

# Харківська обласна хімічна олімпіада 2018 р.

## 9 клас

**1. Кухонна хімія.** На будь-якій кухні можна знайти етанову кислоту, натрій гідрогенкарбонат та натрій хлорид.

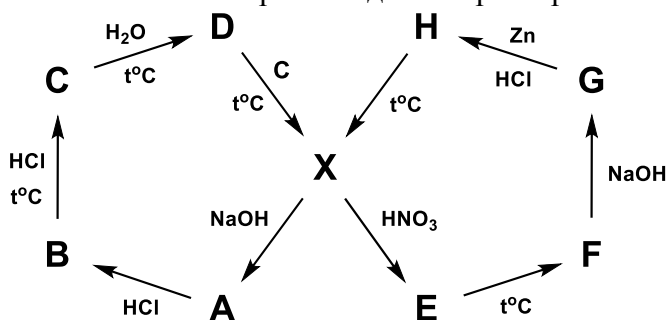
1. Вкажіть тривіальні назви згаданих речовин.
2. Розрахуйте об'єми води та оцтової есенції ( $\omega(\text{CH}_3\text{COOH})=70\%$ ,  $\rho=1.0685 \text{ г/см}^3$ ), які необхідно взяти, щоб отримати 200 мл столового оцету ( $\omega(\text{CH}_3\text{COOH})=9\%$ ,  $\rho=1.0111 \text{ г/см}^3$ ). Яка маса натрій гідрогенкарбонату необхідна для повної нейтралізації отриманого розчину?
3. Під час нежиті лікарі рекомендують використовувати 0.9% розчин NaCl. Опишіть приготування 1 л такого розчину ( $\rho = 1.00 \text{ г/см}^3$ )

**2. Титриметрія.** Основа методу титриметрії полягає у вимірюванні об'єму розчину реагенту (титранту) з точно визначеною концентрацією, що витратився на реакцію з розчином речовини з невідомою концентрацією.

Для визначення вмісту оксиду магнію в фармацевтичному препараті наважку препарату масою 0.5368 г розчинили в 50.0 мл розчину хлоридної кислоти з концентрацією 1.025 моль/л. Надлишок кислоти, що не витратився на реакцію, був нейтралізований (відтитрований) гідроксидом натрію. На це витратили 24.9 мл розчину NaOH з концентрацією 1.008 моль/л.

1. Напишіть рівняння всіх реакцій, що згадуються в задачі.
2. Скільки потрібно (в мл) взяти концентрованого розчину HCl ( $\omega=36.0\%$ ;  $\rho=1.179 \text{ г/мл}$ ) для приготування 1 л розчину кислоти, що використовується в задачі?
3. Чому не можна приготувати розчин NaOH з точною концентрацією за наважкою твердого лугу?
4. Розрахуйте масову частку оксиду магнію в препараті.
5. Препарат може містити домішки: а)  $\text{MgSO}_4$ ; б)  $\text{Mg}(\text{HSO}_4)_2$ ; в)  $\text{MgCO}_3$ . Які з них будуть впливати на правильність результату аналізу? Наведіть рівняння реакцій.

**3. Звичайний ланцюжок.** Проста речовина X – одна з небагатьох простих речовин, які зустрічаються у природі у вільному стані. X та її сполуки, які є надзвичайно токсичними, відомі людству ще зі стародавніх часів. На схемі зображено деякі перетворення за участю X та її сполук.



1. Наведіть 5 прикладів простих речовин, які зустрічаються у природі у вільному стані.
2. Розшифруйте усі невідомі речовини, враховуючи, що: A – сіль трьохосновної кислоти; B – трьохосновна кислота; C – бінарний хлорид ( $\omega(\text{Cl}) = 58.67\%$ ); D – оксид ( $\omega(\text{O}) = 24.26\%$ ); E – трьохосновна кислота, у якій елемент X знаходиться у вищому ступені окиснення; F – оксид; G – сіль трьохосновної кислоти; H – газоподібна бінарна сполука ( $D_{\text{H}_2} = 38.96$ ).
3. Напишіть рівняння усіх реакцій, враховуючи, що:
  - а. при реакції X з розтопом NaOH утворюється A та газоподібна речовина;
  - б. для перетворення  $X \rightarrow E$  використовується концентрована  $\text{HNO}_3$ .
4. Ім'я якого вченого носить реакція G та інших сполук X з цинком у HCl з утворенням H?

**4. Класичний аналіз.** Органічна хімія - один з найбільш чудових і цікавих розділів хімії. Однак іноді цей інтерес може супроводжуватися деякими труднощами у визначенні брутто формули речовини та її структури.

