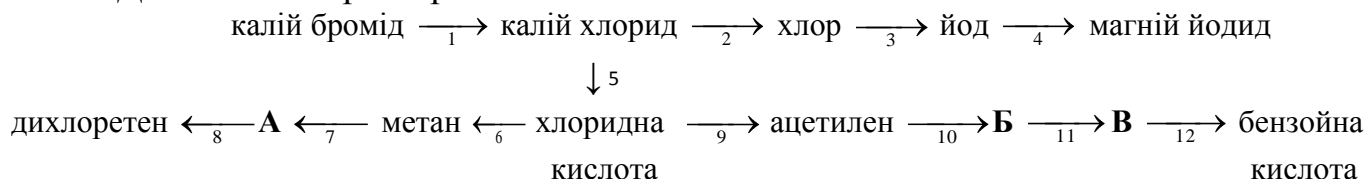


Розв'язки завдань
III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2017-2018 навчальний рік
Теоретичний тур

Задача 1. (12 балів)

Дана схема перетворень:



А Складіть схему перетворень за допомогою молекулярних формул речовин. Визначте невідомі речовини **А**, **Б**, **В**.

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

В Для реакції 1 складіть схему електронного балансу, визначте окисник і відновник.

Розв'язок

- $\text{KBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{KCl} + \text{Br}_2 \uparrow$

$$\begin{array}{l}
 2\text{Br}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Br}_2^0 \\
 \text{Cl}_2^0 + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{Cl}^-
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l} 2 \\ 2 \end{array} \right| \begin{array}{l} 1 - \text{відновник, окиснення} \\ 1 - \text{окисник, відновлення} \end{array}$$
- $2\text{KCl}_{(\text{розплав})} \xrightarrow{\text{електроліз}} 2\text{K} + \text{Cl}_2 \uparrow$
- $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} = 2\text{KCl} + \text{I}_2 \downarrow$
- $\text{I}_2 + \text{Mg} = \text{MgI}_2$
- $2\text{KCl}_{\text{тв}} + \text{H}_2\text{SO}_{4\text{конц.}} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} \uparrow$
- $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{HCl} = 4\text{AlCl}_3 + 3\text{CH}_4 \uparrow$
- $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ **А** – C_2H_2
- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl} = \text{CHCl}$
- $\text{CaC}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$
- $3\text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow{600^\circ\text{C}} \text{C}_6\text{H}_6$ **Б** – C_6H_6
- $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3\text{Cl} \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_3 + \text{HCl}$ **В** – $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_3$
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_3 + 3[\text{O}] \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{—COOH} + \text{H}_2\text{O}$

Задача 2. (8 балів)

Реакція дегідрування бутану відбувається в реакторі, об'єм якого 0,2 л, при температурі 800 К за рівнянням: $\text{C}_4\text{H}_{10} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2$. Спостереження за реакцією, що проводилося при температурі 293 К та тиску 101 кПа, показало, що швидкість її перебігу становить $1,33 \cdot 10^{-2}$ кПа/с. Розрахуйте, через який час після початку реакції зміна об'єму реакційної суміші становитиме 0,01 л.

Розв'язок

1. За рівнянням об'єднаного газового закону :

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot 0,2\text{л}}{800\text{К}} = \frac{101\text{кПа} \cdot 0,01\text{л}}{293\text{К}} \Rightarrow P_1 = \frac{101\text{кПа} \cdot 0,01\text{л} \cdot 800\text{К}}{0,2\text{л} \cdot 293\text{К}} = 13,788\text{кПа}.$$

$$2. \quad \tau = \frac{\Delta P}{\nu} = \frac{13,788 \text{ кПа}}{1,33 \cdot 10^{-2} \text{ кПа/с}} = 1036,7 \text{ с} = 17,3 \text{ хв.}$$

Відповідь: 17,3 хвилини.

Задача 3. (11 балів)

У результаті спалювання суміші пропену, бутину, хлоропропену й охолодження продуктів повного згоряння утворилося 2,24 мл рідини із густиною 1,12 г/мл, яка при взаємодії з розчином натрій карбонату може виділити 224 мл газу (н.у.). Обчисліть мінімальний та максимальний об'єми кисню, які можуть брати участь в умовах досліду за н.у.

