

III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2019-2020 навчальний рік
Теоретичний тур

Тести. (10 балів)

Завдання 1-6 містять по чотири варіанти відповідей, з яких лише один є правильним. Оцінка кожної правильної відповіді – 1 бал.

1. Укажіть йон, що має найменший радіус.

А Mg^{2+}

Б S^{2-}

В Cl^-

Г Al^{3+}

| | |
|---|---|
| А | |
| Б | |
| В | |
| Г | + |

2. Укажіть суму катіонів й аніонів у складі солі, що утворилася за повної нейтралізації алюміній гідроксиду нітратною кислотою.

А 1

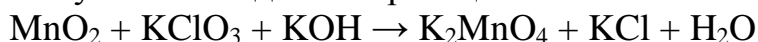
Б 2

В 3

Г 4

| | |
|---|---|
| А | |
| Б | |
| В | |
| Г | + |

3. Проаналізуйте схему окисно-відновної реакції



У цій реакції манган(IV) оксид є I, а число електронів, що беруть участь у зміні ступеня окиснення атома Хлору, дорівнює II.

А I – окисником; II – 2

Б I – відновником; II – 3

В I – окисником; II – 5

Г I – відновником; II – 6

| | |
|---|---|
| А | |
| Б | |
| В | |
| Г | + |

4. Укажіть характеристики, властиві гомологам:

1) подібні за хімічною будовою

2) суттєво відрізняється за хімічними властивостями

3) склад молекул відрізняється на одну або кілька груп атомів CH_2

4) склад молекул відрізняється на одну або кілька груп атомів CH_3

5) мають різний якісний склад

6) мають однаковий якісний склад

А 1, 2, 3

Б 2, 4, 5

В 1, 3, 6

Г 3, 4, 5

| | |
|---|---|
| А | |
| Б | |
| В | + |
| Г | |

5. Укажіть речовину, яку використовують для добування альдегідів з первинних спиртів.

А купрум(II) хлорид

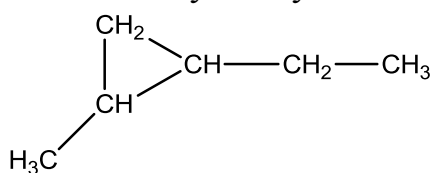
Б купрум(II) гідроксид

В аргентум нітрат

Г купрум(II) оксид

| | |
|---|---|
| А | |
| Б | |
| В | |
| Г | + |

6. Визначте назву сполуки за систематичною номенклатурою



А 1-етил-2-метилциклопропан

Б 1-метил-2-етилциклопропан

В етилметилциклопропан

Г 2-метил-1-етилциклопропан

| | |
|---|---|
| А | + |
| Б | |
| В | |
| Г | |

Завдання 7-8 передбачають встановлення відповідності між правим і лівим стовпчиками. Максимальна оцінка за кожне правильно виконане завдання – 2 бали.

7. Установіть відповідність між хімічною реакцією та природою її продукту.

Хімічна реакція

Природа продукту

А гідрування пропену

1 ароматичний вуглеводень

Б тримеризація етину

2 насичений вуглеводень

В каталітична

3 двохатомний насичений спирт

гідратація етину

4 одноатомний насичений спирт

Г каталітична

5 альдегід

гідратація етену

| | А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | x | | |
| 2 | x | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | x |
| 5 | | | x | |

8. Установіть відповідність між назвою речовини та формулами реагентів, з кожним із яких вона взаємодіє.

Назва речовини

Формули реагентів

А карбон(II) оксид

1 KOH, Zn

Б натрій гідрогенкарбонат

2 H₂O, P₂O₅

В кальцій оксид

3 O₂, Fe₂O₃

Г купрум(II) нітрат

4 NaOH, HCl

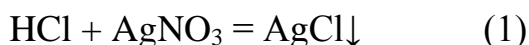
5 CO₂, Na₂O

| | А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | + |
| 2 | | | + | |
| 3 | + | | | |
| 4 | | + | | |
| 5 | | | | |

Задача 1. (6 балів)

Для нейтралізації 200 г розчину, що містить хлоридну і сульфатну кислоти, витрачено 93,33 мл 12 %-го розчину їдкого натру ($\rho = 1,10$). Якщо до 100 г такого самого розчину долити надлишок розчину аргентум нітрату, то утвориться 1,435 г осаду. Визначте кількість молів обох кислот у вихідному розчині.

