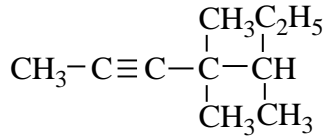


Завдання
III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2015-2016 навчальний рік
Теоретичний тур

Завдання 1. Тести (10 балів)

Завдання з однією правильною відповіддю. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 2.

1. Дайте назву речовині:



А 5-етил-4,4,5-триметил-пент-2-ин

Б 1-етил-1,2,3-триметил-пент-3-ин

В 4,4,5-триметил-гепт-2-ин

Г 2-етил-3,3-диметил-гекс-4-ин

А	
Б	
В	+
Г	

2. Бромовання бензену – це реакція:

А сполучення

Б обміну

В заміщення

Д розкладу

А	
Б	
В	+
Г	

3. При взаємодії фенолу з бромною водою відбувається заміщення атомів Гідрогену бензольного кільця в положеннях:

А 2, 3, 4

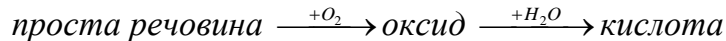
Б 3, 4

В 2, 4, 6

Г 3, 5

А	
Б	
В	+
Г	

4. Укажіть просту речовину, яка здатна утворювати сполуки за ланцюжком:



А фосфор

Б калій

В барій

Г кремній

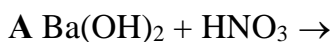
А	+
Б	
В	
Г	

Завдання на відповідність. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 4.

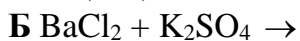
5. Установіть відповідність між реагентами й ознаками реакцій:

Реагенти

Ознаки реакцій



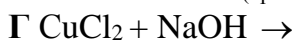
1 утворення синього осаду



2 виділення газу



3 утворення води



4 утворення білого осаду

А	3
Б	4
В	2
Г	1

6. Установіть відповідність між назвами вуглеводнів та їхньою густиною за повітрям:

Назва вуглеводнів

Густина за повітрям

А пропен

1 2

Б бутан

2 1,52

В бутен

3 1,93

Г пропан

4 1,45

5 1,79

А	4
Б	1
В	3
Г	2

Завдання на встановлення послідовності. Максимальна кількість балів – 4.

7. Установіть послідовність добування калій ацетату із зазначених нижче речовин та запишіть відповідні рівняння реакцій:

- А етиловий спирт
 Б глюкоза
 В оцтова кислота
 Г оцтовий альдегід

1	2	3	4
Б	А	Г	В

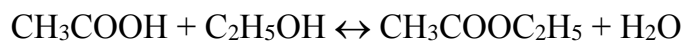
Розв'язок:

- $$\underset{\text{глюкоза}}{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \xrightarrow{\text{спиртове бродіння}} \underset{\text{етанол}}{2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} + 2\text{CO}_2 \uparrow$$
- $$\underset{\text{етиловий спирт}}{\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}} \xrightarrow{[\text{O}]} \underset{\text{оцтовий альдегід}}{\text{CH}_3 - \text{COH}}$$
- $$\underset{\text{оцтовий альдегід}}{\text{CH}_3 - \text{COH}} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} \underset{\text{оцтова кислота}}{\text{CH}_3 - \text{COOH}} + 2\text{Ag} \downarrow$$
- $$\underset{\text{оцтова кислота}}{\text{CH}_3 - \text{COOH}} + \text{KOH} \rightarrow \underset{\text{ацетат калію}}{\text{CH}_3 - \text{COOK}} + \text{H}_2\text{O}$$

Задача 2. (8 балів)

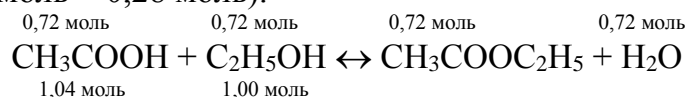
У наслідок реакції між оцтовою кислотою і етиловим спиртом одержали суміш, що містить оцтову кислоту кількістю 0,32 моль, етанолу 0,28 моль, етилацетату 0,72 моль та води 0,72 моль.

- Обчисліть константу рівноваги (K_x) реакції естерифікації.
- Укажіть вихідну речовину, яка була взята в надлишку (відповідь обґрунтуйте).
- Обчисліть вихід цільового продукту (у відсотках від теоретично можливого).
- Як можна збільшити вихід естеру?
- Експеримент повторили, збільшивши початкову кількість кислоти на 1 моль. Обчисліть кількості речовин у стані рівноваги для цього випадку.