Розв'язок

- $$\begin{aligned} \text{C}_3\text{H}_6 + 4,5\text{O}_2 &\rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}(1) \\ \text{C}_4\text{H}_6 + 5,5\text{O}_2 &\rightarrow 4\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}(2) \\ \text{C}_3\text{H}_5\text{Cl} + 4\text{O}_2 &\rightarrow 3\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl}(3) \\ \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} &\rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow (4) \end{aligned}$$
 - $m_{\text{розчину}}(\text{HCl}) = 2,74 \text{ мл} \cdot 1,12 \text{ г/мл} = 3,0688 \text{ г}$
 - $n(\text{CO}_2) = \frac{0,224 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,01 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{HCl}) = 0,02 \text{ моль}$
 - $m(\text{HCl}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 0,73 \text{ г}$
 - $m_{(\text{заг.}(1),(2),(3))}(\text{H}_2\text{O}) = 3,0688 \text{ г} - 0,73 \text{ г} = 2,388 \text{ г}$
 - $n_{(\text{заг.}(1),(2),(3))}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{2,388 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} \approx 0,13 \text{ моль}$
 - $n(\text{H}_2\text{O})_{(3)} = 2 \cdot n(\text{HCl}) = 2 \cdot 0,02 \text{ моль} = 0,04 \text{ моль.}$
 - $n(\text{H}_2\text{O})_{(1)+(2)} = 0,13 \text{ моль} - 0,04 \text{ моль} = 0,09 \text{ моль.}$
 - $n(\text{C}_3\text{H}_6) + n(\text{C}_4\text{H}_6) = n(\text{H}_2\text{O}) : 3 = 0,09 \text{ моль} : 3 = 0,03 \text{ моль}$
 - На згоряння пропену витрачається менше кисню, а на спалювання бутину більше. Припустимо, що $n(\text{C}_4\text{H}_6) = 0,03 \text{ моль}$, а $n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0 \text{ моль}$, тоді
 $n(\text{O}_2)(1) = 0,03 \text{ моль} \cdot 4,5 = 0,135 \text{ моль}$
 - $n(\text{O}_2)_{\text{мін.}} = n(\text{O}_2)(1) + n(\text{O}_2)(3) = 0,135 \text{ моль} + 0,08 \text{ моль} = 0,215 \text{ моль}$
 - $V(\text{O}_2)_{\text{мін.}} = n(\text{O}_2)(1),(3) \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 0,215 \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 4,82 \text{ л}$
 - Припустимо, що $n(\text{C}_4\text{H}_6) = 0,03 \text{ моль}$, а $n(\text{C}_3\text{H}_6) = 0 \text{ моль}$, тоді
 $n(\text{O}_2)(2) = 0,03 \text{ моль} \cdot 5,5 = 0,165 \text{ моль}$
 - $n(\text{O}_2)_{\text{макс.}} = n(\text{O}_2)(2) + n(\text{O}_2)(3) = 0,165 \text{ моль} + 0,08 \text{ моль} = 0,245 \text{ моль}$
 - $V(\text{O}_2)_{\text{макс.}} = n(\text{O}_2)(2),(3) \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 0,245 \cdot 22,4 \text{ моль/л} = 5,49 \text{ л}$
- Відповідь: $V(\text{O}_2)$ мінімальний – 4,82 л, $V(\text{O}_2)$ максимальний – 5,49 л.

Задача 4. (12 балів)

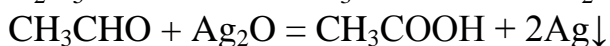
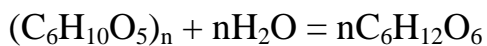
Унаслідок переробки 1 кг зерна добули етанову кислоту. Втрати на кожній з чотирьох стадій складали 20%.

А Складіть рівняння реакцій, що ілюструють процес переробки зерна на етанову кислоту.

Б Обчисліть масу оцту (розрахунок проводити з урахуванням умісту крохмалю в зерні 70%, а масову частку етанової кислоти в оцті вважати 9%).

Розв'язок

- Складаємо рівняння реакцій, що ілюструють процес переробки зерна на етанову кислоту.



