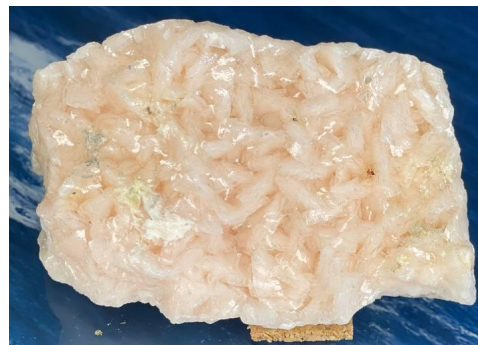


**Завдання та розв'язки ІІІ (міського) етапу
Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
(03.02.2024 р., м. Київ)
Теоретичний тур. 11 клас**

Задача 1. Мінерал (автор Гавриленко К.С).

В мене в колекції є чудовий рожевий зразок (див. фото) широко розповсюдженого мінералу **А**. Для встановлення його складу наважку масою 0,276 г прожарювали за температури 1000 °С до сталої ваги. При цьому утворився лише один газоподібний продукт **Б** (н.у.), а маса наважки зменшилася на 47,83%. Твердий залишок (суміш двох речовин **В** та **Г**) повністю розчинили в 150,0 мл 0,050 М розчину хлоридної кислоти (кислота була взята в надлишку).



Додавання до цього розчину 125,0 мл 0,060 М розчину NaOH призвело до осадження речовини **Д**, маса якої після промивання та висушування склала 0,087 г. Розчинення цієї кількості сполуки **Д** в 30,00 мл 0,100 М хлоридної кислоти веде до утворення розчину єдиної сполуки **Е**. До розчину після осадження **Д** додали еквівалентну кількість насиченого розчину натрій карбонату. При цьому утворився осад сполуки **Ж** масою 0,150 г після висушування та розчин єдиної сполуки **З**. Прожарювання сполуки **Ж** при 1000 °С до сталої маси веде до утворення бінарної сполуки **Г**, яка містить 28,57 % Оксигену за масою.

1.1. Визначте мінерал **А** та інші зашифровані в умові сполуки. Врахуйте, що розчинність гідроксиду, який відповідає сполуці **Г** складає 0,165 г на 100 г води.

Г – оксид невідомого металу.

$M(Ме) = 20 \cdot n$, n – валентність.

$n = 2$, $M = 40$ г/моль, метал – **Са**.

Тоді **Ж** – відповідний карбонат.

Д – гідроксид невідомого металу. Оскільки при розчиненні у наведеній кількості HCl веде до утворення розчину тільки солі металу, гідроксид і кислота взяті в еквівалентних кількостях.

$M(D) = 0,087 \cdot n / (0,03 \cdot 0,1) = 29 \cdot n$, n – валентність.

$n = 2$, метал – **Mg**.

Тоді **В** і **Е** – відповідні оксид та хлорид.

Кількості речовин **В** і **Г** у твердому залишку еквімолярні:

$n(Mg(OH)_2) = 0,087/58 = 0,015$ моль

$n(CaCO_3) = 0,15/100 = 0,015$ моль

Зменшення молекулярної маси при прожарюванні наважки:

$(M(MgO) + M(CaO)) \cdot 0,4783/0,5217 = 88$ г/моль, що відповідає 2 молекулам CO_2 .

Отже, **Б** – CO_2 , **А** – $(CaMg)(CO_3)_2$

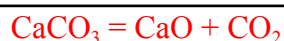
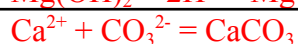
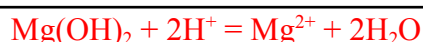
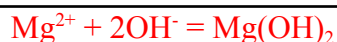
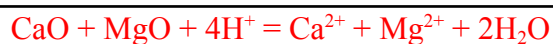
Після осадження $Mg(OH)_2$ та $CaCO_3$ у розчині залишився NaCl.

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
$(CaMg)(CO_3)_2$	CO_2	MgO	CaO	$Mg(OH)_2$	$MgCl_2$	$CaCO_3$	NaCl

1.2. Вкажіть загальноновживану назву мінералу **А**?