Розв'язок

$$1. K_x = \frac{\nu(\text{етилацетату}) \cdot \nu(\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{к-ти}) \cdot \nu(\text{спирту})} = \frac{0,72 \cdot 0,72}{0,32 \cdot 0,28} = 5,786$$

2. В надлишку була кислота, оскільки її було взято 1,04 моль (0,72 моль + 0,32 моль), тоді як спирту – 1,00 моль (0,72 моль + 0,28 моль).



3. Обрахунки проводимо за речовиною, яка взята в недостатці. Цільовим продуктом є етилацетат, отже:

$$\eta = \frac{m_{\text{практична}}}{m_{\text{теоретична}}} \cdot 100\% \Rightarrow \eta(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{n_{\text{практична}}}{n_{\text{теоретична}}} \cdot 100\% = \frac{0,72 \text{ моль}}{1,00 \text{ моль}} \cdot 100\% = 72\%$$

4. Вихід естеру можна збільшити, якщо збільшити надлишок кислоти, видаляти з реакційної суміші воду, або ж видаляти з реакційної суміші естер (наприклад, відганяти).

5. Припустимо, на момент встановлення рівноваги в реакцію вступає x моль спирту. Тоді кількості спирту, кислоти, естеру і води в момент рівноваги стануть рівними $(1-x)$, $(2,04-x)$, x та x відповідно. Звідси:

$$\frac{x^2}{(2,04-x)(1-x)} = 5,786 \quad \text{або ж} \quad x^2 = 5,786(x^2 - 3,04x + 2,04)$$

$$4,786x^2 - 17,589x + 11,80 = 0$$

$$x_1 = 0,883$$

$$x_2 = 2,79 \text{ (не має фізичного смислу)}$$

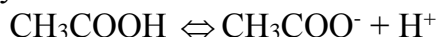
0,883 моль етилацетату, 0,883 моль води, 1,157 моль кислоти та 0,117 моль спирту.

Задача 3. (10 балів)

До 1 л розчину CH_3COOH з $\text{pH} = 4$ додали 0,3 г 100% розчину CH_3COOH . Розрахуйте pH утвореного розчину. Вважайте, що об'єм розчину залишається незмінним. ($K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$)

Розв'язок

Концентрація вихідного розчину CH_3COOH :



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}; K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\text{pH} = -\lg \text{H}^+ \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ моль / л}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{H}^+]^2}{K_a} = \frac{(10^{-4})^2}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,6 \cdot 10^{-4}$$

$C(\text{CH}_3\text{COOH}) \approx [\text{CH}_3\text{COOH}]$, оскільки CH_3COOH – слабкий електроліт.

$$n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{доданої}} = \frac{0,3\text{г}}{60\text{г / моль}} = 0,005 \text{ моль} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Після додавання цієї кількості кислоти

$$C(\text{CH}_3\text{COOH}) = C_{\text{вих.}} + C_{\text{доданої}} = 5,6 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-3} = 0,56 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} = 5,56 \cdot 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow [\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot C(\text{CH}_3\text{COOH})} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 5,56 \cdot 10^{-3}} = 3,16 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{pH} = -\lg 3,16 \cdot 10^{-4} = 3,499 \approx 3,5$$

Задача 4. (12 балів)

До 158,19 мл 10% розчину алюміній сульфату (густина 1,081 г/мл) додали 421,6 мл 3,3 % розчину натрій гідроксиду (густина 1,035 г/мл). Визначте масові частки речовин в утвореному розчині.