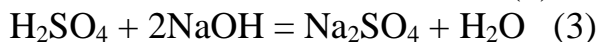
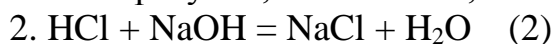
Розв'язок



$$1. n(\text{AgCl}) = 1,435 / 143,5 = 0,01 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{AgCl}) = 0,01 \text{ моль}$$

У 100 г р-ну – 0,01 моль HCl, а в 200 г – 0,02 моль HCl



$$\text{mp-ну}(\text{NaOH}) = 93,33 \cdot 1,10 \text{ г/мл} = 102,66 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = 102,66 \cdot 0,12 = 12,32$$

$$n(\text{NaOH}) = 12,32 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 0,308 \text{ моль}$$

3. За рівнянням (2) $n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 0,02$ моль, тоді за рівнянням (3) в реакцію вступило $0,308 - 0,02 = 0,288$ моль NaOH.

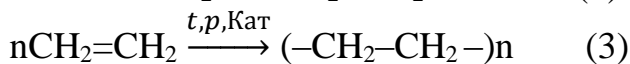
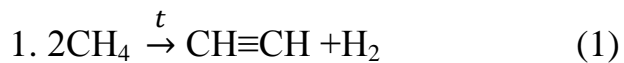
4. За (3) рівнянням $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2 n(\text{NaOH}) = 0,144$ моль

Відповідь: $n(\text{HCl}) = 0,02$, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,144$ моль

Задача 2. (6 балів)

Обчисліть масу поліетилену, яку можна добути з 1 м³ природного газу, що містить 5 % домішок. Урахуйте, що вихід продукту реакції на кожній стадії складає 80 %.

Розв'язок



2. Об'єм природного газу, який вступив в реакцію $1000 \times 0,95 = 950$ л

3. Об'єм ацетилену, що утворився в результаті реакції (1)

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{1}{2} V(\text{CH}_4) = 950 : 2 = 475 \text{ л} - \text{теоретичний вихід}$$

Практичний вихід: $475 \times 0,8 = 380$ л

4. Об'єм етилену, що утворився в результаті реакції (2)

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = V(\text{C}_2\text{H}_2) = 380 \text{ л} - \text{теоретичний вихід}$$

Практичний вихід: $380 \cdot 0,8 = 304$ л

5. Об'єм поліетилену, що утворився в результаті реакції (3)

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = 304 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 13,57 \text{ моль}$$

$$n((-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)n) = n(\text{C}_2\text{H}_4) = 13,57 \text{ моль}$$

$$m((-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)n) = 28 \text{ г/моль} \times 13,57 \text{ моль} = 379,96 \text{ г} - \text{теоретичний вихід}$$

Практичний вихід: $379,96 \text{ г} \times 0,8 = 303,97 \text{ г}$

Відповідь: маса поліетилену 303,97 г

Задача 3. (10 балів)

Суміш, що складається з кисню та метану CH_4 , має відносну густину за воднем 13. Цю суміш підпалили, а після припинення горіння охолодили до кімнатної температури. У результаті отримали суміш газів **X** та **Y**, причому лише **X** спричиняє помутніння вапняної води.

1. Визначте газ **X** та **Y**.

2. Обчисліть об'ємну частку газу **X** в отриманій суміші з газом **Y**.