Доломіт

1.3. Запишіть рівняння реакцій, про які йдеться в умові задачі (реакції за участю розчинів записуйте в скороченому йонному вигляді).



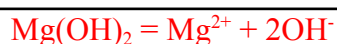
1.4. Де знаходять використання кожна з зашифрованих в задачі сполук (наведіть хоча б один приклад)?

А	У вигляді плит та інших виробів для облицювання будівель.
Б	В харчовій промисловості для газування напоїв
В	В медицині при підвищеній кислотності в шлунку
Г	У виробництві будівельних матеріалів (цементи, цегла тощо)
Д	В медицині як антацидний засіб
Е	Вихідне для отримання Mg
Ж	Крейда
З	Харчова добавка

1.5. В довідниках пишуть, що чиста сполука А не має кольору. Як на вашу думку можна пояснити рожеве забарвлення зразку А з моєї колекції (відповідь обґрунтуйте)?

Рожевий колір найчастіше обумовлений домішками марганцю або кобальту. Карбонат марганцю відомий як мінерал *родохрозит* і має інтенсивне рожеве забарвлення, кобальту – мінерал *сферокобальтит* рожево-фіолетового кольору.

1.6. Розрахуйте значення добутку розчинності (*ДР*) сполуки Д, якщо її розчинність складає 0,00069 г на 100 г води (якщо ви не визначили речовину Д, то вважайте, що її молярна маса дорівнює 116 г/моль, а в воді вона дисоціює на два йони).



$$C(\text{Mg}(\text{OH})_2 \text{ в насиченому розчині}) = s = 0,00069 \cdot 10/58 = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

$$\text{ДР}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = s \cdot (2s)^2 = 6,73 \cdot 10^{-12}$$

$$\text{ДР(по даним в питанні)} = (0,00069 \cdot 10/116)^2 = 3,54 \cdot 10^{-9}$$

1.7. Розрахуйте об'єм речовини **Б** при 20°C, яка виділилася під час розкладу наважки **А**.

$$n(\text{Б}) = 2 \cdot 0,276/184 = 0,003 \text{ моля}$$
$$V = nRT/p = 0,003 \cdot 8,314 \cdot 293,15 / 101325 = 72,16 \text{ мл}$$

$$V(\text{Б}) = 72,16 \text{ мл}$$

1.8. Намалюйте структуру сполуки **Б** та аніону в сполуці **Ж**. Вкажіть кратність зв'язків та гібридизацію центрального атому.

Б: $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ sp	Аніон в Ж: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}^--\text{C}-\text{O}^- \end{array}$ sp^2
--	--

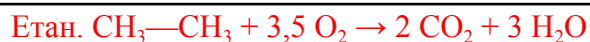
Задача 2. Спали мене, якщо зможеш

Після пропускання суміші тетрафторметану, етану і етилену (суміш **А**) крізь розчин бромної води, утворюється суміш **В**, об'єм якої становить 75% від початкового. Після підпалювання суміші **В** і конденсації утвореної води утворюється суміш **С**, об'єм якої дорівнює об'єму суміші **А**. Якщо суміш **С** пропустити через надлишок розчину NaOH, об'єм непоглинутого газу становитиме половину об'єму суміші **С**.

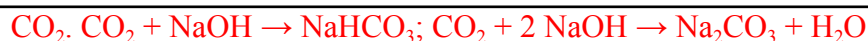
2.1. Яка зі складових суміші **А** поглинулась бромною водою? Відповідь підтвердіть рівнянням реакції.



2.2. Яка зі складових суміші **В** згоріла? Напишіть рівняння відповідної реакції.



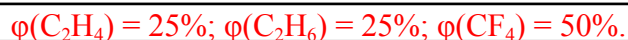
2.3. Який газ поглинувся розчином натрій гідроксиду? Напишіть рівняння можливих реакцій.



2.4. Який газ лишився непоглинутим?



2.5. Знайдіть об'ємні частки компонентів у суміші **А**.



Задача 3. Сплав масою 5,000 г, що складається з магнію, алюмінію, цинку та міді, розчинили в хлоридній кислоті. При цьому виділилося 2,933 л газу (н.у.) та лишилося 1,000 г нерозчинного осаду. До отриманого розчину додали надлишок КОН. Осад, що утворився, відділили та прожарили, після чого його маса склала 1,244 г.

