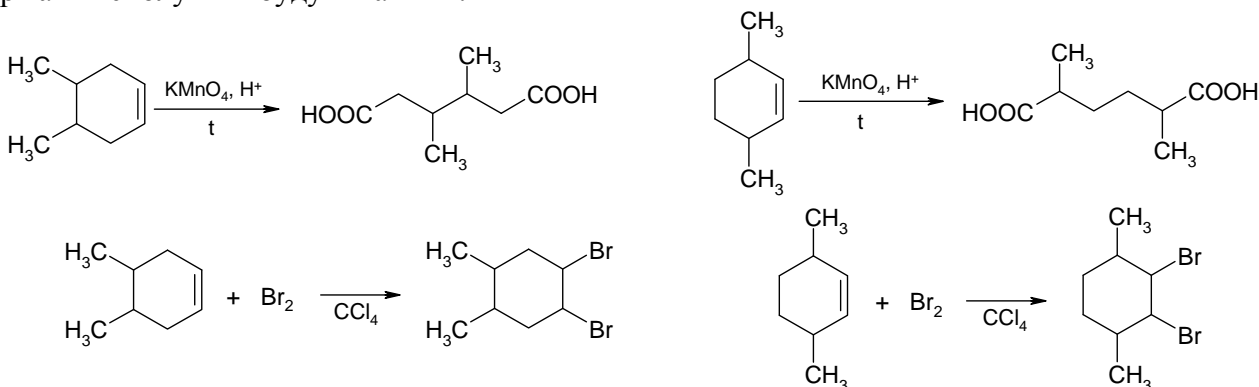
Розв'язок

1) Сполука **A** має склад  $C_8H_{14}$ , тобто задовільняє загальній формулі  $C_nH_{2n-2}$ . Цій формулі можуть відповідати, зокрема, дієни, алкіни чи циклоалкени.

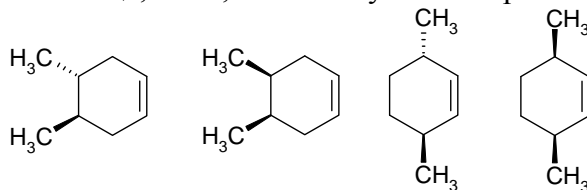
Те, що сполука **A** приєднує 1 моль броду, свідчить про наявність у ній одного подвійного зв'язку. Оскільки при окисненні в жорстких умовах сполуки **A** утворюється дикарбонова кислота **B**, що містить шість атомів карбону в головному ланцюзі (гександикарбонова кислота) – вихідна сполука **A** буде похідною циклогексену. Симетричність будови сполуки **B** свідчить про те, що в ній є ще додатково дві метильні групи, які можуть бути розташовані у 2 і 5 або в 3 і 4 положеннях ланцюга відповідно. Отже, будова кислоти **B** може бути такою:



2) Звідси виходить, що циклогексен **A** може також мати двояку будову, а схеми реакцій одержання сполуки **B** будуть такими:



4) Метильні групи в сполуці **A** можуть бути розташовані як у *цис*-, так і в *транс*-положеннях циклогексенового кільця, отже, кількість усіх ізомерів сполуки **A** буде дорівнювати 4:

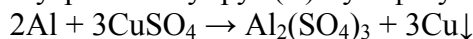


**Задача 1 (9 балів)**

Через певний час після занурення алюмінієвої пластинки у 1000 г водного розчину купрум(II) сульфату ( $\rho = 1,084 \text{ г/см}^3$ ,  $\omega(\text{CuSO}_4) = 8\%$ ) її обережно витягнули з розчину, висушили та зважили. Маса пластинки змінилась на 12 г, а в посудині (після вилучення пластинки) осаду не було. Потім пластинку повернули до розчину, під'єднали до негативного полюса джерела струму і проводили електроліз впродовж 5 годин та сили струму 0,2 А. Визначте масу алюмінію та купрум сульфату, що прореагували, об'єм газу що виділився на аноді підчас електролізу.

**Розв'язок**

Підчас занурення пластинки у розчин купрум(II) сульфату відбувається витіснення менш активного металу:



Оскільки після вилучення пластинки в посудині осаду не було, то уся мідь, що утворилась у реакції, залишатиметься на пластинці.