Розв'язок

1. Знаходимо кількість розчину алюміній сульфату:

$$m_{\text{р-ну}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = V \cdot \rho = 158,19 \text{ мл} \cdot 1,081 \text{ г / мл} = 171 \text{ г}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = m_{\text{р-ну}} \cdot w = 171 \cdot 0,1 = 17,1 \text{ г}$$

$$n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{m}{M} = \frac{17,1 \text{ г}}{342 \text{ г / моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

2. Знаходимо кількість розчину натрій гідроксиду:

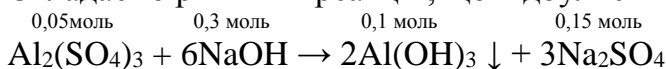
$$m_{\text{р-ну}}(\text{NaOH}) = V \cdot \rho = 421,6 \text{ мл} \cdot 1,035 \text{ г / мл} = 436,4 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = m_{\text{р-ну}} \cdot w = 436,4 \cdot 0,033 = 14,4 \text{ г}$$

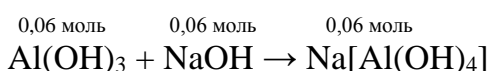
$$n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{14,4 \text{ г}}{40 \text{ г / моль}} = 0,36 \text{ моль}$$

3. Складаємо співвідношення кількостей речовин і визначаємо, яка з них була взята в надлишку: $n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) : n(\text{NaOH}) = 0,05 : 0,36 = 1 : 7,2 \Rightarrow$ отже NaOH узято в надлишку, а тому розрахунки по рівнянню реакції будемо вести за речовиною, що знаходилася в недостатці (за $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

4. Складаємо рівняння реакцій, що відбулися відповідно до умови задачі:



За рівнянням реакції видно, що з $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ прореагувало 0,3 моль NaOH , отже залишок його, який дорівнює $n(\text{NaOH}) = 0,36 \text{ моль} - 0,3 \text{ моль} = 0,06 \text{ моль}$, реагує з $\text{Al}(\text{OH})_3$, що випадає в осад. Тому відбудеться друга реакція:



5. За рівнянням (1) і (2) ми бачимо, що в розчині присутні Na_2SO_4 і $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, а тому потрібно знайти їх маси.

$$\text{За рівнянням (1) знаходимо: } m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,15 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 21,3 \text{ г}$$

$$\text{За рівнянням (2) знаходимо: } m(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = n \cdot M = 0,06 \text{ моль} \cdot 118 \text{ г/моль} = 7,08 \text{ г}$$

$$\begin{aligned} \text{За рівнянням (1) і (2) знаходимо: } n(\text{Al}(\text{OH})_3) &= 0,1 \text{ моль} - 0,06 \text{ моль} = 0,04 \text{ моль} \Rightarrow \\ m(\text{Al}(\text{OH})_3) &= 0,04 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 3,12 \text{ г} \end{aligned}$$

6. Знаходимо масу розчину:

$$m_{p-ny} = m_{p-ny}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) + m_{p-ny}(\text{NaOH}) - m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 171 \text{ г} + 436,4 \text{ г} - 3,12 \text{ г} = 604,3 \text{ г}$$

7. Визначаємо масові частки речовин в утвореному розчині:

$$w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(p-ny)}{m(p-ny)} = \frac{21,3 \text{ г}}{604,3 \text{ г}} = 0,0352 \cdot 100\% = 3,52\%$$

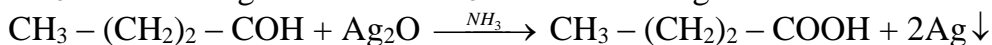
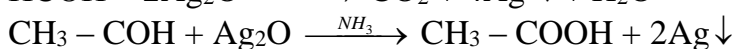
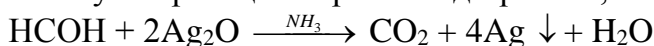
$$w(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = \frac{m(p-ny)}{m(p-ny)} = \frac{7,08 \text{ г}}{604,3 \text{ г}} = 0,0117 \cdot 100\% = 1,17\%$$

Завдання 5. (14 балів)

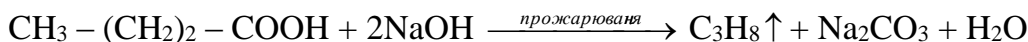
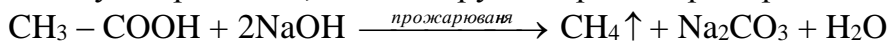
Суміш мурашиного, оцтового та масляного альдегідів загальною масою 19 г ввели в реакцію «срібного дзеркала». Добуті органічні речовини були виділені в чистому вигляді (їх маса становила 20,8 г) та прожарені з лугом. При цьому було добуто 5,376 л (н.у.) газоподібних продуктів. Написати рівняння реакцій, визначити склад (у % за масою) початкової суміші, якщо відомо, що на останній стадії вихід продукту становив 80%. Неорганічні реагенти бралися в надлишку.