У цьому завданні ви зіткнетеся з одним із методів визначення бруutto формули, а також передбаченням будови речовини. Метод полягає в спалюванні відомої маси речовини і вимірі об'єму або маси продуктів реакції. Зокрема вуглеводень **X** масою **10г** спалили в надлишку кисню, газоподібну суміш, що утворилася, охолодили, при цьому втрата маси склала **12.86г**. Після чого газ, що залишився (**Y**), пропустили через надлишок розчину гідроксиду барію. Отриманий осад висушили і зважили, його маса склала **140.71 г**.

1. Визначте невідомий вуглеводень **X** і газ **Y**, знаючи що  $\frac{M(X)}{M(Y)} = 1.273$
2. Напишіть рівняння всіх реакцій, що згадуються в задачі
3. Напишіть всі можливі ізомери вуглеводню **X** (враховуючи також міжкласові)
4. Чому потрібно брати надлишок розчину гідроксиду барію? Як це може вплинути на експеримент? Наведіть рівняння реакції.

**5. Конверсія.** Найбільшу кількість водню одержують у промисловості каталітичною конверсією метану з перегрітою водяною парою. Вихідна стехіометрична суміш метану і водяної пари має таку ж густину, як аміак, а об'єм в результаті реакції за постійного тиску і температури збільшується вдвічі. Вся теплота, необхідна для цього процесу, виділяється за рахунок іншої реакції – повного згоряння метану.

1. Визначте склад вихідної стехіометричної суміші і напишіть рівняння реакції одержання водню.
2. Розрахуйте тепловий ефект цієї реакції, якщо відомі наступні ентальпії згоряння:  
 $\Delta_c H(\text{CH}_4) = -801.6$  кДж/моль,  $\Delta_c H(\text{CO}) = -283.2$  кДж/моль,  $\Delta_c H(\text{H}_2) = -241.8$  кДж/моль.
3. Скільки метану ( $\text{м}^3$ ) необхідно для одержання  $1 \text{ м}^3$  водню за даним методом?
4. Для того, щоб відокремити водень від другого продукту реакції, до суміші продуктів додають надлишок водяної пари. При цьому утворюються водень і газ, який можна поглинути надлишком лугу. Напишіть рівняння цієї реакції і розрахуйте її тепловий ефект.

**6. P. S. І ще одна задача...** Два елементи **A** та **B** (що є сусідами по періоду) мають схожі хімічні властивості: їх прості речовини ефективно горять в чистому кисні, їх вищі оксиди при реакції з водою при нагріванні дають кислоти **M** та **N** з однаковою молярною масою з точністю до цілих. Кольорові розчини хлоридів металів **X** (є кольоровим металом) та **Y** дають осад з розчином кислоти **M**, але не з розчином **N**. Сам метал **X** реагує з концентрованою **N**, але не з розбавленою, а **Y** реагує з розбавленою **N**, а не з концентрованою. Різниця молярних мас металів **X** та **Y** менша  $10 \text{ г/моль}$ .

1. Визначте зашифровані речовини та елементи.
2. Напишіть згадані рівняння реакцій.
3. Як хлориди **X** та **Y** реагують з розчином йодиду калію?

### 7. Завдання експериментального туру.

Суміш хлориду **A**, йодиду **B** та нітрату **B** деякого лужного металу масою  $234.8 \text{ г}$  розчинили у воді. Отриманий розчин розділили порівну на дві частини.

До першої частини додали надлишок хлорної води. При цьому утворилась речовина **Г** бурого кольору.

Другу частину розчину обробили надлишком розчину  $\text{AgNO}_3$ . При цьому випав осад **Д**, що має біло-жовте забарвлення.

Дайте відповіді на питання:

1. Визначте солі **A**, **B**, **B**, якщо відомо, що їхні розчини забарвлюють полум'я пальника в жовтий колір;
2. Визначте речовину **Г** та вкажіть склад осаду **Д**
3. Наведіть рівняння реакцій, що відбуваються, в молекулярному та іонно-молекулярному вигляді;
4. Вкажіть якісну реакцію на визначення речовини **Г**;
5. Розрахуйте маси та масові частки **A**, **B** та **B** у вихідній суміші, якщо відомо, що маса речовини **Г** дорівнює  $50.8 \text{ г}$ , маса осаду **Д** дорівнює  $151.4 \text{ г}$ .