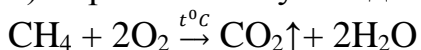
Розв'язок

$$1) M_r(\text{CH}_4, \text{O}_2) = 13 \cdot 2 = 26.$$

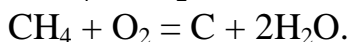
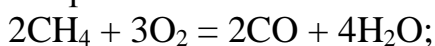
2) Позначимо об'ємну частку метану в суміші з киснем через x . Тоді об'ємна частка кисню становитиме $1 - x$. Такими самими є й мольні частки газів.

$$M_r(\text{CH}_4, \text{O}_2) = x \cdot 16 + (1 - x) \cdot 32 = 32 - 16x = 26; x = \varphi(\text{CH}_4) = 0,375.$$

3) Горіння метану в надлишку кисню:



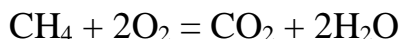
Для перебігу цієї реакції необхідно, щоб об'ємна частка метану в суміші з киснем становила $1/3$ чи менше. В нашому випадку $\varphi(\text{CH}_4) = 0,375 > 1/3$, тобто метан горить за нестачі кисню. При цьому можливі такі реакції:



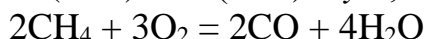
Про виділення сажі в умові не йдеться. Отже, частина метану згоряє згідно з першим рівнянням, і отримано суміш газів CO_2 та CO .

4) **X** – CO_2 (спричиняє помутніння вапняної води), **Y** – CO .

5) Нехай утворився 1 л суміші CO_2 і CO , в якій містяться y л CO_2 і $1 - y$ л CO .



$$V_1(\text{CH}_4) = V_1(\text{CO}_2) = y \text{ л}; V_1(\text{O}_2) = 2y \text{ л}$$



$$V_2(\text{CH}_4) = V_2(\text{CO}) = 1 - y \text{ (л)}; V_2(\text{O}_2) = 1,5 \cdot (1 - y) \text{ (л)}$$

$$V_{\text{сум.}}(\text{CH}_4) = y + (1 - y) = 1 \text{ (л)}$$

$$V_{\text{сум.}}(\text{O}_2) = 2y + 1,5 \cdot (1 - y) = 1,5 + 0,5y \text{ (л)}$$

$$V_{\text{сум.}}(\text{CH}_4, \text{O}_2) = 1 + 1,5 + 0,5y = 2,5 + 0,5y \text{ (л)}$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = V_{\text{сум.}}(\text{CH}_4) : V_{\text{сум.}}(\text{CH}_4, \text{O}_2) = 1 : (2,5 + 0,5y) = 0,375$$

$$\text{Звідси } y = 0,3333.$$

Отже, в отриманій суміші газів CO і CO₂ вуглекислий газ займає третину об'єму, тобто $\varphi(\text{CO}_2) = 33,33 \%$.

Задача 4. (12 балів)

При взаємодії речовини **A** та нітратної кислоти утворився продукт **B** масою 150 г, який підірвали. Одержані після вибуху речовини пропустили послідовно крізь концентровану сульфатну кислоту, розчин лугу та над розпеченою мідною дртоиною.

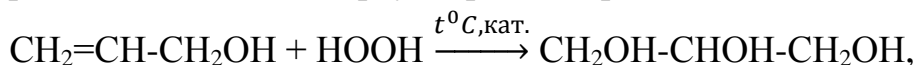
1. Визначте об'єм та масу залишку **X**, якщо речовина **A** є оксигеновмісною речовиною та може бути одержана обробкою проп-2-ен-1-олу (алілового спирту) гідроген пероксидом. Також відомо, що при взаємодії речовини **A** з купрум(II) гідроксидом розчин набуває волошкового кольору.

2. Визначте речовини **A**, **B** та **X**.

3. Запишіть усі реакції, зазначені в умові задачі.

Розв'язок

1. Визначаємо речовину **A**. Вона є оксигеновмісною і може бути одержана обробкою алілового спирту гідроген пероксидом:



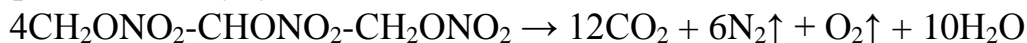
отже речовина **A** – гліцерол

2. Записуємо рівняння взаємодії гліцеролу з нітратною кислотою:

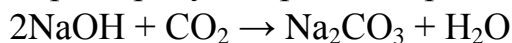


отже **B** – тринітрат гліцеролу

та рівняння вибуху:



3. Серед продуктів реакції з розчином лугу буде реагувати лише CO₂:



4. Концентрована сульфатна кислота поглинає воду.