Розв'язок

1. Записуємо реакцію «срібного дзеркала», яка є якісною для альдегідів:



2. Записуємо рівняння, що ілюструють процес прожарювання з лугом:



3. Знаходимо кількість газової суміші ($\text{СН}_4 + \text{C}_3\text{H}_8$), яка утворилася в результаті реакцій (4) та (5):

$$V(\text{СН}_4 + \text{C}_3\text{H}_8)_{\text{теор.}} = \frac{V_{\text{практ.}}}{\eta} = \frac{5,376 \text{ л}}{0,8} = 6,72 \text{ л}$$

$$n(\text{СН}_4 + \text{C}_3\text{H}_8)_{\text{теор.}} = \frac{6,72 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

4. Аналіз реакцій (4) та (5) показує, що кількість суміші метану та пропану дорівнює кількості суміші оцтової та бутанової кислот:

$$n(\text{СН}_4 + \text{C}_3\text{H}_8) = n(\text{СН}_3 - \text{СООН} + \text{СН}_3 - (\text{СН}_2)_2 - \text{СООН}) = 0,3 \text{ моль}$$

5. Знаходимо кількості кислот по окремісті:

Нехай $n(\text{СН}_3 - \text{СООН}) = x$ моль, а $n(\text{СН}_3 - (\text{СН}_2)_2 - \text{СООН}) = y$ моль, тоді

$$m(\text{СН}_3 - \text{СООН}) = M \cdot n = 60x \text{ моль}, \text{ а } m(\text{СН}_3 - (\text{СН}_2)_2 - \text{СООН}) = 88y \text{ моль}$$

$$\begin{cases} x + y = 0,3 \\ 60x + 88y = 20,4 \\ x = 0,3 - y \end{cases}$$

$$60(0,3 - y) + 88y = 20,4$$

$$18 - 60y + 88y = 20,4$$

$$28y = 2,4 \Rightarrow y = 0,086 = 0,1 \text{ моль, тоді } x = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

6. По рівнянню (2) знаходимо масу оцтового альдегіду:

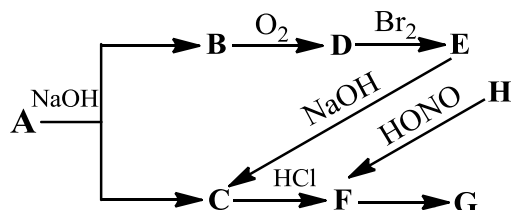
$$n(\text{СН}_3 - \text{СООН}) = n(\text{СН}_3 - \text{СОН}) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{СН}_3 - \text{СОН}) = n \cdot M = 0,2 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 8,8 \text{ г}$$

7. По рівнянню (3) знаходимо масу масляного альдегіду:
 $n(\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}) = n(\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COH}) = 0,2 \text{ моль}$
 $m(\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COH}) = n \cdot M = 0,1 \text{ моль} \cdot 72 \text{ г/моль} = 7,2 \text{ г}$
8. Знаходимо склад початкової суміші (у % за масою):
 $w(\text{CH}_3\text{COH}) = \frac{8,8 \text{ г}}{19 \text{ г}} = 0,463 = 46,3\%$
 $w(\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COH}) = \frac{7,2 \text{ г}}{19 \text{ г}} = 0,379 = 37,9\%$
 $w(\text{HCOH}) = 100\% - 46,3\% - 37,9\% = 15,8\%$

Завдання 6. (16 балів)

Сполука **A**, молекулярна формула якої $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$, є вихідною речовиною в ланцюгу послідовних перетворень, внаслідок яких утворюються речовини за такою схемою:



Окиснення речовини **B** в **D** відбувається у дві стадії. При взаємодії речовини **D** з бромом утворюється продукт заміщення **E**. Речовина **C** при взаємодії зі стехіометричною кількістю хлоридної кислоти утворює сполуку **F**, яка містить 40,0% Карбону, 6,66% Гідрогену та Оксиген. Речовина **F** – важливий продукт метаболізму в біологічних системах. При зберіганні сполука **F** перетворюється на нестійку сполуку **G** з виділенням води (1 моль води утворюється з 2 моль **F**).

Сполуку **F** можна також отримати з нітрогеновмісної сполуки **H** одностадійним синтезом з використанням нітритної кислоти. Виходячи з припущення, що реакція перебігає кількісно, 4,5 г сполуки **F** утворюється з 4,45 г речовини **H**.

1. Складіть структурні формули речовин **A-H**.
2. Складіть рівняння всіх хімічних реакцій, наведених у схемі (для двохстадійного окиснення речовини **B** навести тільки схеми реакцій).

Розв'язок

1. Знаходимо формулу речовини **F**: $w(\text{O}) = 100\% - 40\% - 6,66\% = 53,34\%$

$$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z - x : y : z - n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O})$$

$$\frac{40}{12} : \frac{6,66}{1} : \frac{53,34}{16} = 3,33 : 6,66 : 3,33 = 1 : 2 : 1$$

CH_2O – найпростіша формула, отже $(\text{CH}_2\text{O})_n$ – істинна формула.

2. Оскільки **A** підлягає лужному гідролізу з утворенням речовини **B** і **C**, то **A** – складний ефір (естер). Один з продуктів омилення **B** внаслідок послідовних перетворень (окиснення, бромовання, гідроліз) переходить в інший продукт омилення **C**. Отже, реакції за початкової участі речовини **B** відбуваються без зміни довжини карбонового ланцюгу.

Також можна спрогнозувати, що **H** – містить аміногрупу R-NH_2 , а в речовині **F** аміногрупа заміщується на OH групу **F** – R-OH .

Співвідношення мас становить – $m(\text{H}) : m(\text{F}) = 4,45 : 4,5 = 89 : 90$

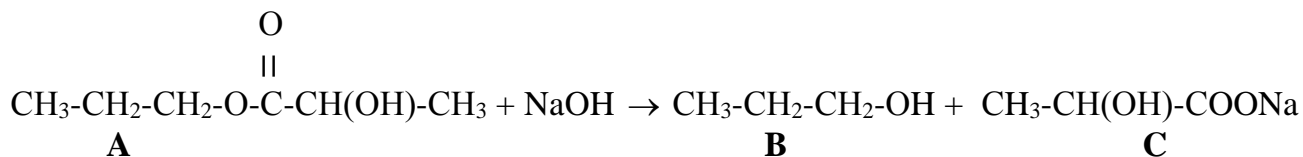
Оскільки формула **F** - $(\text{CH}_2\text{O})_n$, то $n = \frac{M(\text{CH}_2\text{O})_n}{M(\text{CH}_2\text{O})} = \frac{90}{30} = 3 \Rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ - істина формула. Це

може бути карбонова кислота, яка містить у своєму складі групу $-\text{OH}$. Отже, речовина **F** – це молочна кислота, яка має формулу $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH}$, а сполука **A** буде складний ефір

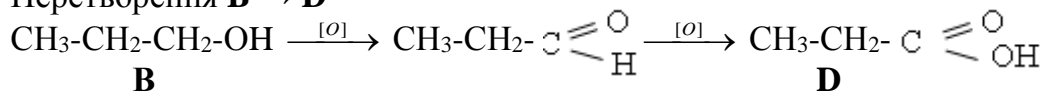


(естер) пропанолу і молочної кислоти.

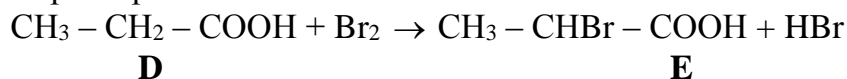
3. Складаємо рівняння реакцій, про які йде мова в умові задачі:



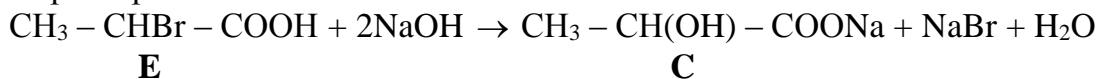
Перетворення **B** → **D**



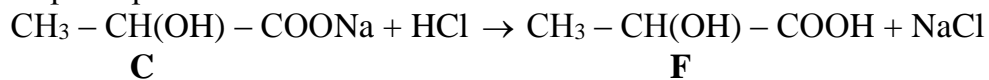
Перетворення **D** $\xrightarrow{\text{Br}_2}$ **E**



Перетворення **E** → **C**



Перетворення **C** → **F**



Перетворення **F** → **G**



Перетворення **H** → **F**