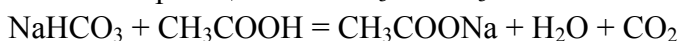
## Розв'язки-9

### 1. Кухонна хімія.

1. Оцетова кислота, питна сода, кухонна сіль

2. Маса розчину, який необхідно отримати  $m_1 = V \rho = 200 \cdot 1.0111 = 202$  г. З них 9% - це оцетова кислота. Отже,  $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.09 \cdot 202 = 18.18$  г. Тоді маса оцетової есенції  $m_3 = 18.18 / 0.7 = 26.0$  г. Маса води  $m(\text{H}_2\text{O}) = 202 - 26 = 176$  г. Враховуючи густину води і есенції, отримуємо  $V(\text{H}_2\text{O}) = 176$  мл,  $V(\text{есенції}) = 26 / 1.0685 = 24.3$  мл.

Запишемо реакцію  $\text{NaHCO}_3$  та  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .



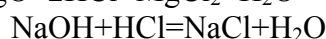
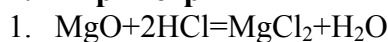
$$n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = m(\text{CH}_3\text{COOH}) / M(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = M(\text{NaHCO}_3) \cdot n(\text{NaHCO}_3) = M(\text{NaHCO}_3) \cdot m(\text{CH}_3\text{COOH}) / M(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 84.01 \cdot 18.18 / 60.05 = 25.4 \text{ г}$$

3. Маса 1 л розчину складає 1000 г. Тоді маса  $\text{NaCl} = 0.009 \cdot 1000 = 9$  г. Отже, до 9 г солі необхідно додати 991 г води.

### 2. Титриметрія



2. В 1 л кінцевого розчину міститься:

$$n(\text{HCl}) = 1 \times 1.025 = 1.025 \text{ моль}$$

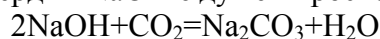
$$m(\text{HCl}) = 1.025 \times 36.45 = 37.36 \text{ г}$$

Тоді, для приготування розчину потрібно взяти:

$$m(p - pa) = 37.36 / 0.36 = 103.78 \text{ г}$$

$$V = 103.78 / 1.179 = 88.0 \text{ мл}$$

3. Твердий  $\text{NaOH}$  є дуже гігроскопічним та легко реагує з вуглекислим газом з повітря:



4. Початкова кількість кислоти, в якій розчинили оксид магнію:

$$n_0(\text{HCl}) = 50 \times 10^{-3} \times 1.025 = 0.05125 \text{ моль}$$

За результатами титрування знаходимо надлишок кислоти, що не прореагував:

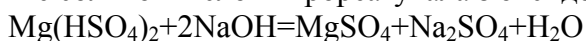
$$n(\text{HCl}) = 24.9 \times 1.008 = 0.0251 \text{ моль}$$

Кількість речовини оксиду магнію складає та масова частка:

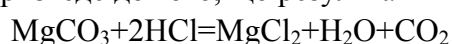
$$n(\text{MgO}) = \frac{n_0(\text{HCl}) - n(\text{HCl})}{2} = 0.0131 \text{ моль}; \omega(\text{HCl}) = \frac{n(\text{MgO}) \times 40}{0.5368} \times 100\% = 97.6\%$$

5.а)  $\text{MgSO}_4$  ніяк не взаємодіє з реагентами в процесі аналізу, отже результат аналізу не зміниться.

б)  $\text{Mg}(\text{HSO}_4)_2$  не буде реагувати з соляною кислотою, але буде титруватися лугом. Отже, на титрування піде більше луку і це призведе до того, що за розрахунками буде задаватися, ніби менше соляної кислоти прореагувала з оксидом. Результат буде заниженим



в)  $\text{MgCO}_3$  реагує з  $\text{HCl}$ , отже залишиться менше кислоти, що не вступила у реакцію. Це призведе до того, що результат визначення вмісту оксиду магнію буде завищеним.



### 3. Звичайний ланцюжок

1.  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ .

2. Невідомий елемент можна знайти, використовуючи кількісні дані для хлориду С. Нехай формула хлориду –  $\text{ECl}_n$ , а молярна маса невідомого елемента –  $x$  г/моль.