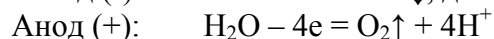
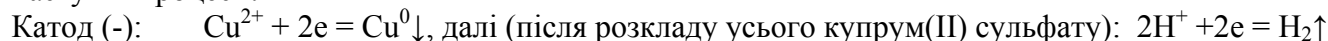
У випадку розчинення 2 моль алюмінію (54 г) утворюється 3 моль міді (192 г). Зміна маси становитиме  $192 - 54 = 138$  г. Складаємо пропорцію:

$$\begin{array}{l} \text{при розчиненні } 54 \text{ г алюмінію зміна маси становить } 138 \text{ г} \\ \qquad \qquad \qquad x \text{ г алюмінію} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 12 \text{ г} \end{array}$$

Отже, прореагувало 4,7 г алюмінію (0,174 моль).

Відповідно, участь у реакція взяло 41,76 г (0,261 моль) купрум(II) сульфату. В розчині залишатиметься  $1000 \cdot 0,08 - 41,76 = 38,24$  г купрум(II) сульфату.

При повторному зануренні пластинки у розчин та проведенні електролізу відбуватимуться наступні процеси:



Оскільки пластинку під'єднали до негативного полюса джерела струму, то на ній відбуватиметься виділення міді.

При електролізі впродовж 18000 с (5 год  $\cdot$  3600 с/год) прореагує ще

$$m = \frac{MIt}{nF} = \frac{160 \cdot 0,2 \cdot 18000}{2 \cdot 96500} = 2,98 \text{ г купрум(II) сульфату.}$$

Всього реагує  $41,76 \text{ г} + 2,98 \text{ г} = 44,74 \text{ г купрум(II) сульфату.}$

На аноді підчас електролізу буде виділятися кисень. Його об'єм обчислимо за співвідношенням:

$$V = \frac{V_M It}{nF} = \frac{22,4 \cdot 0,2 \cdot 18000}{4 \cdot 96500} = 0,209 \text{ л}$$

**Задача 2 (10 балів)**

Елемент **X** входить до складу сполук **A** та **B** (відносно стійкі за звичайних умов, водні розчини яких по різному змінюють колір лакмусу). Безбарвна рідина **B** при нагріванні розкладається. Якщо продукти термічного розкладу **B** охолодити до  $-15^\circ\text{C}$ , а газоподібний залишок (речовину, що містить елемент **Y**) використати для спалювання газу **A**, то в реакційній суміші з'являється проста речовина, яка містить елемент **X**. Якщо цю ж реакцію здійснювати в присутності каталізатора, то отримаємо речовину з молекулярною формулою **XU**, а при надлишку **Y** – суміш, що дає при розчиненні у воді сполуку **B**. Речовина **B** є продуктом реакції **A** з **B** за нормальних умов, а при нагріванні при температурі понад  $300^\circ\text{C}$  вона розкладається, утворюючи дві прості речовини та воду.

Визначте елементи **X** та **Y**, сполуки **A**, **B**, **B** та **XU**. Напишіть структурну формулу речовини **B** та відповідні рівняння реакцій, описаних в умові задачі.

**Розв'язок**

Виходячи із взаємодії речовин **A** та **B** між собою та різного впливу водних розчинів на індикатор робимо висновок про їх кислотний та основний характер. Є три елементи які можуть входити одночасно до складу стійких речовин з кислотними та основними властивостями – Н, О,

N. Згоряння складної речовини *A* в продуктах термічного розкладу *B*, свідчить про те, що останні містять кисень, а утворення при цьому простої речовини, що містить *X*, підказує, що *A* – аміак NH<sub>3</sub>. Відповідно *X* – нітроген, а проста речовина, що утворюється – N<sub>2</sub>. Відповідно, кислотою *B* може бути як нітратна так і нітритна кислоти. Проте, остання існує лише в розведених розчинах, отже *B* – нітратна кислота HNO<sub>3</sub>. Продукт їхньої взаємодії – речовина *B* – NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Відповідно елемент *Y* – кисень, речовина *XU* – нітроген(II) оксид NO.