2. Обчислюємо масу та кількість речовини крохмалю у зерні, оскільки саме він бере участь у процесі утворення спирту, а потім кислоти.

$$m((C_6H_{10}O_5)_n) = 1000г \cdot 0,7 = 700 г$$

$$M((C_6H_{10}O_5)_n) = 162n г/моль$$

$$n((C_6H_{10}O_5)_n) = 700г : 162n г/моль = 4,32/ n моль$$

3. Складаємо схему добування етанової кислоти, враховуючи, що Карбон пішов на утворення етанової кислоти та вуглекислого газу, і загальна кількість атомів Карбону у крохмалі має дорівнювати кількості атомів Карбону у кислоті та вуглекислому газі:



4. Обчислюємо теоретичні кількість речовини та масу етанової кислоти:

$$n_{теор}(CH_3COOH) = 2n \cdot n(C_6H_{10}O_5)_n = 2n \cdot 4,32/ n моль = 8,64 моль$$

$$m_{теор}(CH_3COOH) = 60 г/моль \cdot 8,64 моль = 518,4 г$$

5. Вихід продуктів на кожній стадії дорівнює $\eta_i = 1 - 0,2 = 0,8$.

$$\text{Загальний вихід етанової кислоти дорівнює: } \eta_{заг.}(CH_3COOH) = (0,8)^4 = 0,4096$$

6. Обчислюємо практичну масу етанової кислоти:

$$m_{прат.}(CH_3COOH) = m_{теор}(CH_3COOH) \cdot \eta_{заг.}(CH_3COOH) = 518,4г \cdot 0,4096 = 212,3 г$$

4. Обчислюємо масу 9% оцту.

$$\omega(CH_3COOH) = \frac{m(CH_3COOH)}{m(оцту)} \cdot 100\%$$

$$m(оцту) = 212,4г : 0,09 = 2360 г$$

Відповідь: $m(оцту) = 2360 г$

Задача 5. (12 балів)

Під час сплавлення натрієвої солі насиченої одноосновної карбонової кислоти з натрій гідроксидом одержано вуглеводень об'ємом 13,44 л, а при сильному термічному розкладанні такої ж маси цієї солі утворюється карбонільна сполука масою 17,4 г.

А Визначне й назвіть усі зазначені вище сполуки (насичену одноосновну карбонову кислоту, вуглеводень, карбонільну сполуку).

Б Опишіть галузі застосування вказаної солі.

Розв'язок

- А** 1. Складаємо загальне рівняння реакції сплавлення натрієвої солі насиченої одноосновної карбонової кислоти з лугом.



2. Обчислюємо кількість речовини вуглеводню та натрієвої солі кислоти, виходячи із умови задачі та за рівнянням реакції (1).

$$n(C_nH_{2n+2}) = 13,44л : 22,4 л/моль = 0,6 моль, \text{ відповідно за рівнянням (1)}$$

$$n(C_nH_{2n+1}COONa) = n(C_nH_{2n+2}) = 0,6 моль$$

3. Складаємо рівняння реакції декарбоксилювання натрієвої солі насиченої одноосновної карбонової кислоти.



4. Обчислюємо відносну молекулярну масу карбонільної сполуки.

Ураховуючи, що для обох реакцій було взято однакову масу солі, то карбонільної сполуки одержано вдвічі менша кількість речовини, ніж вуглеводню, отже

$n((C_nH_{2n+1})_2CO) = 0,3$ моль, звідки молярна маса кетону R_2CO :

$$M(R_2CO) = 17,4\text{г} : 0,3\text{моль} = 58 \text{ г/моль}, M_r(R_2CO) = 58$$

Виходячи із того, що $M_r(-CO) = 28$, то

$$M_r(R_2) = 58 - 28 = 30, \text{ а } M_r(R) = 30 : 2 = 15$$

Це може бути тільки метильний радикал $-CH_3$, отже одержана карбонільна сполука – ацетон $(CH_3)_2CO$, вихідна сіль відповідно – натрій ацетат (CH_3COONa) , а вуглеводень – метан (CH_4) .