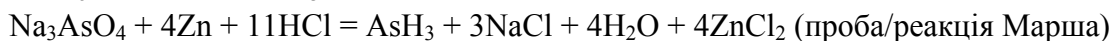
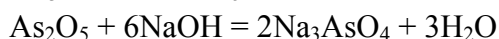
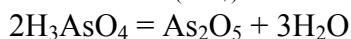
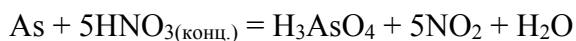
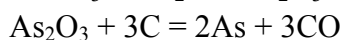
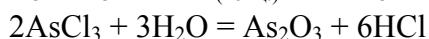
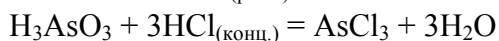
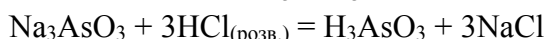
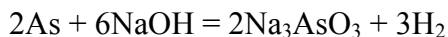
$$w(Cl) = \frac{35.45n}{x + 35.45n} = 0.5867$$

$$0.5867x + 20.80n = 35.45n$$

$$x = 24.97n$$

Підставляючи у отримане рівняння значення  $n$  від 1 до 8, знаходимо, що при  $n = 3$   $x = 74.9$ .  
Тобто  $X - As$ .

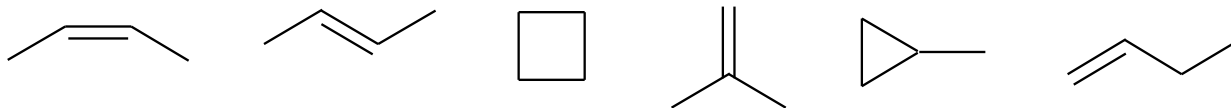
A –  $Na_3AsO_3$ , B –  $H_3AsO_3$ , C –  $AsCl_3$ , D –  $As_2O_3$ , E –  $H_3AsO_4$ , F –  $As_2O_5$ , G –  $Na_3AsO_4$ , H –  $AsH_3$ .  
3-4.



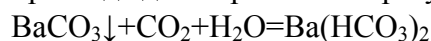
#### 4. Класичний аналіз

1-2. Для відповіді на перше питання задачі необхідно згадати, які продукти утворюються при спалюванні вуглеводнів, а саме  $CO_2$  і  $H_2O$ . Отже, при охолодженні суміші, отриманої при спалюванні, втрата маси обумовлюється конденсацією води. Робимо висновок що  $m(H_2O) = 12.86$ г, а  $n(H_2O) = 0.71$  моль. Тоді газ, що залишився  $Y - CO_2$ . При пропущенні  $CO_2$  через розчин  $Ba(OH)_2$  утворюється малорозчинний осад  $BaCO_3$ . Саме його маса дорівнює 140.71г. Тоді за рівнянням реакції:  $CO_2 + Ba(OH)_2 = BaCO_3 + H_2O$  можна знайти кількість речовини  $CO_2$ .  $n(CO_2) = n(BaCO_3) = 140.71:197 = 0.71$  моль. А тепер залишилася справа за малим. Знаючи, що газ  $Y - CO_2$  можна визначити молярну масу  $X$ , яка дорівнює  $M(X) = 1.27 \cdot 44 = 56$  г / моль. І останній крок, знайдемо співвідношення  $C:H = n(C):n(H) = n(CO_2):(2 \cdot n(H_2O)) = 0.71:1.42 = 1:2$ . Тоді емпірична формула вуглеводню  $(CH_2)_n$ . Звідси знаючи молярну масу і емпіричну формулу знаходимо  $n = 56:14 = 4$  отже вуглеводень  $X - C_4H_8$ . Реакція горіння:  $C_4H_8 + 6O_2 = 4CO_2 + 4H_2O$ .

3.

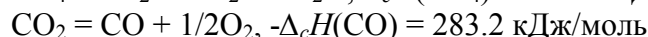
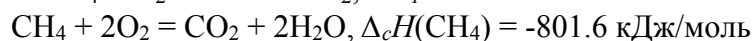
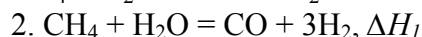
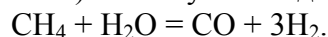


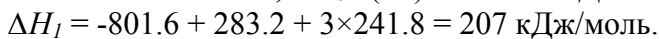
4. Якщо не брати надлишок гідроксиду барію, то осад може частково розчинитися при реакції з надлишком вуглекислого газу (зазделегіть невідомо, який об'єм доведеться поглинути). Це призведе до неправильних результатів:



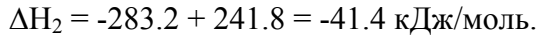
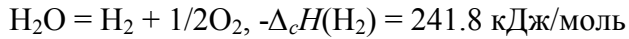
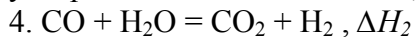
#### 5. Конверсія

