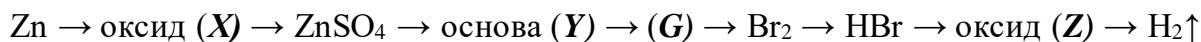


## 8 клас

## Задача 1 (10 балів)

Визначте невідомі речовини та напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:



Обчисліть суму молярних мас невідомих речовин **X**, **Y**, **G** та **Z**.

## Розв'язок

- 1) Цинк окиснюється на повітрі при нагріванні до температур вище 225°C (цинкова стружка згорає) з утворенням оксиду цинку:  $2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$  (X).
- 2) Внаслідок дії розбавленого розчину сульфатної кислоти на оксид цинку утворюється сульфат цинку:  $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .
- 3) При дії лугу на сульфат цинку випадає осад гідроксиду цинку:  $\text{ZnSO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 \downarrow (\text{Y}) + \text{K}_2\text{SO}_4$ .
- 4) При взаємодії лугу з кислотою сполуки обмінюються частинками:  $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HBr} \rightarrow \text{ZnBr}_2 (\text{G}) + 2\text{H}_2\text{O}$ .
- 5) При взаємодії хлору з бромідом цинку хлор витісняє бром з солі:  $\text{ZnBr}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{Br}_2$ .
- 6) Бром взаємодіє з воднем при нагріванні, продуктом реакції є бромоводень:  $\text{Br}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{t} 2\text{HBr}$ .
- 7) При взаємодії кислоти з лугом сполуки обмінюються частинками з утворення солі та води (оксиду водню):  $\text{HBr} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$  (Z).
- 8) Вода реагує з активними лужними (лужноземельними) металами з утворенням відповідних гідроксидів та виділенням водню:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ .
- 9) Обчислюємо суму молярних мас визначених речовин **X**, **Y**, **G** та **Z**:
  - оксид **X** – ZnO:  $M(\text{ZnO}) = 65 + 16 = 81$  г/моль;
  - основа **Y** – Zn(OH)<sub>2</sub>:  $M(\text{Zn(OH)}_2) = 65 + 2 \times (16 + 1) = 99$  г/моль;
  - **G** – ZnBr<sub>2</sub>:  $M(\text{ZnBr}_2) = 65 + 2 \times 80 = 225$  г/моль;
  - **Z** – H<sub>2</sub>O:  $M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1 + 16 = 18$  г/моль.
- 10) Сума молярних мас:  $M(\text{ZnO}) + M(\text{Zn(OH)}_2) + M(\text{ZnBr}_2) + M(\text{H}_2\text{O}) = 81 + 99 + 225 + 18 = \mathbf{423}$  г/моль

## Задача 2 (10 балів)

Нітроген складається з ізотопів <sup>14</sup>N та <sup>15</sup>N. Відносна атомна маса нітрогену дорівнює 14,01.

Скільки літрів нітроген(II) оксиду з ізотопом <sup>15</sup>N міститься в 56 л нітроген(II) оксиду? Результат подайте з точністю до сотих.

## Розв'язок

- 1) Нехай маємо 100 атомів нітрогену. Тоді вміст першого ізотопу буде  $N_1$ , а другого –  $N_2 = 100 - N_1$ .
- 2) Відносна атомна маса розраховується за формулою:  $A = \sum (M_i \cdot N_i) / 100$ . Тоді:
 
$$14.01 = \frac{14 \cdot N_1 + 15 \cdot (100 - N_1)}{100}$$

$$N_1 = 99 \text{ атомів (зі 100).}$$
- 3) Отже вміст ізотопу <sup>14</sup>N становить 99 %, тоді вміст ізотопу <sup>15</sup>N:  $100\% - 99\% = 1\%$ .

8 клас

4) Оскільки одна молекула оксиду містить один атом нітрогену, то об'єм нітроген(II) оксиду з ізотопом  $^{15}\text{N}$ , що міститься в 56 л NO знаходимо з пропорції:

$$56 \text{ л} \quad - \quad 100\%$$

$$V(^{15}\text{NO}) \text{ л} \quad - \quad 1\%$$

$$V(^{15}\text{NO}) = 0,56 \text{ л}$$

**Задача 3 (10 балів)**

Під час спалювання газуватої речовини масою 3,8 г, до складу якої входять карбон і сульфур, утворилась суміш газів карбон(IV) оксиду та сульфур(IV) оксиду масою 2,2 і 6,4 г, відповідно. Відносна густина парів вихідної речовини за воднем дорівнює 38.

Виведіть формулу цієї речовини, вкажіть її молярну масу та кількість атомів, які входять до складу молекули.

**Розв'язок**

1) До складу вихідної речовини входять карбон, сульфур і, можливо, кисень, тобто її склад ідображає формула  $\text{C}_x\text{S}_y\text{O}_z$ .

2) Враховуючи густину парів речовини за воднем, обчислюємо молярну масу речовини:

$$D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{S}_y\text{O}_z) = M(\text{C}_x\text{S}_y\text{O}_z) / M(\text{H}_2);$$

$$M(\text{C}_x\text{S}_y\text{O}_z) = D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{S}_y\text{O}_z) \cdot M(\text{H}_2) = 38 \cdot 2 = 76 \text{ (г/моль)}.$$

3) Обчислюємо кількість  $\text{CO}_2$  та  $\text{SO}_2$ :

$$\nu(\text{CO}_2) = 2,2 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}; \quad \nu(\text{SO}_2) = 6,4 \text{ г} / 64 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$$

4) Обчислюємо відповідні маси:

$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{C}) = 0,05 \text{ моль}; \quad m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \times Mr(\text{C}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г};$$

$$\nu(\text{S}) = \nu(\text{SO}_2) = 0,1 \text{ моль}; \quad m(\text{S}) = \nu(\text{S}) \times Mr(\text{S}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 3,2 \text{ г};$$

5)  $m(\text{C}) + m(\text{S}) = 3,2 \text{ г} + 0,6 \text{ г} = 3,8 \text{ г}$ .

Отже, кисень у сполуці відсутній і її формула –  $\text{C}_x\text{S}_y$ .

6) Встановлюємо співвідношення компонентів у сполуці:

$$x : y = \nu(\text{S}) : \nu(\text{C}) = 0,1 : 0,05 = 2 : 1, \text{ тобто формула речовини – } \text{CS}_2.$$

7)  $M(\text{CS}_2) = 12 + 32 \cdot 2 = 76 \text{ г/моль}$ . Кількість атомів у сполуці:  $1+2 = 3$ .

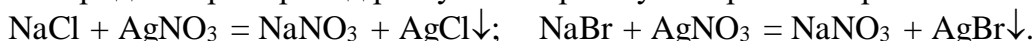
**Задача 4 (10 балів)**

Розчин містить суміш солей натрій хлориду та натрій броміду. Масові частки солей в розчині рівні. Для повного осадження солей з 1 кг розчину потрібно додати 2 дм<sup>3</sup> 8%-го розчину аргентум нітрату ( $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$ ).

Визначте масову частку (у %) кожної солі.

**Розв'язок**

1) Натрій хлорид і натрій бромід реагують з аргентум нітратом за рівняннями:



2) Оскільки масові частки солей в розчині однакові, той маси їх однакові:

$$m_{\text{NaCl}} = m_{\text{NaBr}} = m$$

3) Молярні маси натрій хлориду і натрій броміду становлять:

$$M(\text{NaCl}) = 23 + 35,5 = 58,5 \text{ г/моль}; \quad M(\text{NaBr}) = 23 + 80 = 103 \text{ г/моль}$$

4) Знайдемо кількість моль кожної солі:

$$\nu_{\text{NaCl}} = m/58,5 \text{ моль}; \quad \nu_{\text{NaBr}} = m/103 \text{ моль}$$

8 клас

5) Знайдемо кількість моль аргентум нітрату:

$$M(\text{AgNO}_3) = 108 + 14 + 3 \times 16 = 170 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{розчину AgNO}_3) = 2000 \text{ см}^3 \times 1,07 \text{ г/см}^3 = 2140 \text{ г.}$$

Оскільки використовували 8%  $\text{AgNO}_3$ , то  $m(\text{AgNO}_3) = 2140 \times 0,08 = 171,2 \text{ г.}$

$$\text{Отже, } v_{\text{AgNO}_3} = 171,2 / 170 = 1,007 \text{ моль AgNO}_3$$

6) Із рівнянь реакції слідує, що

на осадження  $m/58,5$  моль  $\text{NaCl}$  піде  $m/58,5$  моль  $\text{AgNO}_3$ ,

а на осадження  $m/103$  моль  $\text{NaBr}$  піде  $m/103$  моль  $\text{AgNO}_3$ .

7) Загальна кількість аргентум нітрату становить 1,07 г, відповідно, тож:

$$m/58,5 + m/103 = 1,07 \text{ моль}; m = 37,57 \text{ г.}$$

8) Масові частки кожної із солей становлять:  $\omega = (37,57/1000) \times 100 = 3,757 \%$

**Задача 5 (20 балів)**

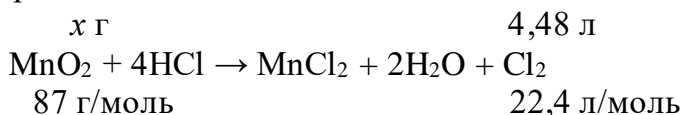
Для відновлення суміші  $\text{CuO}$  та  $\text{MnO}_2$  до металів необхідно витратити водень об'ємом 10,08 л. При взаємодії ідентичної наважки суміші цих оксидів з соляною кислотою виділився хлор об'ємом 4,48 л.

Знайдіть масу взятих наважок і масові частки (у %) оксидів у суміші, якщо об'єми газів було виміряно за н.у.

**Розв'язок**

1) Молярна  $\text{MnO}_2$  маса дорівнює 87 г/моль.

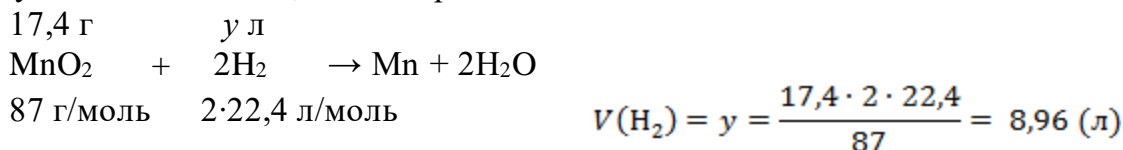
2) Хлор виділятиметься при взаємодії соляної кислоти лише з оксидом мангану:



3) Отож маса  $\text{MnO}_2$  становить:

$$m(\text{MnO}_2) = x = \frac{87 \cdot 4,48}{22,4} = 17,4 \text{ (г)}$$

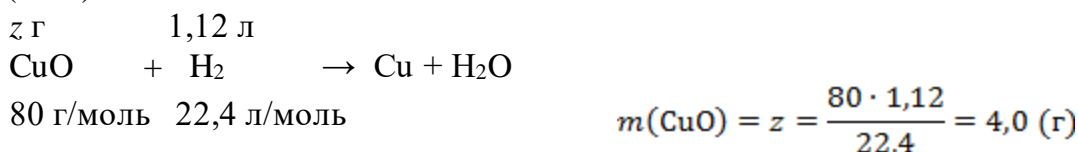
4) З воднем взаємодіятимуть обидва оксиди. Оскільки маса  $\text{MnO}_2$  є відома, то можна розрахувати об'єм водню, який витратиться на його відновлення:



5) Тоді об'єм водню, який прореагував з оксидом купруму, дорівнює:

$$10,08 - 8,96 = 1,12 \text{ (л)}$$

6)  $M(\text{CuO}) = 80 \text{ г/моль}$ . Отже:



7) Маса кожної наважки була рівна:  $m = 17,4 + 4,0 = 21,4 \text{ (г)}$ .

Масові частки (%) оксидів у суміші:

$$w(\text{MnO}_2) = \frac{17,4}{21,4} \cdot 100 = 81,3 \text{ (}\%) \quad w(\text{CuO}) = \frac{4,0}{21,4} \cdot 100 = 18,7 \text{ (}\%)$$

## 8 клас

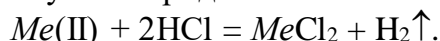
## Задача 6 (20 балів)

Для аналізу сплаву міді з двовалентним металом було взято дві наважки масою 2,0 г кожна. Перша була оброблена хлоридною кислотою, що призвело до часткового розчинення сплаву і виділення водню об'ємом 69 см<sup>3</sup> (н.у.). Другу наважку повністю розчинили з виділенням нітроген(IV) оксиду в 12,62 см<sup>3</sup> розчину нітратної кислоти.