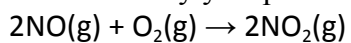
3.1. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються

$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
$2\text{Al} + 3\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$
$\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
$\text{MgCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Mg(OH)}_2 + 2\text{KCl}$
$\text{AlCl}_3 + 6\text{KOH} = \text{K}_3[\text{Al(OH)}_6] + 3\text{KCl}$
$\text{ZnCl}_2 + 4\text{KOH} = \text{K}_2[\text{Zn(OH)}_4] + 2\text{KCl}$
$\text{Mg(OH)}_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$

3.2. Розрахуйте склад сплаву (в % за масою)

Нерозчинний осад – металічна мідь. $m = 1,000$ г $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$; $2\text{Al} + 3\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$; $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$; У разі надлишку КОН $\text{MgCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Mg(OH)}_2 + 2\text{KCl}$; $\text{AlCl}_3 + 6\text{KOH} = \text{K}_3[\text{Al(OH)}_6] + 3\text{KCl}$; $\text{ZnCl}_2 + 4\text{KOH} = \text{K}_2[\text{Zn(OH)}_4] + 2\text{KCl}$; Прожарювання: $\text{Mg(OH)}_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ $v(\text{H}_2) = 2,933 \text{ л} / 22,4 \text{ моль/л} = 0,1309375 \text{ моль}$ $v(\text{H}_2) = v(\text{Mg}) + 1,5v(\text{Al}) + v(\text{Zn})$ $v(\text{Mg}) = v(\text{MgO}) = 1,244 / M(\text{MgO}) = 0,030865 \text{ моль}$ $m(\text{Mg}) = 0,750 \text{ г}$ $m(\text{Al}) + m(\text{Zn}) = 5,000 - 1,000 - 0,750 = 3,250 \text{ г}$ $v(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) + v(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn}) = 3,250 \text{ г}$ З розрахованих кількостей водню та магнію: $1,5v(\text{Al}) + v(\text{Zn}) = 0,1309375 - 0,030865 = 0,100 \text{ моль}$ Розв'язавши систему рівнянь, маємо: $m(\text{Al}) = 1,250 \text{ г}$, $m(\text{Zn}) = 2,000 \text{ г}$

Задача 4.



За певною температури було визначено початкові швидкості реакцій за 274°C

Експеримент	[NO], М	[O ₂], М	Швидкість утворення NO ₂
1	0,020	0,020	0,057
2	0,040	0,040	0,455
3	0,040	0,020	0,228

5.1. Визначте порядок реакції за NO.

Формула для швидкості утворення NO₂ має наступний вигляд:

$$r = k \cdot [NO]^x \cdot [O_2]^y, \text{ де } x \text{ і } y \text{ порядок реакції за NO та } O_2$$

Для знаходження порядку реакції за NO запишемо відношення швидкостей утворення NO₂ у першому та третьому експерименті:

$$\frac{0,057}{0,228} = \frac{k \cdot 0,02^x \cdot 0,02^y}{k \cdot 0,04^x \cdot 0,02^y}; \frac{0,057}{0,228} = \left(\frac{0,02}{0,04}\right)^x; \text{ звідки } x = 2$$

Отже порядок реакції за NO = 2

5.2. Визначте порядок реакції за O₂.

Для знаходження порядку реакції за O₂ запишемо відношення швидкостей утворення NO₂ у другому та третьому експерименті:

$$\frac{0,455}{0,228} = \frac{k \cdot 0,04^x \cdot 0,04^y}{k \cdot 0,04^x \cdot 0,02^y}; \frac{0,455}{0,228} = \left(\frac{0,04}{0,02}\right)^y; \text{ звідки } y = 1$$

Отже порядок реакції за O₂ = 1

5.3. Розрахуйте константу швидкості процесу.

$$r = k \cdot [NO]^x \cdot [O_2]^y$$

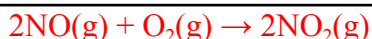
$$k = \frac{r}{[NO]^x \cdot [O_2]^y}$$

Знайдемо k для кожного експерименту:

$$k_1 = 1,4 \cdot 10^{-4}; k_2 = 1,41 \cdot 10^{-4}; k_3 = 1,4 \cdot 10^{-4};$$

$$\text{Середнє значення } k = 1,403 \cdot 10^{-4} \frac{\text{л}^2}{\text{с} \cdot \text{моль}^2}$$

5.4. Розрахуйте початкову швидкість реагування O₂ в М*с⁻¹.



З рівняння реакції швидкість споживання O₂ буде в два рази меншою за швидкість утворення NO₂:

$$-\frac{d[O_2]}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{d[NO_2]}{dt}$$

Знайдемо швидкість споживання O₂ для кожного експерименту:

$$r_1 = 0,0285 \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$r_2 = 0,2275 \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$r_3 = 0,114 \text{ М} \cdot \text{с}^{-1}$$

5.5. Визначте який тиск газової суміші був на початку реакції при заповненні реактора об'ємом 1 л газовою сумішшю в першому експерименті

$$v_{\text{газів}} = 0,02 + 0,02 = 0,04$$

$$P = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0,04 \cdot 8,314 \cdot (273,15 + 274)}{1} = 182 \text{ кПа}$$

Всі відповіді підтвердіть розрахунками.

Задача 6. Тест.

1. Укажіть групу речовин, рН розчинів яких є більше 7:

А. HCl, NaOH, Ca(OH)₂, NaCl

Б. KOH, Sr(OH)₂, Na₂CO₃, K₂S

В. AlCl₃, Na₂SO₃, HNO₃, HI

Г. Ca(OH)₂, KOH, AlCl₃, K₂S

(1 бал)

2. Яка з наведених речовин виявляє амфотерні властивості:

А. CH₃COOH;

Б. CH₂(NH₂)COOH;

В. CH₃CONH₂;

Г. CH₃NH₂.

(1 бал)

3. Під час розчинення 1 моль натрій карбонату виділяється 25 кДж теплоти, при розчиненні 1 моль натрій карбонату декагідрату поглинається 67 кДж теплоти. Знайдіть тепловий ефект (ΔH) реакції гідратації натрій карбонату.

+92 кДж

−92 кДж

+42 кДж

−42 кДж

(1 бал)

4. 3. Визначте продукти термічного розкладу аргентум(I) нітрату

А. AgNO₂, O₂

Б. Ag₂O, NO₂

В. Ag₂O, NO₂, O₂

Г. Ag, NO₂, O₂

(1 бал)

5. Вкажіть, як хімічним шляхом очистити метан від домішок ацетилену

А. пропустити суміш газів через розчин калій гідроксиду;

Б. пропустити суміш газів через бромну воду;

В. пропустити суміш газів через розчин хлороводню;

Г. пропустити суміш газів через розчин соди;

Д. пропустити суміш газів через вапняну воду.

(1 бал)

6. Проаналізуйте твердження:

I. Радіус йона Mg²⁺ менший ніж радіус нейтрального атома.

II. Електронна конфігурація атома Фосфору в збудженому стані: [Ar]3s¹3p³3d¹.

III. Електронегативність Хлору більша, ніж електронегативність Флуору.

IV. Ядро ізотопу Гідрогену — Дейтерію містить один нейтрон.

Правильні 3-поміж них лише:

А. I, II

Б. III, IV

В. I, II, IV

Г. I, IV

(1 бал)

7. Встановіть відповідність між рівнянням реакції та результатом зміщення рівноваги внаслідок підвищення тиску

А. H₂ + I₂ ⇌ 2HI

1 зміститься праворуч

Б. 2NO₂ ⇌ O₂ + 2NO

2 зміститься ліворуч

В. 3H₂ + N₂ ⇌ 2NH₃

3 не зміститься

А3, Б2, В1

(2 бали)

8. При пропусканні гідрогенсульфіду об'ємом 2,8 л (н.у.) крізь надлишок розчину купрум(II) сульфату утворився осад масою 11,4 г. Визначити вихід продукту реакції у відсотках.

(2 бали)

Відповіді

1	2	3	4	5	6	7	8
Б	Б	+92 кДж	Г	Б	Г	А - 3 Б - 2 В - 1	95%