Рівняння реакцій:

- 1) NH<sub>3</sub> + HNO<sub>3</sub> = NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (**A + B = B**);
- 2) 4HNO<sub>3</sub> = 4NO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub> (розклад рідини **B**, охолодження продуктів приведе до кристалізації NO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>O, газоподібний залишок – кисень, містить елемент **Y**).
- 3) 4NH<sub>3</sub> + 3O<sub>2</sub> = 2N<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O (спалювання **A** в **Y**)
- 4) 4NH<sub>3</sub> + 5O<sub>2</sub> = 4NO + 6H<sub>2</sub>O (спалювання **A** в **Y** за присутності каталізатора)
- 5) 2NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> = 2N<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub> (рівняння описує розклад **B**)

### Задача 3 (15 балів)

Розчин солі аргентуму розлили в три сухі пробірки. Після додавання в першу пробірку барій нітрату випав осад *A*, що містить 46,1% барію. В другу пробірку додали кристалічний LiOH, який повністю розчинився, проте осаду не утворилося. До третьої пробірки додали воду: випав осад *B*, що містить 57,4% аргентуму, а вміст пробірки набув лужної реакції. Ідентифікуйте осади *A* та *B*, напишіть рівняння реакції в першій пробірці та вкажіть якісний склад вихідного розчину.

### Розв'язок

Відсутність осаду при додаванні луку до солі аргентуму, випадання осаду з нітратом барію та при доливанні води свідчить про те що соль аргентуму розчинена у неводному розчиннику.

Обчислюємо молярну масу осаду у першій пробірці. Припустимо, що барію в складі сполуки один атом, тоді 137 г/моль відповідає 46,1%, а *x* – 100%. Молярна маса сполуки становить 297 г/моль. Різниця між молярною масою сполуки та молярною масою металу становить 160.

Подібним чином визначаємо молярну масу осаду у третій пробірці – 188 г/моль, а різниця між нею та мольною масою аргентуму становить 80.

Звідси можна припустити, що у осаді в першій пробірці та у третій пробірці міститься одне і те ж саме угруповання *X*. В осаді *A* міститься два угруповання *X*, а в *B* – одне. Більше того, маса *X* – відповідає атомній масі Br.

Отже сіль аргентуму – AgBr, осад *A* – BaBr<sub>2</sub>, осад *B* – AgBr, що випадає при заміні розчинника на воду. Лужна реакція в третій пробірці підказує, що в якості розчинника виступав рідкий аміак.

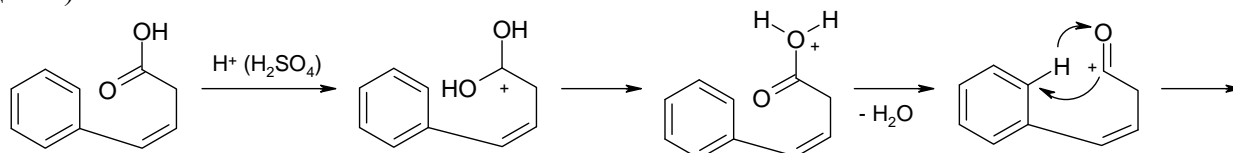
Рівняння реакції в першій пробірці:  $2\text{AgBr} + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaBr}_2\downarrow + 2\text{AgNO}_3$

### Задача 4 (16 балів)

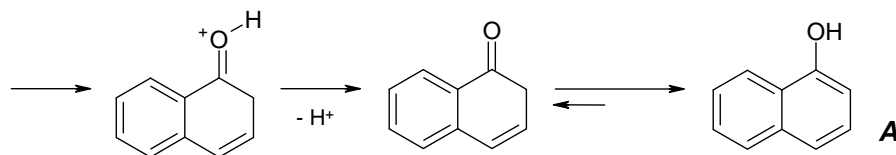
Із 4-феніл-3-бутенової кислоти в присутності сульфатної кислоти утворюється сполука *A* складу C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O, яка розчинна у водному лузі, але не розчиняється у водному NaHCO<sub>3</sub>. При взаємодії сполуки *A* з фенілдіазоній хлоридом утворюється речовина *B* червоно-оранжевого кольору. Яка будова сполуки *A* і які ймовірні стадії її утворення? Наведіть усі рівняння реакцій.