5. Кисень реагує з розпеченою мідною дртоиною $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$

6. З продуктів вибуху залишається тільки азот, це і буде **X**. Обчислюємо його кількість:

$$M(\text{нітрогліцерину}) = 227 \text{ г/моль}, M(\text{N}_2) = 28 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{нітрогліцерину}) = 150/227 = 0,66 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{6 \cdot n(\text{нітрогліцерину})}{4} = \frac{6 \cdot 0,66}{4} = 0,99 \text{ моль}$$

$$7. m(\text{N}_2) = 0,99 \cdot 28 = 27,72 \text{ (г)}$$

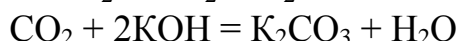
$$V(N_2) = 0,99 \cdot 22,4 = 22,2 \text{ (22,176) л}$$

Задача 5. (13 балів)

Сполука **A** аліфатичного ряду виділяє CO_2 із $NaHCO_3$. Вона може існувати в двох стереоізомерних формах, які є оптично неактивними. При відновленні речовини **A** утворюється речовина **B**, яку можна розділити на енантіомери **B**₁ та **B**₂. При згорянні 5,1 г речовини **B** у 7,28 л кисню виділився газ, що прореагував з розчином калій гідроксиду з масовою часткою 28%, об'ємом 80 мл та густиною 1,25 г/см³ із утворенням середньої солі. А для поглинання води, що утворилася, знадобилося 8 г безводного купрум(II) сульфату.

Визначте речовини **A**, **B**, **B**₁ та **B**₂. Дайте їм назви.

Розв'язок



1. Обчислюємо масу KOH у 80 мл розчину:

$$m(p-ну) = V(p-ну) \cdot \rho = 80 \text{ мл} \cdot 1,25 \text{ г/см}^3 = 100 \text{ г}$$

$$m(KOH) = m(p-ну) \cdot w(KOH) = 100 \cdot 0,28 = 28 \text{ г}$$

$$n(KOH) = m(KOH) / M(KOH) = 28 / 56 = 0,5 \text{ моль}$$

2. Обчислюємо кількість вуглекислого газу та C:

$$n(CO_2) = 0,5 \cdot n(KOH) = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(C) = n(CO_2) = 0,25 \text{ моль}$$

3. Обчислюємо кількість атомів H, що виділились із водою:



$$n(CuSO_4) = 8 \text{ г} / 160 = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ моль}$$

$$n(H) = 0,5 \text{ моль}$$

4. Обчислюємо кількість атомів O

$$m(C) = 0,25 \cdot 12 = 3 \text{ г}; m(H) = 0,5 \text{ г}$$

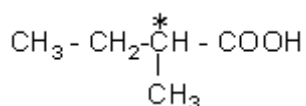
$$m(O) = 5,1 \text{ г} - 3 \text{ г} - 0,5 \text{ г} = 1,6 \text{ г}$$

$$n(O) = 1,6 / 16 = 0,1 \text{ моль}$$

Співвідношення елементів у сполуці C:H:O = 0,25:0,5:0,1 = 5:10:2

Отже, речовина **B** – $C_5H_{10}O_2$.

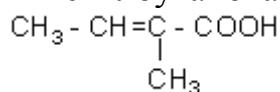
5. Сполука **A** аліфатичного ряду виділяє CO_2 із $NaHCO_3$ – отже, це кислота. При відновленні **A** утворюється речовина **B** складу $C_5H_{10}O_2$. Отже, **B** – насичена монокарбонова кислота. Вона може існувати в двох стереоізомерних формах, які є оптично неактивними. Отже, має хіральний атом Карбону.



B₁ - *R*-2-метилбутанова кислота

B₂ - *S*-2-метилбутанова кислота

6. 2-метилбутанова кислота утворюється при відновленні речовини **A**. Отже, **A**



2-метилбут-2-єнова кислота

Вона існує у вигляді двох геометричних ізомерів (є оптично неактивними) -

цис-2-метилбут-2-єнова кислота

транс-2-метилбут-2-єнова кислота

Задача 6. (13 балів)

Газову суміш масою 3,1 г і об'ємом 2,445 л (25 °С, 1 атм.), що складеться з чадного газу і нециклічного вуглеводню, об'ємна частка останнього складає 25 %, пропустили через амоніачний розчин аргентум(I) оксиду. Випавший осад відділили і розчинили в 87 мл 25 % розчину нітратної кислоти ($\rho = 1,15 \text{ г/мл}$). Визначте масову частку солі в одержаному розчині.

Розв'язок

$$n(\text{газової суміші}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101,3 \cdot 2,445}{8,314 \cdot 298} = 0,1 \text{ моль}$$

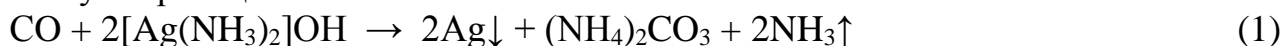
Склад газів:

$$0,75 \cdot M_1 + 0,25 \cdot M_2 = \frac{3,1}{0,1}; \text{ або: } 0,75 \cdot 28 + 0,25 \cdot M_2 = 31. \text{ Звідки } M_2 = 40 \text{ г/моль.}$$

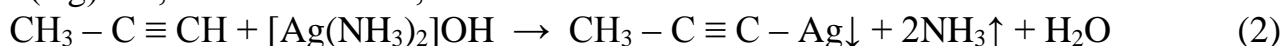
Єдиний вуглеводень, що відповідатиме умові, це – пропін: $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}$

Газова суміш складається з 0,075 моль CO і 0,025 моль $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH}$.

При пропусканні газів через амоніачний розчин аргентум(I) нітрату протікають наступні реакції:



$$n(\text{Ag}) = 0,075 \text{ моль} \cdot 2 = 0,15 \text{ моль}$$



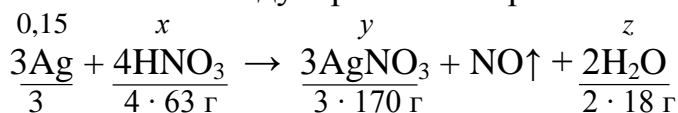
$$n(\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{Ag}) = 0,025 \text{ моль}$$

$$\text{Маса нітратної кислоти до реакції: } m(\text{HNO}_3)_{\text{розчину}} = 87 \cdot 1,15 = 100,05 \text{ г}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 100,05 \cdot 0,25 = 25 \text{ г};$$

$$m_1(\text{H}_2\text{O}) = 75,04 \text{ г}$$

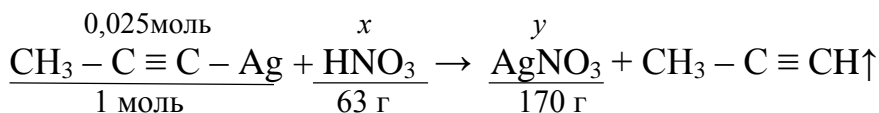
Розчинення осаду в розчині нітратної кислоти:



$$m_1(\text{HNO}_3) = x = \frac{0,15 \cdot 252}{3} = 12,65 \text{ г}$$

$$m_1(\text{AgNO}_3) = y = \frac{0,15 \cdot 510}{3} = 25,5 \text{ г}$$

$$m_2(\text{H}_2\text{O}) = z = \frac{0,15 \cdot 36}{3} = 1,8 \text{ г}$$



$$m_2(\text{HNO}_3) = x = \frac{0,025 \cdot 63}{1} = 1,575 \text{ г}$$

$$m_2(\text{AgNO}_3) = y = \frac{0,025 \cdot 170}{1} = 4,25 \text{ г}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 25,4 \text{ г} + 4,25 \text{ г} = 29,65 \text{ г}$$

$$m(\text{HNO}_3)_{\text{залишок}} = 25 \text{ г} - 12,65 \text{ г} - 1,58 \text{ г} = 10,77 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 75,04 \text{ г} + 1,8 \text{ г} = 76,84 \text{ г}$$

$$m(\text{розчину}) = 76,84 \text{ г} + 29,65 \text{ г} + 10,77 \text{ г} = 117,26 \text{ г}$$

$$W(\text{AgNO}_3) = \frac{29,65 \cdot 100 \%}{117,26} = 25,3 \%$$