Б Галузі застосування натрій ацетату:

1. У харчовій промисловості ацетат натрію відомий як добавка E262. Застосовується як консервант і регулятор кислотності. Цю речовину додають практично в усі консервовані фрукти, а також в хлібобулочні вироби для захисту їх від «картопляної хвороби» (мікробного переродження хліба в результаті шкідливого впливу картопляної палички).

2. У текстильній промисловості в процесі фарбування тканин використовують як протраву, тобто сполуку, що сприяє закріпленню кольору.

3. У хімічній промисловості розчин ацетату натрію використовується для збереження постійного рівня рН, що необхідно для здійснення багатьох хімічних реакцій.

4. При кристалізації ацетату натрію виділяється тепло, що дає можливість використовувати його як основний інгредієнт у складі хімічних грілок та обігрівачів.

5. Фармакологія застосовує ацетат натрію в складі деяких лікарських препаратів і як сечогінний засіб.

6. У будівництві для поліпшення противоморозних властивостей бетону.

7. У побуті, як складова хімічних грілок або хімічних обігрівачів.

Задача 6. (15 балів)

Речовина **X** представляє собою безкольорові призматичні кристали, що поступово жовтіють на повітрі, має різкий неприємний запах (є основним компонентом запаху свиней, входить до складу тютюнового диму). Вона помірно розчинна як у холодній, так і гарячій воді, але набагато краще в розчинах лугів і повністю змішується з ефіром, етанолом і бенzenом. Речовина **X** володіє антисептичними властивостями і використовується для виробництва малотоксичних антиоксидантів. Вступає в якісну реакцію з ферум(III) хлоридом, даючи синє забарвлення.

Речовина **X** легко нітрується розбавленою нітратною кислотою з утворенням лише одного мононітропохідного **Z** з кількісним виходом. Одержане нітропохідне має низьку точку топлення. Речовина **Z** горить.

Під час повного спалювання речовини **Z** масою 4,6 г утворилось 4,7 л вуглекислого газу (н.у.), 1,9 мл води і 0,34 л азоту.

А Визначте речовини **X** та **Z**.

Б Поясніть, чому речовина **Z** має низьку температуру топлення і які ще її ізомери будуть легкоплавкими, порівняно з іншими ізомерами.

В Запишіть усі можливі ізомери цих речовин, що належать до їх класів.

Розв'язок

А Ураховуючи, що речовина **Z** – є мононітропохідною, а речовина **X** – не є аміном (реагує з лугами за умови задачі), обчислимо кількість речовини **Z** ($C_xH_yO_zN$) через кількість одержаного азоту:

$$n(N_2) = 0,34 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,015 \text{ моль},$$

$$\text{відповідно речовини } Z \text{ згоряло: } n(Z) = 0,03 \text{ моль};$$

$$n(N) = \frac{0,015 \text{ моль} \cdot 2}{1} = 0,03 \text{ моль};$$

$$m(N) = n(N) \cdot M(N) = 0,03 \text{ моль} \cdot 14 \text{ г/моль} = 0,42 \text{ г}$$

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_M(CO_2)} = \frac{4,7 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,2 \text{ моль}; \quad n(C) = \frac{0,2 \text{ моль} \cdot 1}{1} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(C) = n(C) \cdot M(C) = 0,2 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 2,4 \text{ г}$$

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{1,9 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}; \quad n(H) = \frac{0,1 \text{ моль} \cdot 2}{1} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(H) = n(H) \cdot M(H) = 0,2 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ г}$$

$$m(O) = m(Z) - m(C) - m(H) - m(N) = 4,6 - 2,4 - 0,2 - 0,42 = 1,58 \text{ г}$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)} = \frac{1,58 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$N_{\text{атомів}}(C) = \frac{n(C)}{n(Z)} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,03 \text{ моль}} = 7;$$

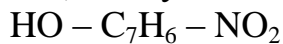
$$N_{\text{атомів}}(H) = \frac{n(H)}{n(Z)} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,03 \text{ моль}} = 7;$$

$$N_{\text{атомів}}(O) = \frac{n(O)}{n(Z)} = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,03 \text{ моль}} = 3$$

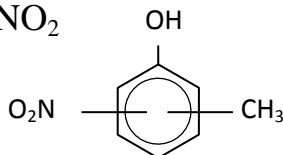
$$N_{\text{атомів}}(N) = \frac{n(N)}{n(Z)} = \frac{0,03 \text{ моль}}{0,03 \text{ моль}} = 1$$

Молекулярна формула речовини **Z**: $C_7H_7O_3N$.

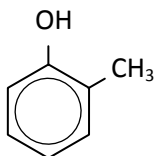
Виходячи із умови, що речовина **X** легко нітрується і дає кольорову реакцію на феноли, то із усіх можливих варіантів речовина **Z** – це гомолог нітрофенолу:



або точніше:

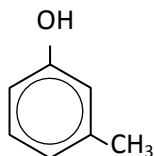


Відповідно, речовина **X** – є крезолом (метилфенолом), у якого можливі три ізомерні форми крезолу:



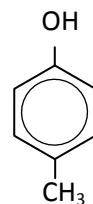
o-Крезол

(2-Метилфенол)



м-Крезол

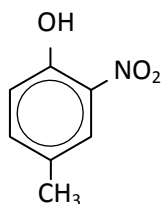
(3-Метилфенол)



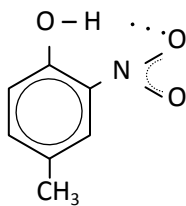
п-Крезол

(4-Метилфенол)

Серед трьох ізомерів тільки *п*-крезол (речовина **X**) під час нітрування дає лише один ізомер мононітропохідної з кількісним виходом: 4-метил-2-нітрофенол:

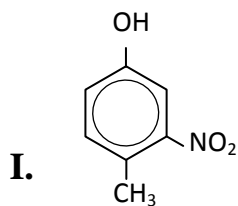


Б Це і є речовина **Z**, яка має низьку температуру топлення внаслідок утворення внутрішньомолекулярного водневого зв'язку між сусідніми атомом Гідрогену гідроксильної групи й атомом Оксигену нітрогрупи:

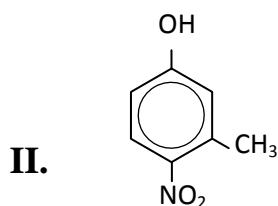


Відповідно, всі інші ізомери, які будуть містити нітрогрупу в орто-положенні до гідроксильної групи, будуть легкоплавкими.

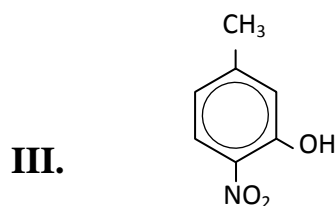
В У речовини **Z** можуть бути наступні ізомери цього класу:



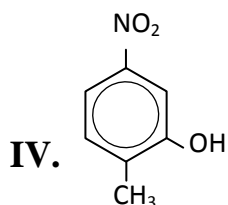
4-Метил-3-нітрофенол



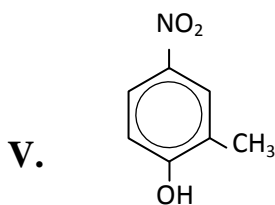
3-Метил-4-нітрофенол



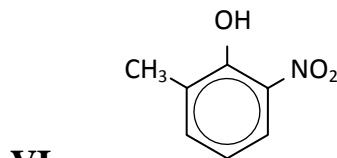
5-Метил-2-нітрофенол



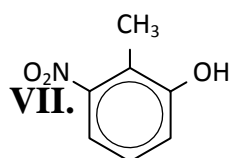
2-Метил-5-нітрофенол



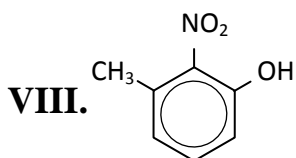
2-Метил-4-нітрофенол



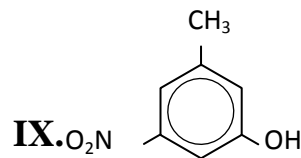
2-Метил-6-нітрофенол



2-Метил-3-нітрофенол



3-Метил-2-нітрофенол



3-Метил-5-нітрофенол

Легкоплавкими будуть ізомери: **III, VI, VIII.**