### Розв'язок

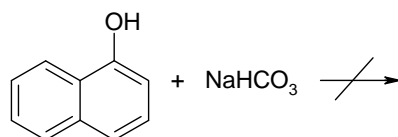
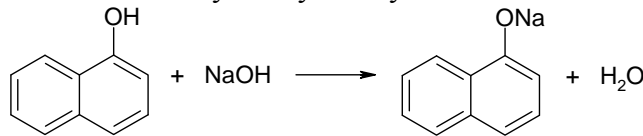
1) Утворення сполуки *A* з 4-феніл-3-бутенової кислоти можна зобразити такою схемою (за стадіями):



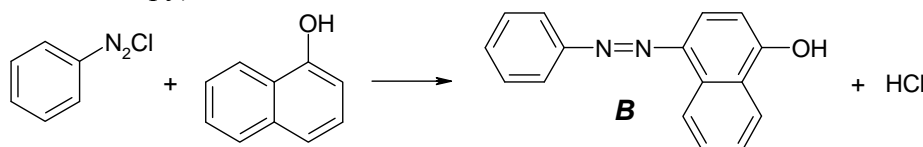
11 клас



2) Отже, сполука **A** є 1-нафтолом ( $\alpha$ -нафтолом). Вона реагує з лугом, але не реагує з водним  $\text{NaHCO}_3$  ( $\alpha$ -нафтол – слабша кислота за вугільну і тому не витісняє її з карбонатів).



3) При взаємодії ( $\alpha$ -нафтолу з фенілдіазоній хлоридом утворюється азобарвник **B** (сполука червоно-оранжевого кольору).



Задача 5 (13 балів)

Внаслідок взаємодії надлишку метилмагнійїодиду і 0,1776 г сполуки, яка має формулу  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$ , утворюється 84,1 см<sup>3</sup> метану, зібраного над ртуттю при 740 мм рт. ст. і 25 °С. Скільки активних атомів гідрогену містить сполука  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$ ? Запропонуйте для неї можливу структуру, знаючи, що в її складі немає карбонільної групи, а спектр протонного магнітного резонансу вказує на наявність у ній лише трьох типів атомів гідрогену з площами відповідних піків, які відносяться між собою як 1 : 2 : 2.

Розв'язок

1) Загальна схема реакції:  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3 + \text{CH}_3\text{MgI} \rightarrow \text{CH}_4$  (84,1 см<sup>3</sup>, 740 мм, 25°С)  
 $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$ : 0,1776 г або 0,00168 моля.

2) Приведемо об'єм отриманого метану до нормальних умов.

$$P_n V_n / T_n = P_1 V_1 / T_1.$$

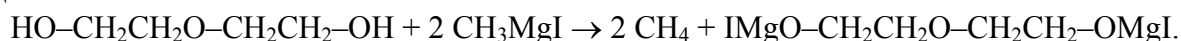
Звідси  $V_n = T_n P_1 V_1 / P_n T_1 = (273 \times 740 \times 84,1) / (760 \times 298)$  (см<sup>3</sup>).

Визначимо кількість речовини метану.

$$v = V_n / 22400 = (740 \times 273 \times 84,1) / (760 \times 298 \times 22400) = 0,00335 \text{ моля.}$$

3) Отже, сполука  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$  повинна містити два активних атоми гідрогену (1 моль її взаємодіє з 2 молями метилмагнійїодиду). Враховуючи це, а також те, що в молекулі сполуки за даними спектроскопії протонного магнітного резонансу є три типи атомів гідрогену у співвідношенні 1 : 2 : 2, структура її повинна бути такою:  $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ .

4) Повне рівняння реакції метилмагнійїодиду з цією сполукою (діетиленгліколем) виглядатиме так:



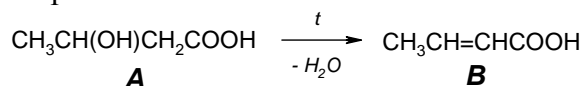
Задача 6 (10 балів)

Сполука **A** складу  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$  оптично активна, добре розчиняється у воді (утворює розчин, який має кислу реакцію за лакмусом) і при сильному нагріванні переходить у сполуку **B** ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ), яка не має оптичної активності, помірно розчиняється у воді (теж дає кислу реакцію на лакмус) і набагато енергійніше реагує з  $\text{KMnO}_4$ , ніж сполука **A**. При окисненні **A** розведеним розчином