1.  $M_{сер}(CH_4 + H_2O) = 16 \cdot \varphi(CH_4) + 18 \cdot (1 - \varphi(CH_4)) = 17$  г/моль, звідси:  $\varphi(CH_4) = \varphi(H_2O) = 0.5$ .  
Отже, вихідна стехіометрична суміш – еквімолярна. В результаті реакції об'єм (кількість моль газів) збільшується вдвічі, тоді рівняння реакції:

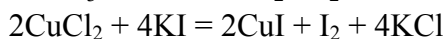
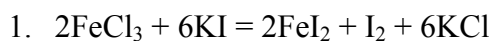
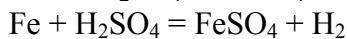
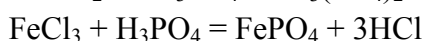
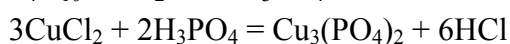
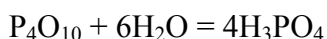
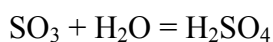
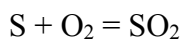




3. Щоб створити теплоту для конверсії 1 моль метану, необхідно спалити  $207/801.6 = 0.26$  моль  $\text{CH}_4$ . Тоді загальна кількість витраченого  $\text{CH}_4$  в обох реакціях складає 1.26 моль, при цьому утворюється 3 моль  $\text{H}_2$ . Отже, для одержання 1 м<sup>3</sup> водню необхідно  $1.26/3 = 0.42$  м<sup>3</sup>  $\text{CH}_4$ .



6. 1. Очевидно, що в останньому реченні йдеться про якусь кислоту-окисник, для якою відома пасивація металів при підвищенні концентрації. Найпоширенішими такими кислотами є нітратна та сульфатна, але нітратна, молярна маса якої 63 г/моль, не має «близнюка» за цим показником, а Нітроген не згоряє ефектно в кисні. Тому N –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . М тоді –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . У обох кислот молярна маса 98 г/моль. Загадані елементи – Фосфор та Сульфур, на що також натякає назва задачі. Отже, метали X та Y мають розчинні окрашені хлориди та сульфати, але фосфати нерозчинні. Причому X стоїть у ряді активності після H, оскільки не реагує з розбавленими кислотами, а Y пасивується сірчаною кислотою. X – однозначно мідь, а Y – тривалентні або залізо, або хром, але у хрому молярна маса більше ніж на 10 г/моль відрізняється від міді, тому Y – Fe.



### 7. Завдання експериментального туру.

1. В жовтий колір полум'я забарвлюють солі натрію (цей колір завжди чітко проявляється при аналізі та його важко з чимось сплутати).

A-NaCl

Б-NaI

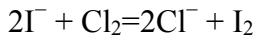
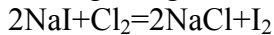
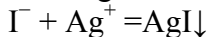
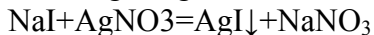
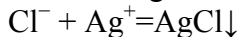
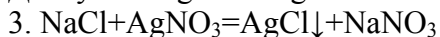
В-NaNO<sub>3</sub>

2. При реакції з хлорною водою відбувається окиснення йодиду до молекулярного йоду.

Реакція з  $\text{AgNO}_3$  – якісна на галогенід іони. Отже

Г-  $\text{I}_2$

Д – суміш  $\text{AgCl}$  та  $\text{AgI}$



4. Реакція з розчином крохмалю – поява синього забарвлення.

5. За кількістю йоду, що виділився, можна розрахувати масу йодиду натрію:

$$n(\text{NaI}) = 2n(\text{I}_2) = 2 \times 50.8/254 = 0.4 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaI}) = 0.4 \times 150 = 60 \text{ г} - \text{в половині розчину.}$$

$$m(\text{NaI}) = 120 \text{ г} - \text{у вихідній суміші}$$

Маса осаду йодиду срібла, що випала у другій частині експерименту:

$$m(\text{AgI})=0.4 \times 235=94 \text{ г.}$$

$$m(\text{AgCl})=151.4-94=57.4 \text{ г}$$

$$n(\text{NaCl})=n(\text{AgCl})=57.4/143.5=0.4 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaCl})=0.4 \times 58.5=23.4 \text{ г} - \text{ в половині розчину.}$$

$$m(\text{NaCl})=46.8 \text{ г} - \text{ у вихідній суміші}$$

Визначимо масу нітрату:

$$m(\text{NaNO}_3)=234.8-120-46.8=68 \text{ г}$$

Масові частки:

$$\omega(\text{NaCl})=20\%$$

$$\omega(\text{NaI})=51\%$$

$$\omega(\text{NaNO}_3)=29\%$$