Визначте масовий склад сплаву (у %), якщо вміст HNO<sub>3</sub> у розчині становив 48 мас. %, а густина розчину – 1,295 г/см<sup>3</sup>.

## Розв'язок

1) Невідомий метал  $Me(II)$  реагує з хлоридною кислотою згідно з рівнянням:



2) Визначаємо кількість моль  $Me^{2+}$  які прореагували з HCl, виходячи з умови задачі:

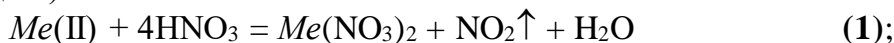
$x$  моль  $Me(II)$  при взаємодії з HCl утворює 0,069 л H<sub>2</sub>

а 1 моль  $Me(II)$  при взаємодії з HCl утворює 22,4 л H<sub>2</sub>

3) Розраховуємо значення  $x$  моль  $Me(II)$  в 2 г наважки сплаву за пропорцією:

$$x = \frac{1 \times 0,069}{22,4} = 0,00308 \text{ моль.}$$

4) Записуємо рівняння хімічної реакції  $Me(II)$  і Cu з нітратною кислотою (згідно умови задачі):



5) Розраховуємо масу ( $m$ ) HNO<sub>3</sub> в об'ємі розчину:

$$m = 12,62 \times 0,48 \times 1,295 = 7,869 \text{ г.}$$

6) Розраховуємо кількість моль ( $\omega$ ) HNO<sub>3</sub> в об'ємі розчину:

$$\omega = \frac{7,869}{63} = 0,1248 \text{ моль.}$$

7) Розраховуємо загальну кількість моль металів ( $Me(II)$  і Cu), які прореагували з 0,1248 моль HNO<sub>3</sub> відповідно до рівнянь (1) та (2):

$$\omega = \frac{0,1248}{4} = 0,0312 \text{ моль.}$$

8) Обчислюємо кількість моль ( $\nu$ ) Cu які прореагували з HNO<sub>3</sub>.

$$(\nu) Cu = 0,0312 - 0,00308 = 0,02812 \text{ моль.}$$

9) Визначаємо молярну масу  $Me$  а також який це метал за допомогою рівняння:

$$0,02812 \times 64 + 0,00308 M(Me) = 2 \text{ г;} \quad M(Me) = \frac{2 - 0,02812 \times 64}{0,00308} = 65 \text{ г/моль.}$$

Отже металом  $Me(II)$  є **цинк**.

10) Маса Zn в наважці сплаву становить:  $m(Zn) = 65 \text{ г/моль} \cdot 0,00308 \text{ моль} = 0,2 \text{ г.}$

11) Отже,  $m(Cu) = 2 \text{ г} - 0,2 \text{ г} = 1,8 \text{ г.}$

12) Вміст цинку у сплаві становить:

2 г сплаву – 100 %

а 0,2 г –  $x$  %

$$\omega(Zn) = x = \frac{0,2 \times 100}{2} = 10 \text{ \%}.$$

13) Тоді  $\omega(Cu) = 100 \% - 10 \% = \mathbf{90 \%}$ .

9 клас

**Задача 1** (20 балів)

У кожній з наведених нижче 11 груп є одна зайва речовина, яка за певними ознаками (характеристиками) не відповідає переліку своєї групи. Вкажіть зайву речовину в кожній групі та поясніть свій вибір. Напишіть брутто-формули речовин, які перелічено у Групах 3, 7, 8 і 11.

Група 1. Xe, Cl<sub>2</sub>, C, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S.

Група 2. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HClO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>.

Група 3. Сулема, кіновар, каломель, ляпіс.

Група 4. SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, RbO<sub>2</sub>.

Група 5. BaCl<sub>2</sub>, Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Група 6. BaCl<sub>2</sub>, AgCl, CdCl<sub>2</sub>, KCl, AlCl<sub>3</sub>.

Група 7. Сода, карбід, глюкоза, карбонатна кислота, поташ.

Група 8. Алмаз, аргон, криптон, алюміній, кварц.

Група 9. Молоко, поліетилен, чадний газ, крохмаль, метан.

Група 10. Графен, алмаз, фулерени, карбін, меркаптан.

Група 11. Вуглекислий газ, водяний газ, сірчистий газ, чадний газ.

**Розв'язок**

Група 1. C – за звичайних умов проста речовина карбону (усі алотропні модифікації) є твердою речовиною. Інші прості речовини Групи 1 за звичайних умов – гази.

Група 2. H<sub>2</sub>S – за звичайних умов – газ, до того ж, не містить Оксигену; окрім того її водний розчин – дуже слабка кислота.

Група 3. Сулема – HgCl<sub>2</sub>, кіновар – HgS, каломель – Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, ляпіс – AgNO<sub>3</sub> (зайвий, оскільки не є сполукою ртуті).

Група 4. RbO<sub>2</sub> – супероксид (надпероксид), інші – оксиди елементів у ступені окиснення IV.

Група 5. Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – кисла сіль, усі інші – середні солі.

Група 6. AgCl – нерозчинна у воді сполука, інші речовини – розчинні.

Група 7. Глюкоза C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> – органічна сполука, інші речовини – неорганічні. Сода – NaHCO<sub>3</sub> (питна, харчова), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (кальцинована), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10H<sub>2</sub>O (кристалічна); карбід – CaC<sub>2</sub> (кальцію), глюкоза, карбонатна кислота – H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, поташ – K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Група 8. Кварц – складна речовина, хімічна формула SiO<sub>2</sub>. Всі інші речовини – прості.

Група 9. Молоко – це складна суміш багатьох речовин, а не індивідуальна речовина як інші елементи Групи.

Група 10. Меркаптани – назва групи органічних речовин, похідні гідроген сульфідів (містить функціональну групу –SH), інші речовини – алотропні модифікації вуглецю.

Група 11. Вуглекислий газ – CO<sub>2</sub>, водяний газ (по-іншому генераторний газ або синтез-газ) – суміш (тому зайвий) CO і H<sub>2</sub>, сірчистий газ – SO<sub>2</sub>, чадний газ – CO.

**Задача 2** (11 балів)

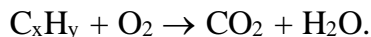
Продукти згоряння 1,4 дм<sup>3</sup> (н.у.) газоподібного вуглеводню пропустили через насичений розчин кальцій гідроксиду. В результаті цього одержали 12,5 г осаду.

Визначте природу вуглеводню, якщо відомо, що масова частка гідрогену в ньому менша 12 %. Напишіть та урівняйте рівняння згаданих в умові хімічних реакцій.

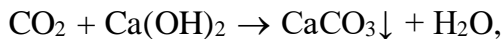
## 9 клас

## Розв'язок

1) Продуктами згоряння вуглеводнів є вода та вуглекислий газ:



Внаслідок пропускання цих продуктів через розчин  $Ca(OH)_2$  утворюється осад кальцій карбонату:



кількість якого дорівнює кількості карбону у вихідному вуглеводні:

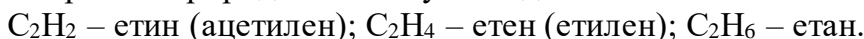
$$v(C) = v(CaCO_3) = \frac{m(CaCO_3)}{M(CaCO_3)} = \frac{12,5}{100} = 0,125 \text{ моль.}$$

2) За об'ємом вихідного вуглеводню розраховуємо його кількість:

$$v(C_xH_y) = \frac{V(C_xH_y)}{V(M)} = \frac{1,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,0625 \text{ моль.}$$

Як бачимо, кількість карбону є вдвічі більшою за кількість вуглеводню ( $\frac{0,125}{0,0625} = 2$ ). Отже, в молекулі вуглеводню є два атоми С.

3) Можливі три варіанти природи такого вуглеводню:



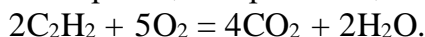
4) Знаходимо масову частку водню в кожному з цих вуглеводнів:

$$\text{Для } C_2H_2: w(H) = 2/26 = 0,077 \text{ (7,7\%);}$$

$$\text{Для } C_2H_4: w(H) = 4/28 = 0,143 \text{ (14,3\%);}$$

$$\text{Для } C_2H_6: w(H) = 6/30 = 0,200 \text{ (20,0\%).}$$

5) Умові задачі відповідає **етин (ацетилен)** – лише в цьому вуглеводні масова частка водню менша за 12%. Рівняння реакції згоряння ацетилену:



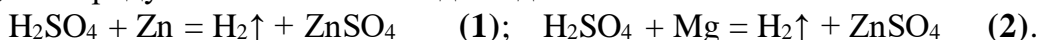
## Задача 3 (10 балів)

Суміш порошків магнію, цинку та металу **X** обробили розведеною сульфатною кислотою: виділився безбарвний газ, об'єм якого, приведений до нормальних умов, склав 13,44 л. Нерозчинний залишок відфільтрували та обробили розведеною нітратною кислотою, унаслідок чого виділилося 2,24 л (н.у.) безбарвного газу та утворився розчин блакитного кольору. Водночас унаслідок спалювання такої ж наважки вихідної суміші металів в атмосфері хлору утворилося 81,35 г суміші хлоридів.

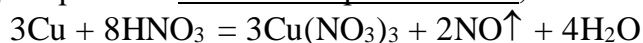
Визначте метал **X** та склад вихідної суміші (у грамах). Запишіть та урівняйте рівняння усіх описаних реакцій.

## Розв'язок

1) При дії розведеної  $H_2SO_4$  з виділенням  $H_2$  (безбарвний газ) розчиняються магній та цинк, які в ряду активності стоять до водню.



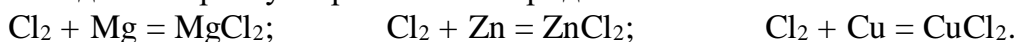
2) Очевидно, що нерозчинний залишок – це малоактивний метал (Cu, Ag, Hg), який реагує з розведеною  $HNO_3$  з виділенням безбарвного нітроген(II) оксиду NO. Оскільки в умові вказано, що отримали блакитний розчин солі, то метал **X** – це мідь:



Відповідно до рівняння, маса міді, яка прореагувала з нітратною кислотою:

$$m(Cu) = \frac{3 \cdot 64 \cdot 2,24}{2 \cdot 22,4} = 9,6 \text{ г.}$$

3) При взаємодії з хлором утворюються хлориди:



4) Молярні маси речовин:

$$M(\text{MgCl}_2) = 95 \text{ г/моль}; M(\text{ZnCl}_2) = 136 \text{ г/моль}; M(\text{CuCl}_2) = 135 \text{ г/моль}.$$

Оскільки  $v(\text{Cu}) = v(\text{CuCl}_2) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{9,6 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$ , то

$$m(\text{CuCl}_2) = v(\text{CuCl}_2) \cdot M(\text{CuCl}_2) = 0,15 \text{ моль} \cdot 135 \text{ г/моль} = 20,25 \text{ г}$$

$$m(\text{MgCl}_2) + m(\text{ZnCl}_2) = m_{\text{сум.}} - m(\text{CuCl}_2) = 81,35 - 20,25 = 61,1 \text{ г}.$$

5) Обчислимо кількість речовини (моль) водню, що утворився в обох реакціях взаємодії розведеної сірчаної кислоти з порошками магнію та цинку:

$$v(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{13,44 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,6 \text{ моль}.$$

6) Нехай згідно з рівнянням реакції (1) виділяється  $x$  моль водню, а значить прореагує  $x$  моль магнію. Тоді, згідно з рівнянням реакції (2), утворюється і прореагує по  $(0,6-x)$  моль водню та цинку, відповідно:

$$v(\text{Mg}) = x \text{ моль}, \quad v(\text{Zn}) = (0,6 - x) \text{ моль},$$

$$v(\text{MgCl}_2) = x \text{ моль}, \quad v(\text{ZnCl}_2) = (0,6 - x) \text{ моль}.$$

Таким чином:  $m(\text{MgCl}_2) = 95 \cdot x \text{ г}$ ,  $m(\text{ZnCl}_2) = 136 \cdot (0,6 - x) \text{ г}$  і

$$95 \cdot x + (0,6 - x) \cdot 136 = 61,1$$

Розв'язавши це рівняння одержимо:  $x = v(\text{Mg}) = 0,5 \text{ моль}$ ,

$$v(\text{Zn}) = (0,6 - x) = 0,1 \text{ моль} \quad m(\text{Mg}) = 24 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 12 \text{ г}$$

$$m(\text{Zn}) = 65 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ моль} = 6,5 \text{ г}.$$

7) Отже, метал **X** – це **мідь**, а маси металів у вихідній суміші:

$$m(\text{Mg}) = 12 \text{ г}; \quad m(\text{Zn}) = 6,5 \text{ г}; \quad m(\text{Cu}) = 9,6 \text{ г}.$$

#### Задача 4 (16 балів)

Природний газ, який використовують для опалення, утворюють перші чотири представники гомологічного ряду алканів, а також негорючі гази. Вміст найлегшого з вуглеводнів  $\varphi = 92 \text{ об. \%}$ ; другого – у 2 рази більший, ніж третього; а останнього – у 3 рази менший, ніж третього. На негорючі гази в суміші припадає 6 об. %. Ентальпії спалювання цих вуглеводнів становлять  $-890,95$ ;  $-1560,92$ ;  $-2221,52$  та  $-2880,43 \text{ кДж/моль}$ , відповідно.

Напишіть рівняння реакцій горіння вуглеводнів. Розрахуйте кількість теплоти, яка виділиться при спалюванні  $1 \text{ м}^3$  природного газу.

Згідно з державними нормативами, теплота згорання  $1 \text{ м}^3$  природного газу повинна становити не менше 8000 ккал. Обчисліть об'єм природного газу, який треба спалити для отримання цієї кількості теплоти, якщо  $1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж}$ .

#### Розв'язок

1) Перші насичені вуглеводні, які є складовими природного газу є:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

2) Виходячи з умов задачі, оскільки на метан і негорючі гази припадає 92 і 6 об. % відповідно, то загалом на етан, пропан і бутан –  $100 - 92 - 6 = 2 \text{ об. \%}$

Якщо  $x$  – вміст  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  ( $\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10})$ ), тоді  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 3x$  і  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 6x$ .

Тоді:  $6x + 3x + x = 2$ ;  $x = 0,2 \text{ (об. \%)}$ .

$\varphi(\text{CH}_4) = 92 \text{ об. \%}$ ,  $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 1,2 \text{ об. \%}$ ,  $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,6 \text{ об. \%}$ ,  $\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,2 \text{ об. \%}$ .

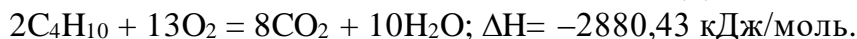
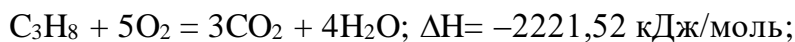
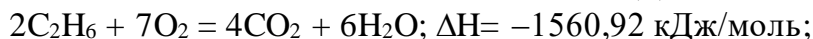
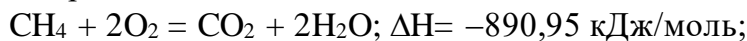
3) Розрахуємо об'єми всіх газів у  $1 \text{ м}^3$  суміші:

$$V_{\text{CH}_4} = \frac{1 \cdot 92}{100} = 0,920 \text{ м}^3 \text{ (920 дм}^3\text{)}; V_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{1 \cdot 1,2}{100} = 0,012 \text{ м}^3 \text{ (12 дм}^3\text{)};$$

$$V_{\text{C}_3\text{H}_8} = \frac{1 \cdot 0,6}{100} = 0,006 \text{ м}^3 \text{ (6 дм}^3\text{)}; V_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = \frac{1 \cdot 0,2}{100} = 0,002 \text{ м}^3 \text{ (2 дм}^3\text{)}.$$

## 9 клас

4) Рівняння реакцій горіння газів:



5) При спалюванні газів виділяється:

$$Q_{\text{CH}_4} = \frac{V_{\text{CH}_4}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 890,95 \text{ кДж/моль} = \frac{920 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 890,95 \text{ кДж/моль} \\ = 36892,6 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{V_{\text{C}_2\text{H}_6}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 1560,92 \text{ кДж/моль} = \frac{12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 1560,92 \text{ кДж/моль} \\ = 836,3 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{C}_3\text{H}_8} = \frac{V_{\text{C}_3\text{H}_8}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 2221,52 \text{ кДж/моль} = \frac{6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 2221,52 \text{ кДж/моль} \\ = 595,1 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = \frac{V_{\text{C}_4\text{H}_{10}}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 2880,43 \text{ кДж/моль} = \frac{2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 2880,43 \text{ кДж/моль} \\ = 257,2 \text{ кДж}$$

Загальна кількість теплоти, яка виділилася при спалюванні 1 м<sup>3</sup> природного газу становить:

$$Q_{\text{заг}} = 36892,6 + 836,3 + 595,1 + 257,2 = 38581,2 \text{ кДж} \left( \frac{38581,2}{4,1868} = 9214,9 \text{ ккал} \right).$$

б) Розраховуємо об'єм суміші газів, необхідний для виділення 8 000 ккал енергії:

$$1 \text{ м}^3 - 9214,9 \text{ ккал}$$

$$x \text{ м}^3 - 8000 \text{ ккал}$$

$$V_{\text{сум}} = \frac{8000 \cdot 1}{9214,9} = \mathbf{0,8682 \text{ м}^3}.$$

### Задача 5 (11 балів)

Порошки сіро-сріблястих металів **А** та **Б** при додаванні невеликої кількості речовини **К** активно реагують з темно-фіолетовим порошком простої речовини **В**, утворюючи, відповідно, складні речовини **Г** та **Д**. Речовина **Г** реагує з розчином лугу, унаслідок чого випадає білий драглистий осад речовини **Е**, який зникає при додаванні кількох крапель хлоридної кислоти. У випадку ж взаємодії речовини **Д** з розчином лугу спочатку утворюється прозорий розчин, але при пропусканні через цей розчин газу **Є** випадає білий драглистий осад речовини **Ж**, який розчиняється у надлишках як лугу, так і хлоридної кислоти.

Додатково відомо, що: 1) метал **Б** є найпоширенішим металом у земній корі; 2) метал **А** може горіти в атмосфері газу **Є**, утворюючи білий порошок складної речовини **З** та чорний порошок простої речовини **Л**; 3) за нагрівання порошок **З** реагує з речовиною **К**, перетворюючись у речовину **Д**; 4) порошок **Л** за нагрівання може реагувати з газом **Є**, утворюючи інший газ **М**; 5) гази **Є** та **М** мають однаковий елементний склад.

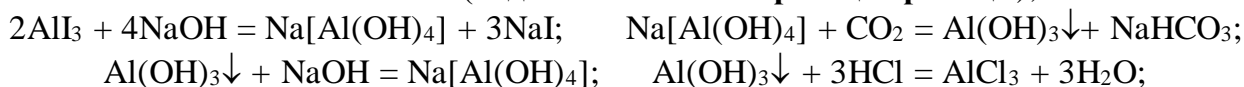
Запишіть та урівняйте рівняння усіх описаних реакцій, вкажіть усі речовини, що зашифровані літерами. Зазначте, яка речовина є каталізатором у двох перших описаних реакціях.



9 клас

Розв'язок

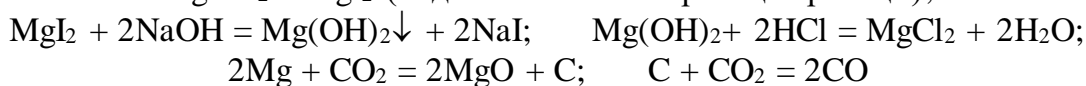
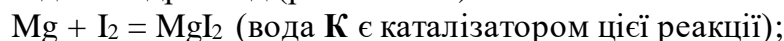
- 1) Аналізуючи умову задачі, робимо висновок, що метал **Б** – це алюміній, який є найпоширенішим металом у земній корі (третій хімічний елемент за поширенням, після кисню та силіцію).
- 2) Очевидно, що простою речовиною **В** темно-фіолетового кольору є йод, який вступає у взаємодію з порошком алюмінію при додаванні кількох крапель води (речовина **К**), яка виконує функцію каталізатора у цій реакції. Унаслідок цієї реакції утворюється алюміній йодид (речовина **Д**), який розчиняється у надлишку лугу з утворенням комплексної солі. Ця сіль руйнується унаслідок пропускання через розчин вуглекислого газу (газ **Є**), з утворенням осаду алюміній гідроксиду (речовина **Ж**), який є амфотерним, тому розчиняється як у надлишку лугу, так і в надлишку кислоти:



- 3) Другим металом, що реагує з йодом при додаванні кількох крапель води, є магній (метал **А**). Це єдиний метал, який може горіти не лише в атмосфері кисню, але й у атмосфері вуглекислого газу (газ **Є**), утворюючи, відповідно, магній оксид (білий порошок **З**) та аморфний вуглець (чорний порошок **Л**). За нагрівання вуглець може взаємодіяти з вуглекислим газом, утворюючи чадний газ **СО** (газ **М**), який має такий же якісний склад (Карбон та Оксиген), що і вуглекислий газ.

Магній гідроксид (речовина **Е**), що утворюється внаслідок взаємодії магній йодиду (речовина **Г**) з розчином лугу, має лише основні властивості, тому розчиняється лише у надлишку кислоти (зокрема хлоридної), утворюючи розчинний у воді магній хлорид.

Магній оксид (порошок **З**) за нагрівання сполучається з водою (речовина **К**), утворюючи відповідний гідроксид (речовина **Е**).



<b>А</b>	Mg	<b>Б</b>	Al	<b>В</b>	I <sub>2</sub>	<b>Г</b>	MgI <sub>2</sub>
<b>Д</b>	AlI <sub>3</sub>	<b>Е</b>	Mg(OH) <sub>2</sub>	<b>Є</b>	CO <sub>2</sub>	<b>Ж</b>	Al(OH) <sub>3</sub>
<b>З</b>	MgO	<b>К</b>	H <sub>2</sub> O	<b>Л</b>	C	<b>М</b>	CO

Задача 6 (10 балів)

У 200 см<sup>3</sup> 0,5 % розчину купрум сульфату (ρ = 1,005 г/см<sup>3</sup>) розчинили 0,02 моль мідного купоросу. Розрахуйте: 1) масову частку утвореного розчину; 2) його молярну концентрацію (змінюю об'єму знехтувати); 3) титр розчину по міді Т<sub>Cu(II)</sub> (в г/мл);

Яка кислотність середовища обох розчинів? Як (якісно) зміниться рН вихідного розчину після додавання мідного купоросу? Обґрунтуйте свою відповідь, зокрема рівняннями відповідних реакцій.

Наведіть приклади використання (застосування) мідного купоросу в побуті.

## 9 клас

## Розв'язок

1) Маса 0,5 % розчину купрум сульфату:  $m_{p-ny} = V_{p-n} \cdot \rho_{p-ny} = 200 \cdot 1,005 = 201 \text{ г.}$

2) Маса розчиненого купрум сульфату у розчині:

$$m(\text{CuSO}_4) = \frac{m_{p-ny} \cdot \omega_{p-ny}}{100\%} = \frac{201 \cdot 0,5}{100\%} = 1,005 \text{ г.}$$

3) Маса 0,02 моля мідного купоросу:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 196 \text{ г/моль}; \quad m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 196 \text{ г/моль} = 2,92 \text{ г.}$$

4) Знайдемо масу купрум сульфату в 0,02 молях мідного купоросу:

$$m(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{2,92 \cdot 160}{196} = 2,3836 \text{ г.}$$

5) Знайдемо масову частку утвореного розчину:

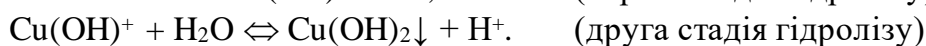
$$\omega_{p-ny} = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m_{p-ny}} \cdot 100\% = \frac{1,005 + 2,3836}{201 + 2,92} \cdot 100\% = \frac{3,3836}{203,92} \cdot 100\% = 1,66 \text{ \%}.$$

6) Молярна концентрація утвореного розчину:

$$C(M) = \frac{\nu(\text{CuSO}_4)}{V_{p-ny}} \cdot 1000 = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} \cdot 1000 = \frac{3,3836 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} \cdot 1000 \text{ мл} = 0,1057 \text{ моль/л}$$

7) Титр даного розчину:  $T_{\text{Cu}} = \frac{C(M) \cdot M(\text{Cu})}{1000} = \frac{0,1057 \cdot 64}{1000} = 0,0676 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \left( 67,6 \frac{\text{мг}}{\text{мл}} \right).$

8) Розчини мідного купоросу (купрум сульфату) мають кисле середовище ( $\text{pH} < 7$ ) в результаті гідролізу солі за катіоном:



При збільшенні концентрації мідного купоросу кислотність буде підвищуватися ( $\text{pH}$  зменшуватися) в результаті зсуву рівноваги стадій гідролізу вправо.

9) Застосування мідного купоросу:

- фунгіцид для призупинення розвитку і поширення грибкових захворювань плодових і деяких ягідних культур;
- джерело мікроелементів для підгодівлі овочів ягідних та інших садових культур
- пестицид для боротьби з хворобами і шкідниками рослин;
- антисептик для захисту будинків і внутрішніх приміщень від грибків і цвілі.

**Задача 1** (8 балів)

Нікелеву пластинку масою 15,2 г витримували в 250 см<sup>3</sup> 1 % розчину аргентум нітрату (густина вважати близькою до 1 г/см<sup>3</sup>). Після цього пластинку витягнули з розчину, обережно висушили на повітрі та зважили.

Якою стала маса пластинки після висушування? Напишіть рівняння реакції та здійсніть відповідні розрахунки.

**Розв'язок**

1) Відбувається наступна реакція: 
$$\text{Ni} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}\downarrow \quad (1),$$
 тож маса пластинки має збільшитися.

2)  $n(\text{Ni}) = 15,2 \text{ г} / 59 \text{ г/моль} = 0,258 \text{ моль};$

$$n(\text{AgNO}_3) = (250 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл}) \cdot 0,01 / 170 \text{ г/моль} = 0,015 \text{ моль}.$$

Метал в надлишку, обчислення проводимо за аргентум нітратом.

3) Виходячи з рівняння (1): під час взаємодії 2 молів AgNO<sub>3</sub> зміна маси становитиме 2 · 108 – 59 = 157 г. Тому пластинка має стати важчою на 0,015 · 157 / 2 = 1,2 г.

4) Її кінцева маса становитиме: 15,2 + 1,2 = **16,4 г**.

**Задача 2** (11 балів)

На 5,00 г суміші магній фосфіду та кальцій карбіду подіяли надлишком води. В утвореній газоподібній суміші масові частки компонентів співвідносяться як 1:3. Розчинення такої ж кількості вихідної суміші у надлишку соляної кислоти призводить до утворення 1,88 л (н.у.) газу.

Напишіть рівняння відповідних реакцій та встановіть склад вихідної (в масових частках) та газоподібної (в об'ємних частках) сумішей.

Опишіть основні небезпеки, які супроводжують практичне використання описаної в задачі газової суміші.

**Розв'язок**

1) 
$$\text{Mg}_3\text{P}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{PH}_3\uparrow; \quad (1)$$

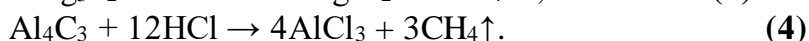
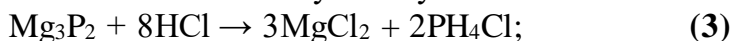
$$\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4\uparrow. \quad (2)$$

2) Припустимо, що утворилось 100 г суміші фосфіну PH<sub>3</sub> та метану CH<sub>4</sub>, тоді у ній або 25 г фосфіну та 75 г метану, або ж навпаки, 25 г метану та 75 г фосфіну.

Для першого випадку:  $n(\text{PH}_3) = 25/34 = 0,74 \text{ моль}; \quad n(\text{CH}_4) = 75/16 = 4,69 \text{ моль}.$

Виходячи з рівнянь 1 та 2 у реакціях прийняло участь 0,37 моль (49,9 г) магній фосфіду та 1,56 моль (224,6 г) алюміній карбіду. Це відповідає наближеному складу суміші **18 мас. % Mg<sub>3</sub>P<sub>2</sub> та 82 мас. % Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>.**

3) Під час розчинення такої ж кількості суміші у соляній кислоті відбуваються наступні реакції:



4) У вигляді газу виділяється лише метан. Відповідно 1,88 л (0,084 моль) метану відповідає 4,1 г (0,028 моль) карбіду у суміші, що відповідає 18 % Mg<sub>3</sub>P<sub>2</sub> та 82 % Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>. Це підтверджує отриманий вище висновок.

5) Ідентичні розрахунки на основі припущення по наявності у газовій суміші 25 г метану та 75 г фосфіну показують, що воно суперечить умові задачі.

6) Правильне обчислення об'ємної частки компонентів в газовій суміші можна здійснити тільки встановивши її склад. При цьому слід скористатися тим, що у газових сумішах мольна та об'ємна частка компонента співпадають.

10 клас

Тому:  $\chi(\text{PH}_3) = 0,74/(0,74 + 4,69) = 0,135$ ;  $\chi(\text{CH}_4) = 4,69/(0,74 + 4,69) = 0,865$ .

7) Утворена газова суміш буде отруйна (за рахунок наявності фосфіну) та вибухонебезпечна (при змішуванні з повітрям).

**Задача 3** (16 балів)

Кристалічна безбарвна сполука **A** містить один атом елемента **X** на формульну одиницю. Гарячий концентрований розчин кислоти **A** реагує з 6,57 г простої речовини, утвореної елементом **Y**. При цьому серед продуктів: 13,72 г сполуки **B** (містить елемент **Y** у ступені окиснення +3), оксид **B** (містить елемент **X**) та вода. В свою чергу, продуктами реакції суміші сполуки **A** з хлоридною кислотою та такої ж маси металу **Y** є вода, оксид **B** та кислота **Г** (в кислотному залишку містить хлор та елемент **Y**).

Нагрівання **Г** спочатку призводить до утворення 7,73 г світло-жовтої бінарної сполуки **Д**, яка при подальшому нагріванні розкладається на 6,56 г металу **Y** та вільний хлор. Окиснення 11,1 г сполуки **B** концентрованим розчином гідроген пероксиду дозволяє добути 14,5 г чистої сполуки **A** (жодних сторонніх продуктів не утворюється), якої достатньо для окиснення такої ж кількості речовини, утвореної елементом **Y**.

Визначте елементи **X** та **Y**, а також речовини **A**, **B**, **B**, **Г**, підтвердивши свої висновки розрахунками. Напишіть та урівняйте рівняння згаданих хімічних реакцій, а також опишіть просторову будову сполук **B** та **Г** в твердому стані.

**Розв'язок**

- Оскільки, згідно з умовою, **Д** – це бінарна сполука, то в 7,73 г речовини міститься  $7,73 - 6,56 = 1,17$  г елемента хлору, а сама сполука належить до хлоридів металів.
- Методом перебору або через закон еквівалентів приходимо до висновку що елемент **Y** – аурум (зверніть увагу, в наслідок експериментальних досліджень отримуємо наближене значення еквівалента металу), а опираючись на чисельні дані задачі, що елемент **X** – Se.
- A** –  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ; **B** –  $\text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3$ ; **B** –  $\text{SeO}_2$ ; **Г** –  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ ; **X** – Se; **Y** – Au.
- $$6\text{H}_2\text{SeO}_4 + 2\text{Au} \rightarrow \text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3 + 3\text{SeO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}; \quad (1)$$

$$3\text{H}_2\text{SeO}_4 + 8\text{HCl} + 2\text{Au} \rightarrow 2\text{H}[\text{AuCl}_4] + 3\text{SeO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}; \quad (2)$$

$$\text{H}[\text{AuCl}_4] \rightarrow \text{AuCl} + \text{HCl} + \text{Cl}_2; \quad (3)$$

$$2\text{AuCl} \rightarrow 2\text{Au} + \text{Cl}_2; \quad (4) \qquad \text{SeO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_4. \quad (5)$$
- B** ( $\text{SeO}_2$ ) в твердому стані побудований з полімерних молекул складу  $(\text{SeO}_2)_n$ .
- Г** ( $\text{H}[\text{AuCl}_4]$ ) в твердому стані побудований з катіонів  $\text{H}_5\text{O}_2^+$  (через наявність у лабораторному реактиві кристалізаційної води) та квадратних утворень  $[\text{AuCl}_4]^-$ .

**Задача 4** (10 балів)

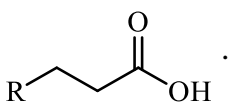
Карбонова кислота **A**, взаємодіє з еквімолярною кількістю газу **B** (назва якого з грецької мови перекладається як “зелений”) в присутності червоного фосфору, утворюючи сполуку **C**. Остання, при нагріванні в спиртовому розчині KOH, перетворюється в сіль карбонової кислоти **D**. Нагрівання **D** з надлишком KOH за температури 300°C призводить до утворення сполуки **E**. Після окиснення сполуки **E** розчином  $\text{KMnO}_4$  в 30%-ій  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в розчині було виявлено ацетон.

Додатково відомо, що при спалюванні 10 г сполуки **E** в надлишку кисню утворилося 31,43 г вуглекислого газу та 12,86 г води. Густина парів сполуки **E** за хлором становить 0,789.

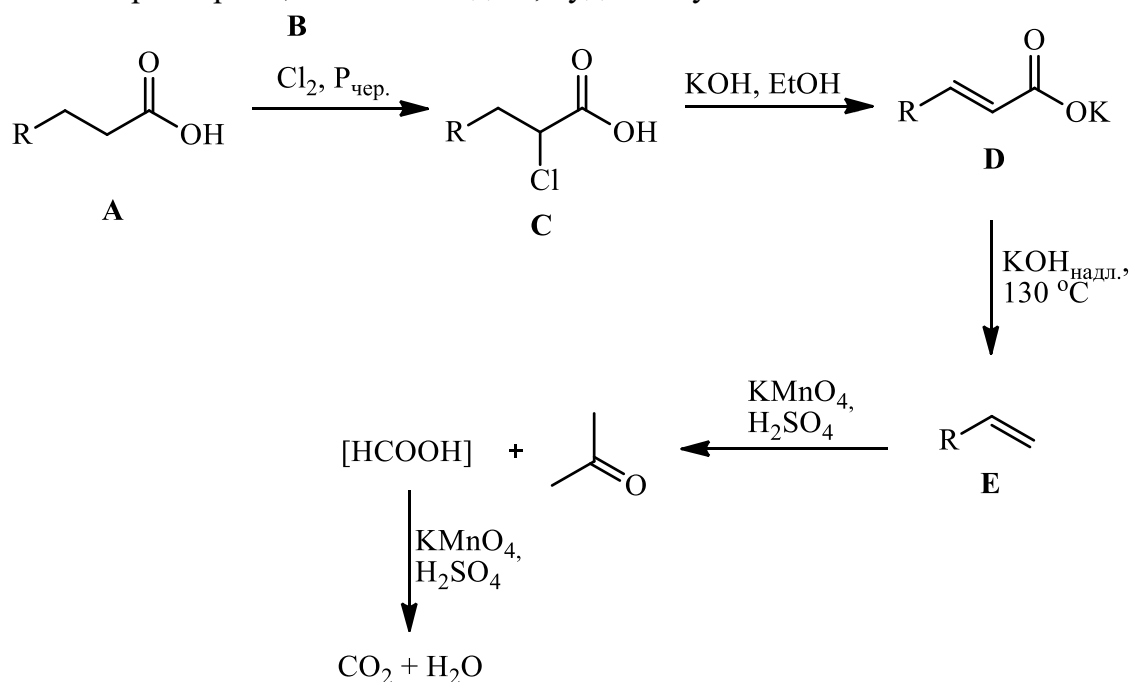
Встановіть структури сполук **A–E**, назвіть ці сполуки та напишіть рівняння згаданих реакцій. Висновки обґрунтуйте розрахунками. Для сполуки **E** запропонуйте структури всіх можливих її ізомерів.

**Розв'язок**

1) Газ **B** – це  $\text{Cl}_2$ .

2) Зобразимо сполуку **E** структурою .

Тоді схема перетворень, описана в задачі, буде наступною:



3) За відносною густиною газу **E** знаходимо:

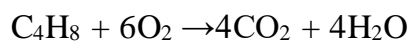
$$D = \frac{M_E}{M_{\text{Cl}_2}}; M_E = DM_{\text{Cl}_2}; M_E = 0.789 \cdot 71 = 56 \text{ г/моль.}$$

4) Користуючись формулою  $M_{\text{C}_n\text{H}_{2n}} = 12n + 2n$ , вираховуємо брутто-формулу алкenu:

$$12n + 2n = 56; 14n = 56; n = 4$$

Це бутен –  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

5) За реакцією горіння сполуки **E**



знаходимо маси вуглекислого газу та води, які утворилися в результаті реакції:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{C}_4\text{H}_8} \cdot 4M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{C}_4\text{H}_8}} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 44}{56} = 31.4 \text{ (г)} \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{C}_4\text{H}_8} \cdot 4M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{C}_4\text{H}_8}} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 18}{56} = 12.8 \text{ (г)}$$

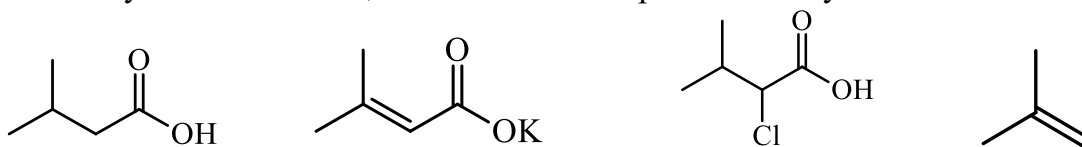
Обчислені маси співпадають із даними в умові задачі.

6) Враховуючи наявність ацетону при окисненні газу **E**, робимо висновок, що газ **E** – це ізобутен (2-метилпропен).

7) Встановлені сполуки:

**A** – 3-метилбутанова кислота;

**C** – 2-хлоро-3-метилбутанова кислота



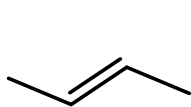
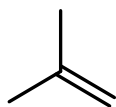
**D** – калій 3-метил-2-бутеноат

**E** – 2-метилпропен або ізобутен

10 клас

8) Структури можливих ізомерних сполук ізобутену:

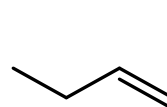
2-метилпроп-1-ен (ізобутен)



цис-бут-2-ен



транс-бут-2-ен



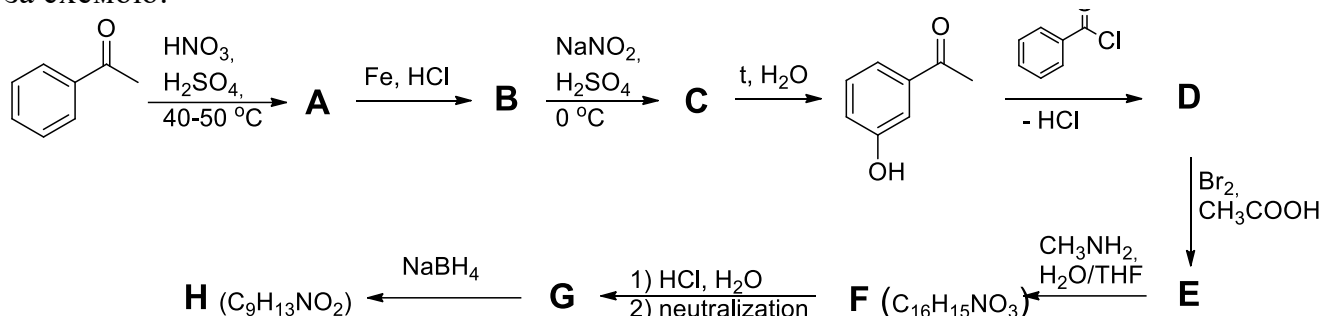
бут-1-ен

метилциклопропан



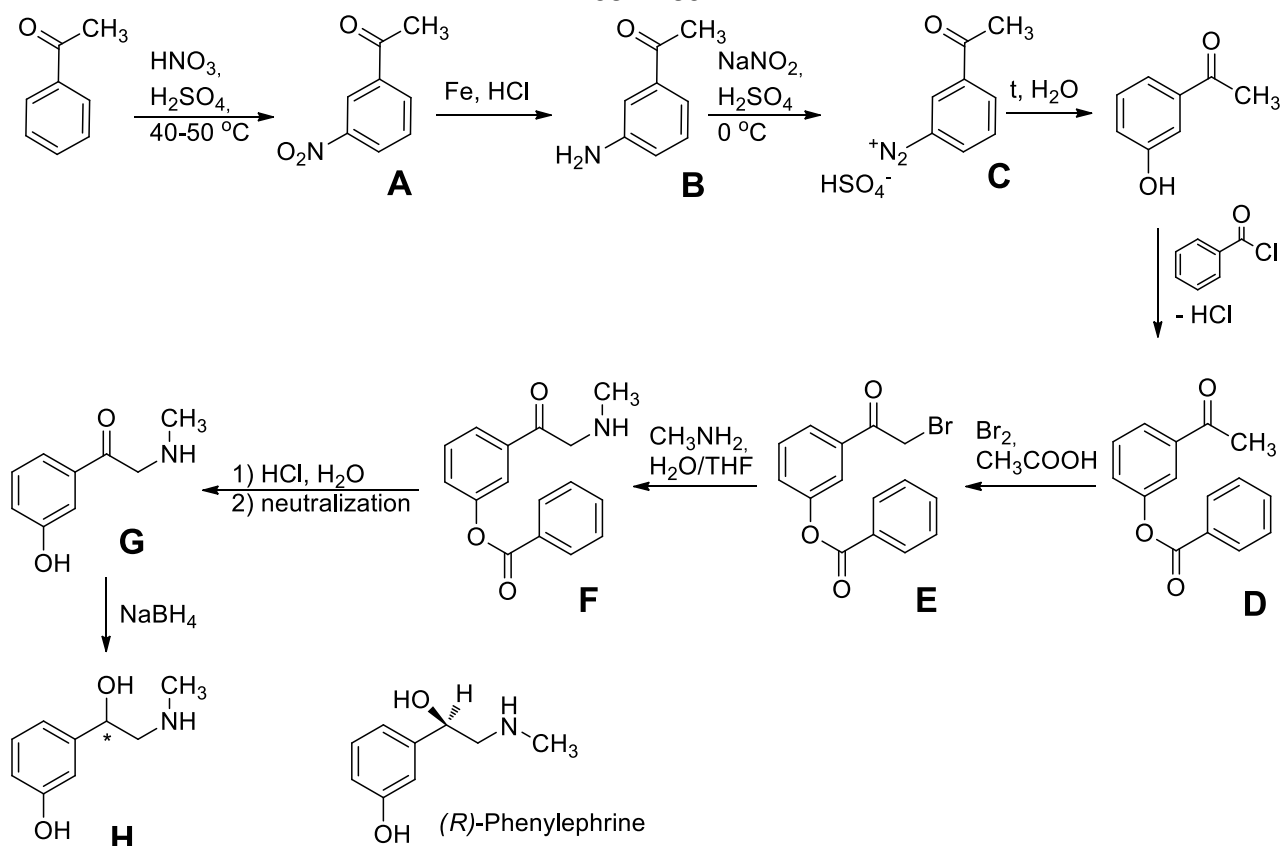
Задача 5 (10 балів)

Ацетофенон є вихідною сполукою для синтезу фармацевтичного препарату **H** за схемою:



Напишіть структурні формули сполук **A–H**. Позначте хіральний центр в сполуці **H** та зобразіть формулу, яка відображає просторову будову її R-енантіомеру.

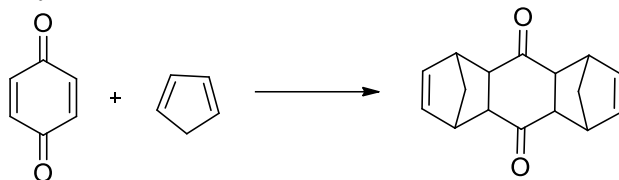
Розв'язок



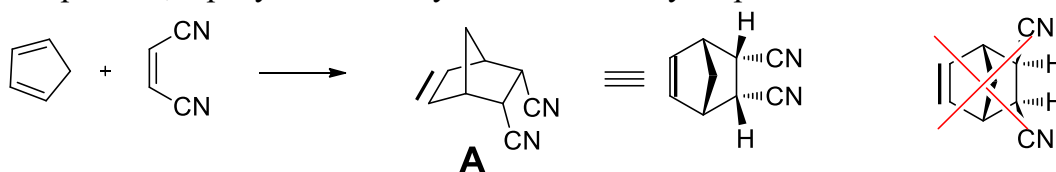
Сполука **H** (фенілефрин) – синтетичний адреноміметичний препарат, стимулятор  $\alpha$ -адренорецепторів.

**Задача 6** (15 балів)

Реакція Дільса-Альдера, узгоджене [4+2]-циклоприєднання дієну та олефіну з утворенням циклогексену, була відкрита 1928 року в місті Кіль. Професор Отто Дільс і його колега Курт Альдер змішали *n*-бензохінон з надлишком циклопентадієну і отримали наступний результат:



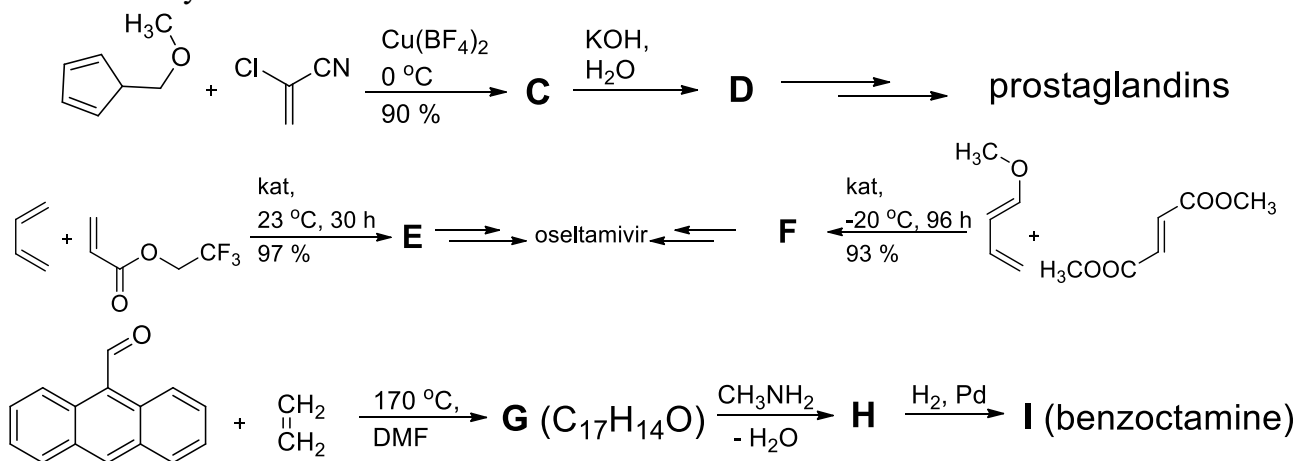
Реакція Дільса-Альдера є узгодженою одностадійною реакцією між дієном та дієнофілом (алкеном чи алкіном), яка часто протікає з високою стереоспецифічністю. Наприклад, в результаті наступної взаємодії утворюється тільки один стереоізомер **A**:



**не утворюється**

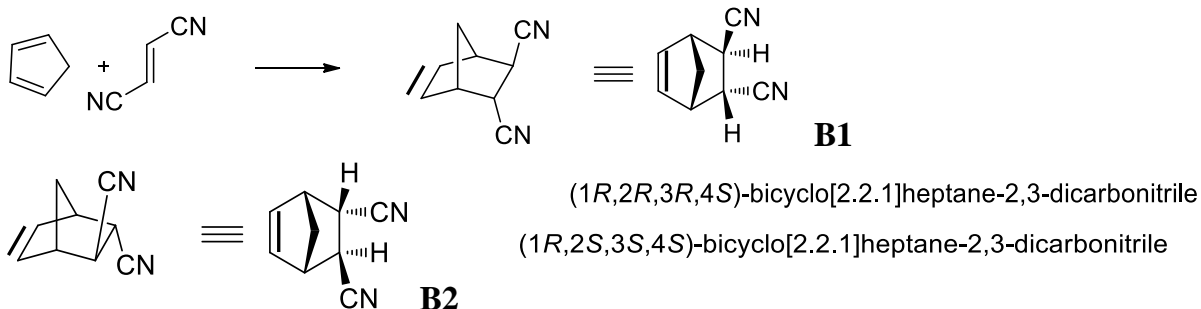
Якщо ж використати в цій реакції *E*-ізомер того самого олефіну, то утворюються два інших стереоізомерних продукти – **B1** і **B2**.

Реакція Дільса-Альдера широко застосовується в органічному синтезі, наприклад на проміжних стадіях синтезу низки фармацевтичних препаратів, як то простагландинів (PGE<sub>2</sub> і PGF<sub>2</sub>), противірусного засобу озельтамівіру, седативного препарату бензоктаміну:

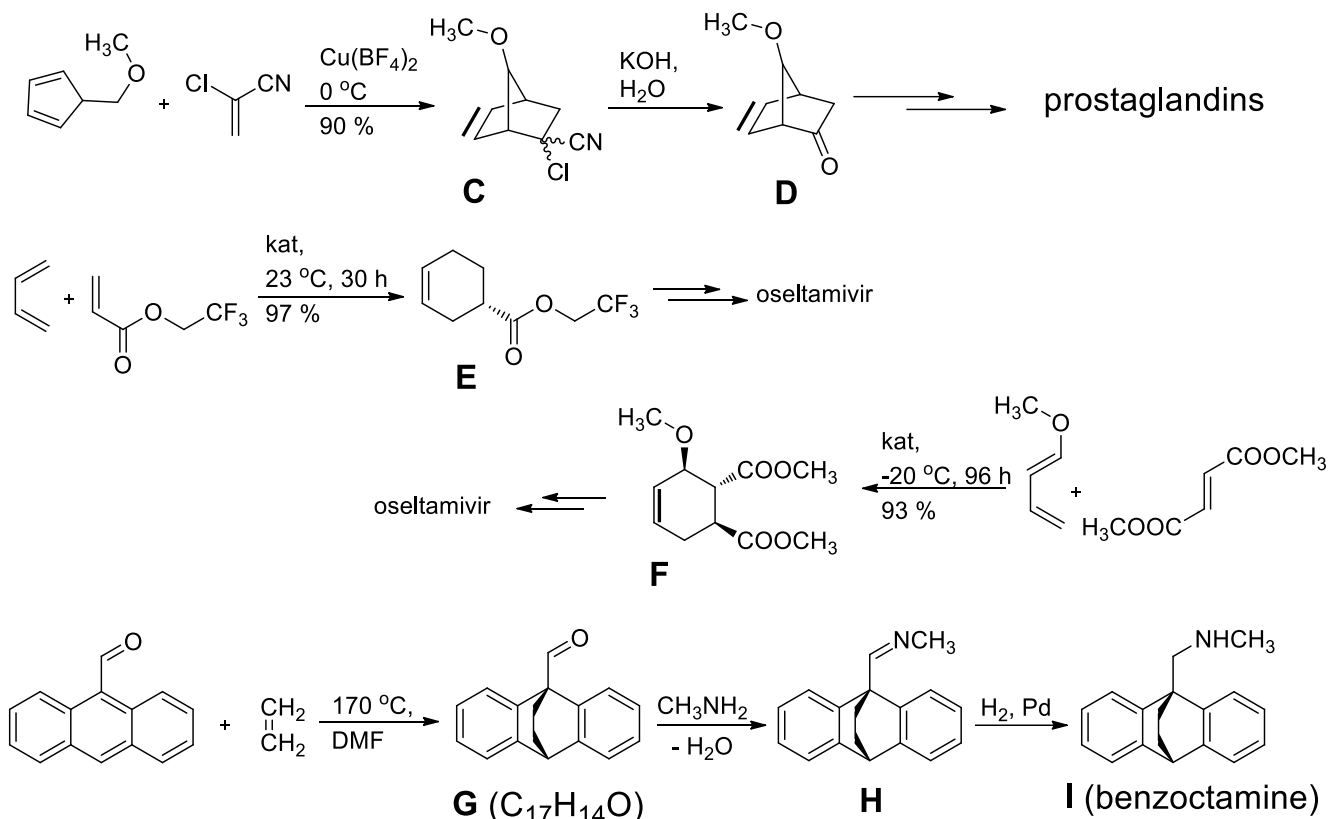


Зобразіть структурні формули згаданих вище стереоізомерних продуктів **B1** і **B2**, а також сполук **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H** та **I**.

**Розв'язок**



10 клас



Задача 7 (10 балів)

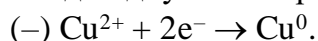
Електричний струм пропускали крізь два електролізери (заповнені 1 М водними розчинами електрохімічно активних сполук калію об'ємом  $100 \text{ см}^3$ ) і мідний кулонометр, з'єднані між собою послідовно. Після електролізу маса катода в кулонометрі збільшилась на  $2,56 \text{ г}$ , а на анодах двох електролізерів виділилося відповідно  $0,448$  та  $0,896 \text{ дм}^3$  (н.у.) газів простих речовин.

Обґрунтуйте розрахунками, які гази утворилися на анодах електролізерів. Запишіть рівняння відповідних електрохімічних (повних та електродних) реакцій. Кількісно оцініть як змінилася концентрація електролітів в електролізерах після електролізу.

Розв'язок

1) Кулонометр – це електролізер, який використовують для визначення кількості електрики, яка пройшла крізь електрохімічну систему, оскільки вихід за струмом для електрохімічної реакції, яка в ньому відбувається, становить 100 %.

У мідному кулонометрі на катоді відбувається реакція:



Отож кількість електрики, яка пройшла через електричне коло, згідно з законом Фарадея, становить:

$$Q = \frac{m(\text{Cu})F}{M(\text{Cu})/z} = \frac{2,56 \cdot 96500}{64/2} = 7720 \text{ Кл.}$$

2) Така ж кількість електрики пройшла і крізь електролізери. Тому розрахуємо об'ємні електрохімічні еквіваленти газів **G**<sub>1</sub> та **G**<sub>2</sub>, які утворилися на анодах:



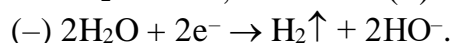
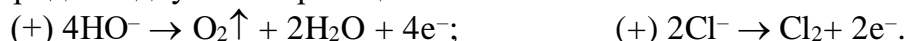
$$Q = \frac{V(G_1)F}{V_M(G_1)/z}; E_V(G_1) = V_M(G_1)/z = \frac{V(G_1)F}{Q} = \frac{0,448 \cdot 96500}{7720} = 5,6 \text{ л/Кл.}$$

$$E_V(G_2) = V_M(G_2)/z = \frac{V(G_1)F}{Q} = \frac{0,896 \cdot 96500}{7720} = 11,2 \text{ л/Кл.}$$

Виходячи з отриманих результатів, утворення газу  $G_1$  є чотириелектронним процесом ( $22,4/5,6 = 4$ ), тоді як газу  $G_2$  – двоелектронним ( $22,4/11,2 = 2$ ). Оскільки газуваті продукти – це прості речовини, то перший газ – кисень, а другий – хлор.

3) Оскільки в електролізери були заповнені водними розчинами електрохімічно активних сполук калію, то, очевидно, це були розчини КОН та КСl, відповідно.

Тоді на електродах відбувались реакції:



4) Тож загальні рівняння перетворень, які відбуваються в електролізерах, матимуть вигляд:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$  (1) та  $2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\uparrow$  (2).

Згідно з рівняннями (1) та (2), концентрації електроліту в обох електролізерах збільшаться внаслідок зменшення кількості води.

5) **Електролізер 1.** Згідно з рівнянням (1), розклатося

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{V(\text{O}_2)}{V_M} M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{0,448}{22,4} 18 = 0,72 \text{ г або } 0,72 \text{ см}^3 (\rho=1 \text{ г/см}^3) \text{ води.}$$

Об'єм електроліту став  $100 - 0,72 = 99,24 \text{ см}^3$ ,

а його концентрація  $c_2(\text{KOH}) = (100/99,24) 1 \cong 1,0077 \text{ моль/л}$

б) **Електролізер 2.** Згідно з рівнянням (2), розклатося

$$v(\text{KCl}) = 2 \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_M} = 2 \frac{0,896}{22,4} = 0,08 \text{ моль та}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_M} M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \frac{0,896}{22,4} 18 = 1,44 \text{ г або } 1,44 \text{ см}^3 (\rho=1 \text{ г/см}^3) \text{ води.}$$

Об'єм електроліту став:  $100 - 1,44 = 98,56 \text{ см}^3$ ,

кількість розчиненого КСl:  $v_2(\text{KCl}) = 0,1 \cdot 1 - 0,08 = 0,02 \text{ моль}$ ,

а його концентрація:  $c_2(\text{KCl}) = 0,02/0,09856 \cong 0,203 \text{ моль/л}$

Проте одночасно в розчині накопичився КОН:

$$v(\text{KOH}) = v(\text{KCl, який розклався}) = 0,08 \text{ моль,}$$

$$c(\text{KOH}) = 0,08/0,09856 \cong 0,812 \text{ моль/л.}$$

Тож сумарна концентрація електролітів становитиме:

$$c_2(\text{KCl}) + c(\text{KOH}) = 0,203 + 0,812 = 1,015 \text{ моль/л.}$$

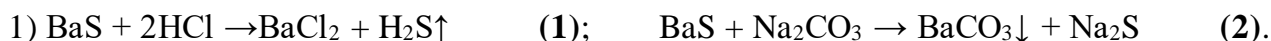
## 11 клас

## Задача 1 (8 балів)

В результаті розчинення зразка барій сульфід масою 10 г у надлишку хлоридної кислоти виділилося 1,39 л (н.у.) газуватої речовини. Коли таку ж наважку вихідної солі розчинили у надлишку розчину натрій карбонату, то утворилось 11,05 г білого осаду (складається з однієї речовин без домішок).

Встановіть вміст чистої речовини у вихідному зразку барій сульфід. Які домішки можуть бути у ньому? Напишіть та урівняйте рівняння згаданих вище реакцій.

## Розв'язок



$$2) n(\text{H}_2\text{S}) = 1,39 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,062 \text{ моль}.$$

Якщо припустити що вихідний зразок чиста речовина, то:

$$n(\text{BaS}) = 10 \text{ г} / 169 \text{ г/моль} = 0,059 \text{ моль}.$$

Отже в зразку є **домішка якогось сульфід** (при взаємодії виділяється чиста речовина, а не суміш), причому його мольна маса менша за мольну масу барій сульфід.

3) Для встановлення вмісту барій сульфід скористаємося другою частиною задачі. Утворення білого осаду чистої речовини свідчить що домішка не утворює нерозчинних сполук з барій карбонатом. Виходячи з кількості речовини барій карбонату:

$$n(\text{BaCO}_3) = 11,05 \text{ г} / 197 \text{ г/моль} = 0,056 \text{ моль}.$$

Тож у вихідній суміші було близько **9,5 г (95%)** барій сульфід.

## Задача 2 (12 балів)

Коли на розчин сполуки **A** (сульфат двовалентного металу) подіяли натрій йодидом, то випав сірий осад суміші речовини **B** та вільного йоду. При збовтуванні утвореної суміші у концентрованому розчині натрій гідроксиду утворився темно-червоний осад **B**, а в рідкій фазі (окрім натрій йодиду) з'явилась сіль **Г**. Під час взаємодії сухої солі **Г** з концентрованою хлоридною кислотою серед продуктів є осад йоду та газ **Д**. Дія газу **Д** на розчин натрій йодиду знову призводить до утворення осаду йоду та прозорого розчину.

Прожарювання сполуки **B** в атмосфері кисню призводить до утворення коричнево-чорного оксиду **Е** (містить 79,95 мас. % металу). Розчинення **Е** в сульфатній кислоті призводить до утворення сполуки **A**.

Які речовини зашифровано під літерами **A – E**? Наведіть їх формули, а також запишіть рівняння хімічних перетворень, наведених в умові задачі.

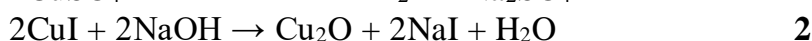
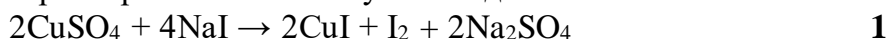
Як речовина **Е** взаємодіє з концентрованим розчином калій йодиду? До якого класу неорганічних речовин вона належить? Опишіть будову аніону у її складі.

## Розв'язок

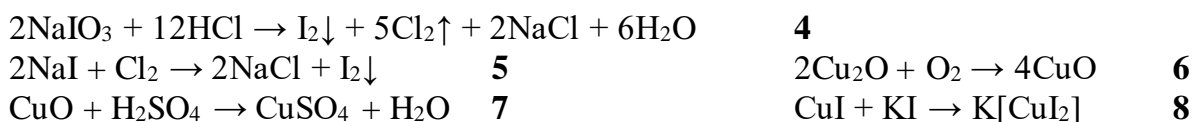
1) З умови випливає, що **Е** – оксид вихідного двовалентного металу. Розрахунок за хімічною формулою показує, що це оксид міді.

2) Відповідні формули сполук: **A** –  $\text{CuSO}_4$ , **B** –  $\text{CuI}$ , **B** –  $\text{Cu}_2\text{O}$ , **Г** –  $\text{NaIO}_3$ , **Д** –  $\text{Cl}_2$ , **Е** –  $\text{CuO}$

3) Перетворення описані в умові задачі:



11 клас



- 4) Сполука  $\text{K}[\text{CuI}_2]$  належить до комплексних солей.  
 5)  $[\text{CuI}_2]^-$  – лінійне утворення.

**Задача 3 (15 балів)**

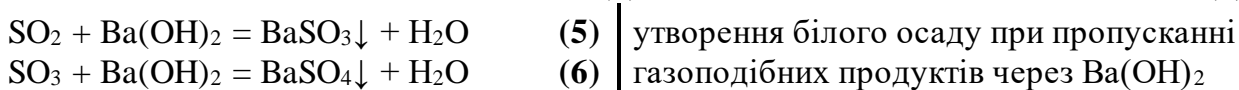
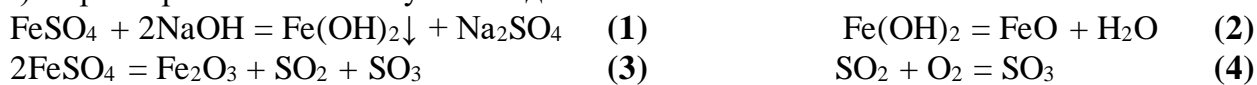
При додаванні до водного розчину білої кристалічної речовини **A** надлишку натрій гідроксиду утворюється білий осад речовини **B**. Після його прожарювання залишилась чорна бінарна речовина **B**, яка містить 22,27 мас. % кисню. Під час нагрівання до  $700^\circ\text{C}$  з речовини **A** утворюється червоно-бурий оксид **Г**, безбарвний газ **Д** та рідина **Е** (якісний елементний склад для двох останніх сполук однаковий). При пропусканні охолоджених газоподібних продуктів розкладу сполуки **A** через розчин барій гідроксиду, за деякий час поглинання газу припиняється і утворюється білий осад. Якщо у поглинальну склянку додати надлишок розчину хлоридної кислоти, то осад частково розчиняється і виділяється газ **Д**. Останній можна перетворити у речовину **Е** нагріванням в платиновій посудині (або ж за наявності  $\text{V}_2\text{O}_5$  як каталізатора) в присутності кисню. Пропускання через розчин речовини **A** нітроген(II) оксиду викликає утворення бурого забарвлення (спричиненого сполукою **З**), яке впродовж кип'ятіння розчину зникає.

Розшифруйте речовини **A**, **B**, **В**, **Г**, **Д**, **Е** і **З** та напишіть рівняння описаних в умові завдання хімічних перетворень. Опишіть будову катіону у сполуці **З**.

**Розв'язок**

- Виходячи з вмісту Кисню в сполуці **B** можна встановити що це ферум(II) оксид.
- Використання  $\text{V}_2\text{O}_5$  як каталізатора має місце при окисненні  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$ , тож можна припустити, що саме це речовини **Д** і **Е**, відповідно.
- Тож відповідні формули сполук: **A** –  $\text{FeSO}_4$ ; **B** –  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ; **В** –  $\text{FeO}$ ; **Г** –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; **Д** –  $\text{SO}_2$ ; **Е** –  $\text{SO}_3$ ; **З** –  $[\text{FeNO}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{SO}_4$ .

4) Перетворення описані в умові задачі:



5) Катіон  $[\text{FeNO}(\text{H}_2\text{O})_5]$  – деформований октаедр

**Задача 4 (11 балів)**

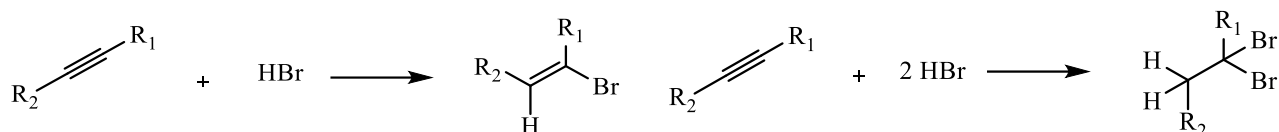
Алкін **A** масою 27 г здатний приєднати бромоводень, об'єм якого однаковий з об'ємом метану масою 16 г (н.у.), утворюючи бромпохідну **B**. Сполука **A** реагує з аміачним розчином оксиду срібла утворюючи чорний осад сполуки **C**, а з розчином  $\text{HgSO}_4$  в розбавленій  $\text{H}_2\text{SO}_4$  утворює сполуку **D**. Речовина **D** здатна реагувати з 2,4-динітрофенілгідразином, утворюючи сполуку **E** яскраво оранжевого кольору.

Визначте сполуки **A–E**, запишіть їх структурні формули та схеми згаданих в умові хімічних перетворень. Напишіть структури всіх можливих ізомерів сполуки **A** (сполук з тією ж брутто-формулою).

## 11 клас

## Розв'язок

- 1) Можливі два випадки, а саме, коли до молекули алкіну приєднується одна або ж дві молекули бромоводню, відповідно:



- 2) Зважаючи на те, що об'єм метану дано за нормальних умов, для розрахунку об'єму бромоводню, який прореагував з алкіном, можемо скористатися рівнянням:

$$V = \frac{mV_M}{M} = \frac{16 * 22.4}{16} = 22.4 \text{ л.}$$

- 3) Розрахунок молярної масу алкіну, використовуючи наведені вище рівняння реакцій, показує, що алкін приєднав два еквіваленти бромоводню, а значить:

$$M_{C_nH_{2n-2}} = 12n + 2n - 2; \quad 12n + 2n - 2 = 54; \quad 14n = 56; \quad n = 4$$

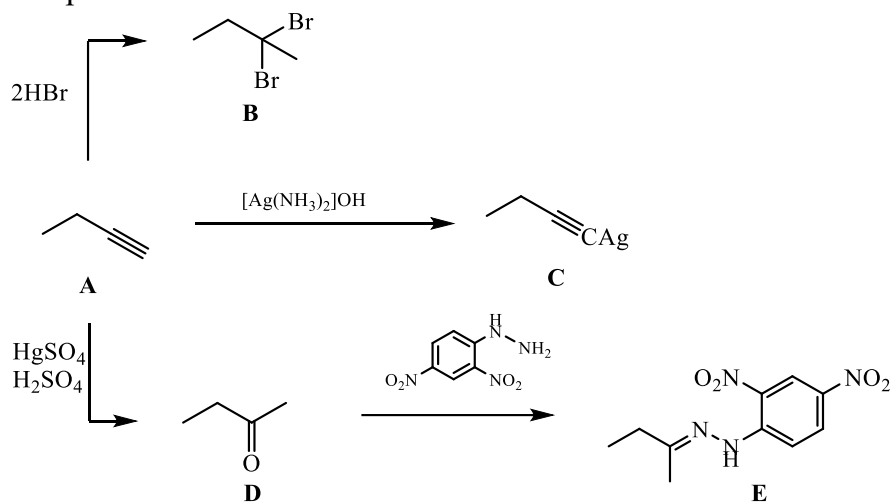
Тож брутто-формула алкіну  $C_4H_6$

- 4) Його можливі структурні формули:

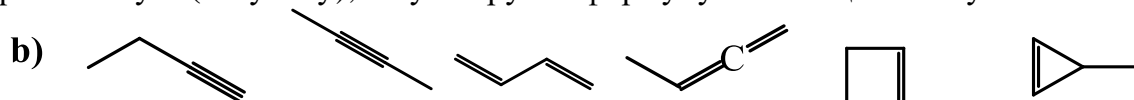


Зважаючи на те, що сполука **A** реагує з аміачним розчином оксиду срібла утворюючи чорний осад сполуки **C**, то правильною структурною формулою є **b** (1-бутин), оскільки **a** не вступає в таку реакцію.

- 5) Схеми перетворень:



- 6) Крім алкіну **b** (1-бутину), таку ж брутто-формулу мають ще 5 наступних сполук:



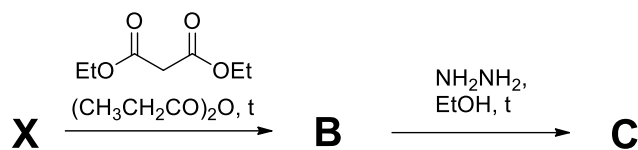
## Задача 5 (10 балів)

При горінні органічної сполуки **X** масою 14,82 г утворюється 15,68 л (н.у.)  $\text{CO}_2$  та 14,40 г води. Сполука **X** стійка в лужному середовищі і легко гідролізується в кислому з утворенням суміші мурашиної кислоти та етанолу.

Встановіть структурну формулу сполуки **X**, назвіть її та запропонуйте два методи отримання. Складіть рівняння реакції гідролізу сполуки **X** в кислому середовищі та запропонуйте його механізм.

11 клас

Сполуки класу, до яких належить **X**, проявляють високу реакційну здатність та широко застосовуються в органічному синтезі. Заповніть наступну схему перетворень:



Розв'язок

1) До мурашиної кислоти та етилового спирту можуть гідролізувати етилформиат та триетилортоформиат (триетоксиметан), проте у лужному середовищі стійким є другий.

2) Реакція горіння триетилортоформиату:

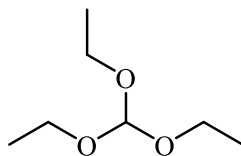
$$2 \text{HC(OEt)}_3 + 19 \text{O}_2 \rightarrow 14 \text{CO}_2 + 16 \text{H}_2\text{O}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{HC(OEt)}_3} \cdot 14 V_M}{2 M_{\text{HC(OEt)}_3}} = \frac{14.82 \cdot 14 \cdot 22.4}{2 \cdot 148.2} = 15.68 \text{ (л)}$$

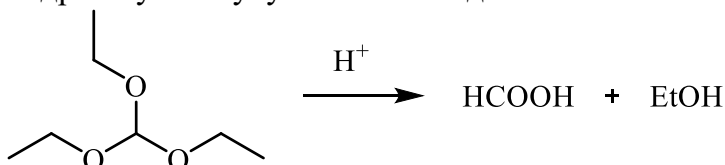
$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{HC(OEt)}_3} \cdot 16 m_{\text{CO}_2}}{2 M_{\text{HC(OEt)}_3}} = \frac{14.82 \cdot 16 \cdot 18}{2 \cdot 148.2} = 14.40 \text{ (г)}$$

Обчислені об'єм вуглекислого газу та маса води співпадають із заданими в умові задачі, отже сполука **X** – дійсно триетилортоформиат.

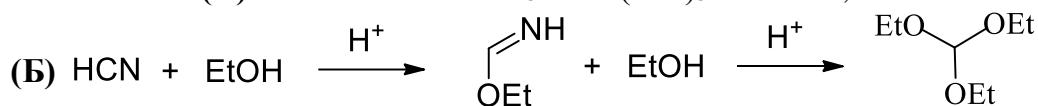
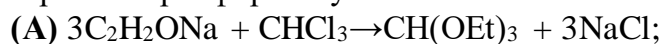
3) Його структурна формула



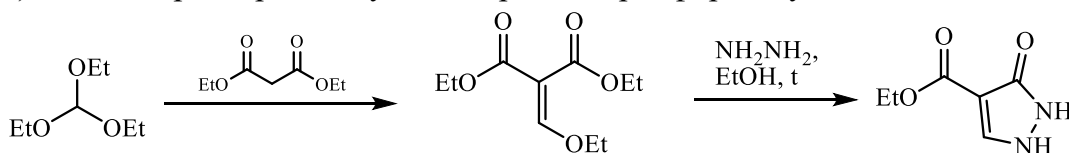
4) Рівняння реакції гідролізу сполуку **X** має вигляд:



5) Методи одержання триетилортоформиату:

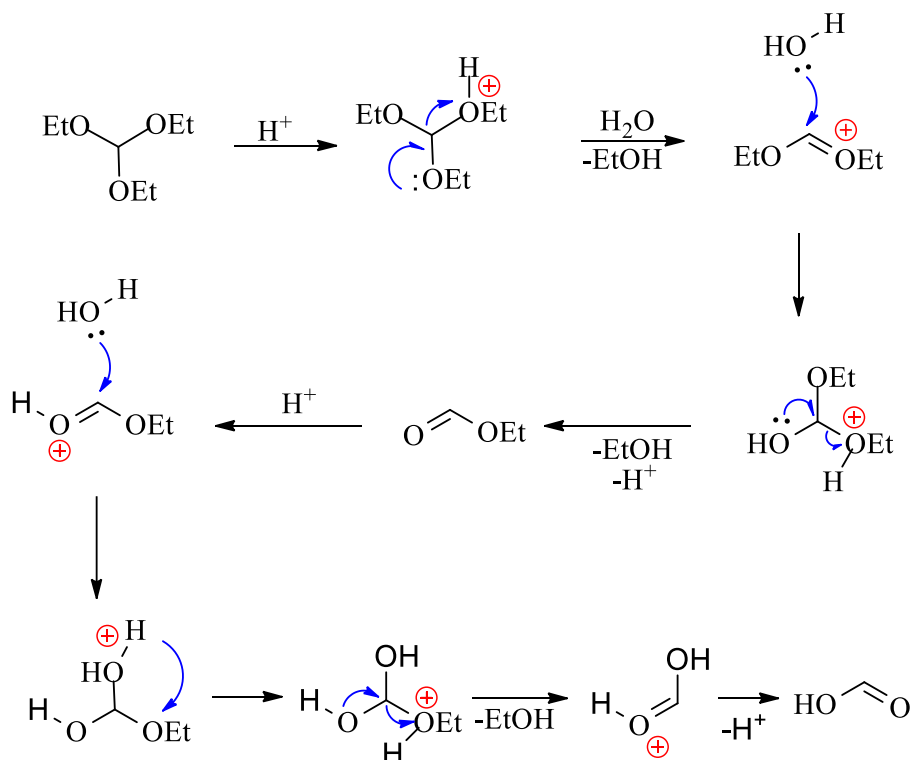


6) Схема перетворень за участю триетилортоформиату:



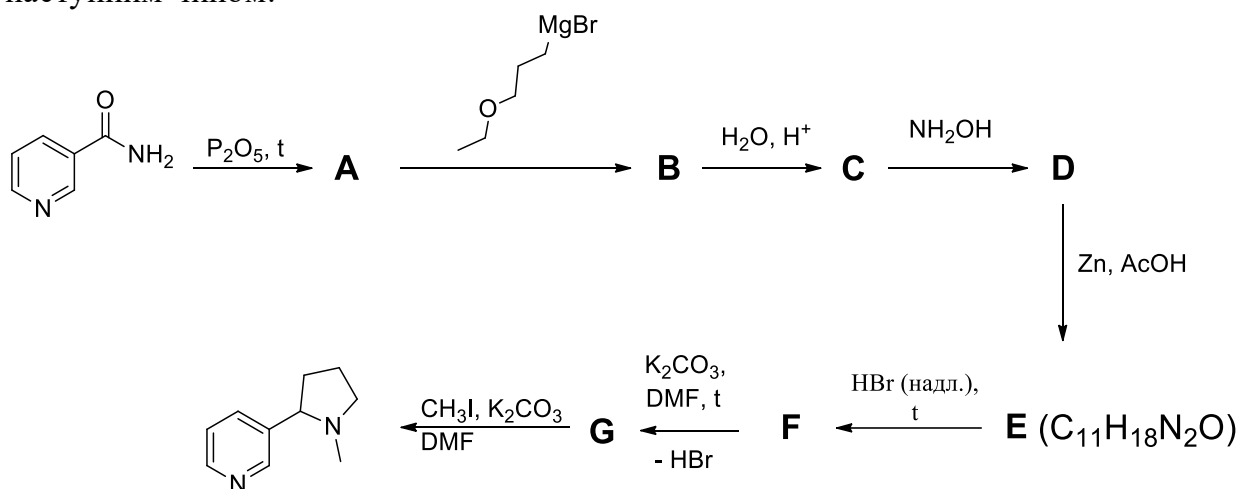
7) Механізм гідролізу триетилортоформиату:

11 клас



Задача 6 (14 балів)

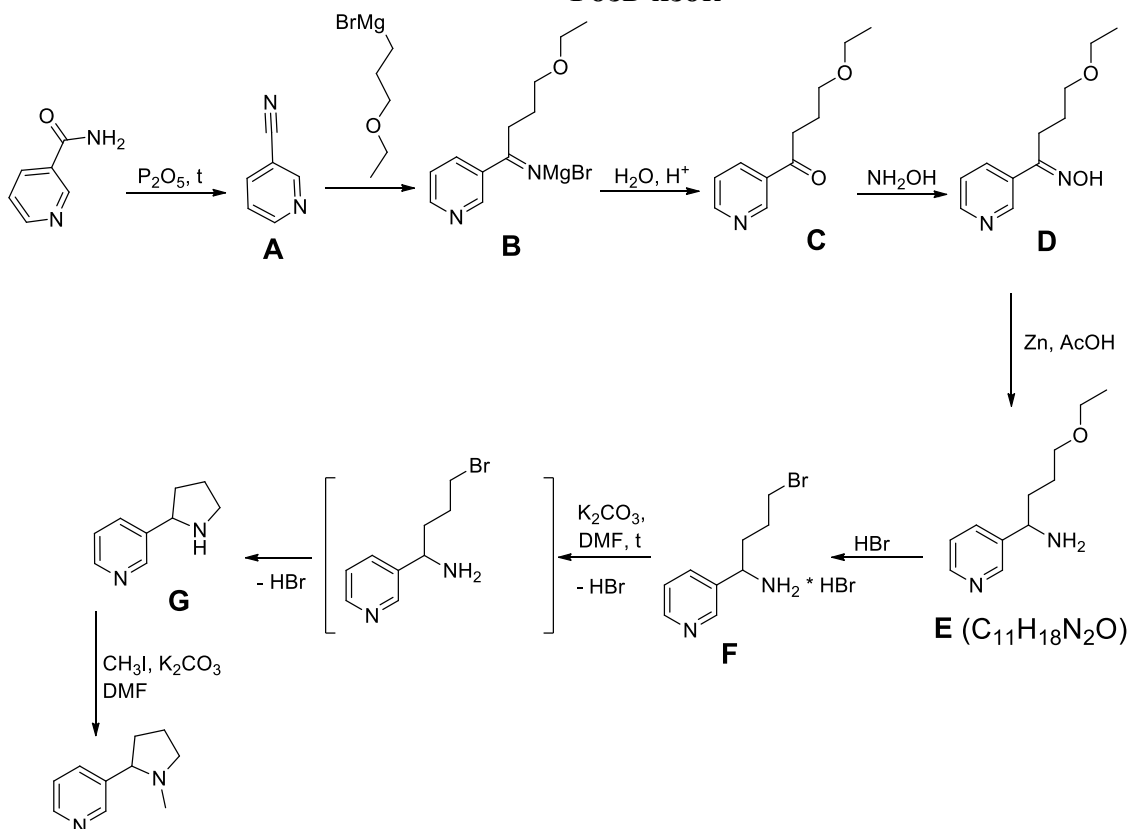
Нікотин - алкалоїд, що міститься в рослині тютюну, а також (у менших кількостях) – у помідорах, картоплі, баклажанах, зеленому перці. Викликає залежність при регулярному вживанні (наприклад, у курців). Нікотин досі використовують як інсектицид (проти тлі), а також для синтезу нікотинаміду та нікотинової кислоти (вітамін РР). Хоча нікотин здебільшого отримували з природної сировини – махорки, розроблено також його синтез в лабораторії. Такий синтез можна реалізувати наступним чином:



Проаналізувавши цю схему перетворень, встановіть структуру всіх продуктів реакцій (речовин **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** та **G**).

11 клас

Розв'язок



Задача 7 (10 балів)

Зразок нітроген(IV) оксиду масою 4,6 г помістили в реактор об'ємом 10 л та нагріли до температури 750 K. Загальний тиск в рівноважній системі склав 0,827 бар.

Розрахуйте константи рівноваги  $K_p$  та  $K_c$  реакції, а також ступінь дисоціації вихідної сполуки на нітроген(II) оксид та кисень для рівноважної системи за вказаних вище умов, прийнявши, що гази є ідеальними. Врахуйте, що стандартному стану відповідає тиск 1 бар.

Розрахуйте зміну енергії Гіббса реакції у момент, коли в рівноважну суміш додати 0,1 моль інертного газу, наприклад азоту чи аргону, з температурою 750 K? Поясніть отриманий результат розрахунків з точки зору хімічної кінетики.

Розв'язок

1) 4,6 г нітроген(IV) оксиду становить  $4,6 / 46 = 0,1$  моль.

2) Рівновага у реакторі описується рівнянням:  $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$ .

Тож якщо при досягненні рівноважного стану утворилося  $x$  моль  $O_2$ , то в рівноважній суміші залишиться  $0,1 - 2x$  моль  $NO_2$  та утвориться  $2x$  моль  $NO$ . Загалом в рівноважній суміші буде:  $0,1 - 2x + 2x + x = 0,1 + x$  моль газуватих речовин.

3) Згідно з рівнянням стану ідеального газу:

$$pV = \frac{RT}{RT} = \frac{0,827 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 750} = 0,1326 \text{ моль, тож } x = 0,1326 - 0,1 = 0,0326 \text{ моль.}$$

Отже в рівноважній суміші буде 0,0348; 0,0652 та 0,0326 моль  $NO_2$ ,  $NO$  та  $O_2$ , відповідно.

11 клас

4) Для досліджуваної реакції:

$$K_C = \frac{[NO]^2 [O_2]}{[NO_2]^2} = \frac{\left(\frac{0,0652}{10}\right)^2 \frac{0,0326}{10}}{\left(\frac{0,0348}{10}\right)^2} = \frac{0,0652^2 \cdot 0,0326}{0,0348^2 \cdot 10} = \mathbf{1,144 \cdot 10^{-2}} \text{ (моль/л);}$$

$$K_P = K_C (RT)^{\sum \nu_i} = 1,144 \cdot 10^{-2} \left(8,314 \cdot 10^{-2} \cdot 750\right)^{2+1-2} =$$

$$= 1,144 \cdot 10^{-2} \cdot 8,314 \cdot 10^{-2} \cdot 750 = \mathbf{0,713 \text{ бар}}$$

5) Ступінь дисоціації NO<sub>2</sub> становитиме:  $\alpha = (0,1 - 0,0348) / 0,1 = \mathbf{0,652}$ .

6) Зміну енергії Гіббса оборотного процесу описує рівняння ізотерми хімічної реакції, яке у нашому випадку має вигляд:

$$\Delta_r G = -RT \ln K_p + RT \ln \frac{p^2(NO) p(O_2)}{p^2(NO_2)}$$

Після введення інертного газу загальна кількість газів у реакційній суміші стане  $0,1326 + 0,1 = 0,2326$  моль, що відповідає загальному тиску в реакторі:

$$p^* = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0,2326 \cdot 8,314 \cdot 10^{-2} \cdot 750}{10} = 1,450 \text{ бар.}$$

Тоді парціальні тиски реагентів становитимуть  $0,0348 p^*/0,2326$ ;  $0,0652 p^*/0,2326$  та  $0,0326 p^*/0,2326$  бар для NO<sub>2</sub>, NO та O<sub>2</sub>, відповідно. Звідси:

$$\Delta_r G = -8,314 \cdot 750 \left( \ln 0,713 - \ln \frac{(0,0652 p^*/0,2326)^2 (0,0326 p^*/0,2326)}{(0,0348 p^*/0,2326)^2} \right) =$$

$$= 8,314 \cdot 750 \left( -\ln 0,713 + \ln \frac{0,0652^2 \cdot 0,0326 \cdot 1,450}{0,0348^2 \cdot 0,2326} \right) = 3,202 \text{ Дж}$$

7) Оскільки  $\Delta_r G > 0$ , то це свідчить, що до нового рівноважного стану система наблизатиметься зі сторони продуктів реакції (швидкість зворотної реакції перевищує швидкість прямої), тобто ступінь дисоціації NO<sub>2</sub> зменшиться, що узгоджується з принципом Лешательє.