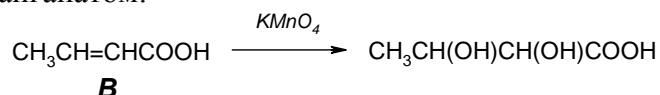
хромової кислоти вона перетворюється в летку рідину **C**, яка не взаємодіє з  $\text{KMnO}_4$ , а при дії йоду в розчині лугу утворює жовтий осад. Напишіть найбільш імовірні структури сполук, позначених буквами, і наведіть рівняння для всіх згадуваних реакцій. Чи однозначно визначається структура сполуки **A** за наведеним вище описом? Відповідь поясніть.

**Розв'язок**

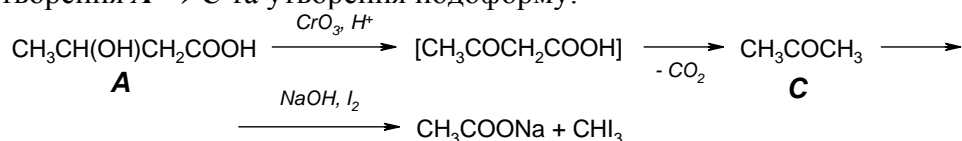
1) Перетворення **A**  $\rightarrow$  **B** при нагріванні:



2) Реакція **B** з калій перманганатом:



3) Схема перетворення **A**  $\rightarrow$  **C** та утворення йодоформу:



4) Пояснення, коментарі:

Сполука **A** –  $\text{CH}_3\text{C}^*\text{H}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$  ( $\text{C}^*$  – асиметричний атом карбону); сполука **B** –  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCOOH}$ ; сполука **C** –  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ .

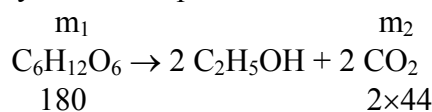
Сполука **A** досить однозначно визначається наведеним вище описом. Жодна інша гідроксибутанова кислота не може бути оптично активною і дегідратуватися при нагріванні, утворюючи  $\alpha, \beta$ -ненасичену кислоту (сполуку **B**).

**Задача 7 (7 балів)**

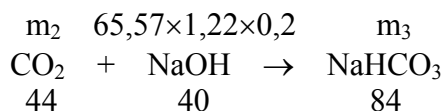
Скільки грамів глюкози було піддано спиртовому бродінню, що відбувається з виходом 80% від теорії, якщо для поглинання утвореного при цьому карбон(IV) оксиду було використано  $65,57 \text{ см}^3$  20%-го водного розчину  $\text{NaOH}$  ( $\rho = 1,22 \text{ г/см}^3$ )? Скільки грамів гідрокарбонату натрію при цьому утворилося? Які види бродіння вуглеводів, крім спиртового, Вам відомі? Наведіть відповідні схеми реакцій на прикладі глюкози.

**Розв'язок**

1) Спиртове бродіння глюкози відбувається за рівнянням:



2) Утворений  $\text{CO}_2$  нейтралізували за допомогою  $\text{NaOH}$ :



Звідси  $m_2 (\text{CO}_2) = 44 \times 65,57 \times 1,22 \times 0,2 / 40 = 17,6 \text{ г}$ .

Враховуючи 80%-ний вихід реакції бродіння, маса глюкози буде дорівнювати:

$$m_1 (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \times 17,6 / 2 \times 44 \times 0,8 = 45 \text{ г}$$

3) Маса гідрокарбонату натрію буде дорівнювати:

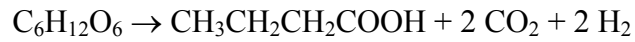
$$m_3 (\text{NaHCO}_3) = 17,6 \times 84 / 44 = 33,6 \text{ г}$$



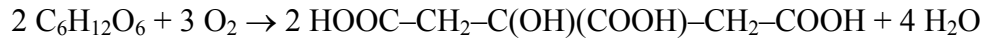
4) Молочнокисле бродіння:



Маслянокисле бродіння:



Лимоннокисле бродіння:



Ацетон-бутанольне бродіння:



Оцтовокисле бродіння:

