

Завдання
III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2016-2017 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.

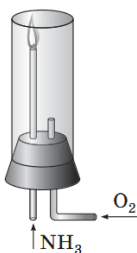
1. У лабораторії витісненням води можна зібрати газ, формула якого:

- А NH_3
 Б HCl
 В NO_2
 Г NO

А	
Б	
В	
Г	+

2. Амоніак горить у кисні (див.рисунок). Складіть рівняння цієї реакції й укажіть суму коефіцієнтів у його правій частині:

- А 7
 Б 8
 В 9
 Г 10



А	
Б	+
В	
Г	

3. Укажіть кількість електронів, що беруть участь у процесі окиснення Сульфуру за схемою $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$:

- А 2
 Б 4
 В 6
 Г 8

А	
Б	
В	
Г	+

4. Укажіть рядок, у якому в правильній послідовності розташовано формули солей, що утворюються внаслідок поступового добавляння розчину натрій гідроксиду до розчину ортофосфатної кислоти:

- А Na_3PO_4 ; NaH_2PO_4 ; Na_2HPO_4
 Б NaH_2PO_4 ; Na_2HPO_4 ; Na_3PO_4
 В NaH_2PO_4 ; Na_3PO_4 ; Na_2HPO_4
 Г Na_2HPO_4 ; NaH_2PO_4 ; Na_3PO_4

А	
Б	+
В	
Г	

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

5. Установіть відповідність між реагентами та продуктами реакції:

- | <i>Реагенти</i> | <i>Продукти реакції</i> |
|--|--|
| А Fe і Cl_2 | 1 FeCl_2 |
| Б Fe і H_2O | 2 Fe_3O_4 і H_2 |
| В Fe_2O_3 і HCl | 3 FeCl_3 і H_2O |
| Г $\text{Fe}(\text{OH})_2$ і O_2 , H_2O | 4 FeCl_3 |
| | 5 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ |

А	4
Б	2
В	3
Г	5

6. Установіть відповідність між назвою речовини та її застосуванням:

- | <i>Назва речовини</i> | <i>Застосування речовини</i> |
|-----------------------|------------------------------------|
| А хлорбензен | 1 виробництво фенолу |
| Б етен | 2 добування метанолу |
| В глюкоза | 3 підсолодження харчових продуктів |
| Г целюлоза | 4 виробництво поліетилену |
| | 5 виробництво паперу |

А	1
Б	4
В	3
Г	5

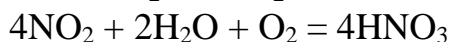
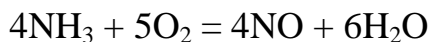
Завдання на встановлення послідовності. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,5 балів. Максимальна кількість балів – 4.

7. Оберіть і розташуйте необхідні нітрогеновмісні речовини у послідовності їх використання з метою промислового добування нітратної кислоти. Запишіть відповідні рівняння реакцій.

- А нітратна кислота
- Б нітроген(IV) оксид
- В амоніак
- Г нітроген(II) оксид

1	2	3	4
В	Г	Б	А

Розв'язок:



Задача 2. (9 балів)

Молярне співвідношення магнію і невідомого оксиду X у твердій суміші відповідно дорівнює 4:1. Під час спікання без доступу повітря 7,8 г цієї суміші відбулося повне перетворення вихідних речовин і одержали лише дві речовини – сполуки Магнію. На розчинення цих речовин витрачено 139 мл 10%-вого розчину HCl з густиною 1,05г/мл.

А Обчисліть масові частки речовин у вихідній суміші.

Б Напишіть відповідні рівняння реакцій.

Розв'язок

А 1. Знаходимо кількість хлоридної кислоти та магнію:

$$m(\text{HCl}_{\text{розчину}}) = V_{\text{розч.}} \cdot \rho = 139\text{мл} \cdot 1,05\text{г/мл} = 145,95\text{г}$$

$$m(\text{HCl}) = 145,95\text{г} \cdot 0,1 = 14,595\text{г}$$

$$n(\text{HCl}) = m/M = 14,595\text{г} / 36,5\text{г/моль} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}) = 0,4 \text{ моль} / 2 = 0,2 \text{ моль (оскільки співвідношення Mg і HCl у рівняннях реакції 1:2)}$$

2. Знаходимо маси вихідних речовин (Mg і A_xO_y):

$$m(\text{Mg}) = n(\text{Mg}) \cdot M(\text{Mg}) = 0,2\text{моль} \cdot 24\text{г/моль} = 4,8\text{г}$$

$$m(A_xO_y) = 7,8\text{г} - 4,8\text{г} = 3\text{г}$$

3. Знаходимо формулу невідомого оксиду:

Оскільки молярне співвідношення Mg і $A_xO_y = 4:1$ (за умовою задачі), то

$$n(A_xO_y) = 0,2 \text{ моль} / 4 = 0,05 \text{ моль}$$

$$M(A_xO_y) = m/n = 3\text{г} / 0,05\text{моль} = 60\text{г/моль}$$

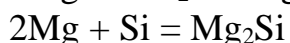
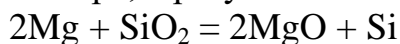
Формула оксиду SiO_2 (за молярною масою, агрегатним станом і хімічними властивостями).

4. Знаходимо масові частки речовин у вихідній суміші:

$$w(\text{Mg}) = 4,8\text{г}/7,8\text{г} = 0,62 = 62\%$$

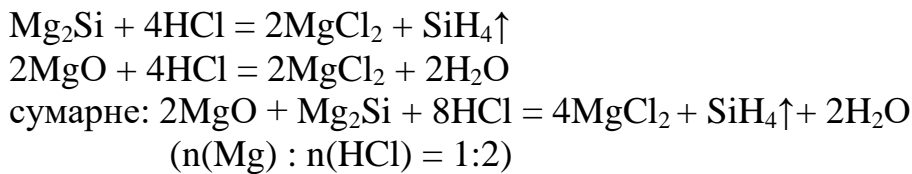
$$w(\text{SiO}_2) = 3\text{г}/7,8\text{г} = 0,38 = 38\%$$

Б 5. Записуємо реакції, що відбулися під час спікання суміші речовин без доступу повітря, в результаті повного перетворення яких одержали дві сполуки Магнію:



$$(n(\text{Mg}) : n(\text{SiO}_2) = 4:1)$$

6. Записуємо реакції, що ілюструють взаємодію двох сполук Магнію з хлоридною кислотою:



Задача 3. (11 балів)

Порошок технічного червоного фосфору масою 30 г повністю прореагував з нітратною кислотою об'ємом 126 мл. Унаслідок реакції відбулося виділення спочатку бурого, а потім безкольорового газу (у співвідношенні 1:2 відповідно) загальним об'ємом 40,32 л (н.у.).

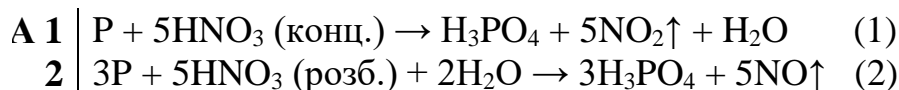
А Запишіть рівняння всіх відповідних реакцій.

Б Визначте масову частку фосфору у зразку.

В Визначте молярну концентрацію нітратної кислоти взятої для реакції.

Г Обчисліть об'єм 25% нашатирного спирту ($\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$), який потрібно взяти для одержання середньої солі в утвореному після реакції розчині.

Розв'язок



$$\text{Б } \text{n}(\text{NO}_2 + \text{NO}) = 40,32 \text{ л} / 22,4 \text{ моль/л} = 1,8 \text{ моль}$$

За умовою задачі співвідношення газів 1:2, відповідно:

$$\text{n}(\text{NO}_2) = 0,6 \text{ моль}$$

$$\text{n}(\text{NO}) = 1,2 \text{ моль}$$

$$\text{Звідки кількість фосфору складає: } \text{n}_{(1)}(\text{P}) = \frac{0,6 \text{ моль} \cdot 1 \text{ моль}}{5 \text{ моль}} = 0,12 \text{ моль},$$

$$\text{n}_{(2)}(\text{P}) = \frac{1,2 \text{ моль} \cdot 3 \text{ моль}}{5 \text{ моль}} = 0,72 \text{ моль}, \text{ n}_{\text{заг.}}(\text{P}) = 0,12 \text{ моль} + 0,72 \text{ моль} = 0,84 \text{ моль}$$

$$\text{Отже, } m(\text{P}) = 0,84 \text{ моль} \cdot 31 \text{ г/моль} = 26,04 \text{ г}$$

$$w(\text{P}) = \frac{26,04 \text{ г} \cdot 100\%}{30 \text{ г}} = 86,8\%$$

$$\text{В } \text{n}(\text{HNO}_3) = 1,8 \text{ моль}$$

$$C(\text{HNO}_3) = \frac{0,6 \cdot 1000}{126} = 14,29 \text{ (моль/л)}$$



$$\text{n}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \text{n}(\text{P}) = 0,84 \text{ моль}$$

$$\text{n}(\text{NH}_3) = 0,84 \text{ моль} \cdot 3 = 2,52 \text{ моль};$$

$$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{NH}_3) = 2,52 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 42,84 \text{ г}$$

$$m(\text{NH}_3)_{\text{розчину}} = \frac{42,84 \cdot 100}{25} = 171,36 \text{ г};$$

$$V(\text{NH}_3)_{\text{розчину}} = 171,36 \text{ г} / 0,9 = 190,4 \text{ мл}$$

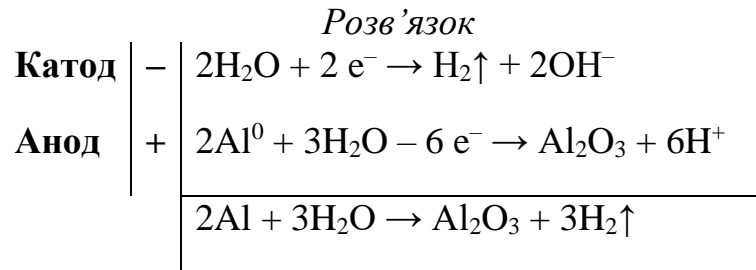
Відповідь: $w(\text{P}) = 86,8\%$; $C(\text{HNO}_3) = 14,29 \text{ моль/л}$; $V(\text{NH}_3)_{\text{розчину}} = 190,4 \text{ мл}$.

Задача 4. (11 балів)

У лабораторії провели електроліз 1 л 20 % розчину сульфатної кислоти ($\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$) на алюмінієвих електродах загальною масою останніх 195,2 г. Зміна маси електролізера після завершення процесу склала 0,6 г.

А Запишіть рівняння катодних і анодних процесів.

Б Обчисліть масу електродів і моляльну концентрацію сульфатної кислоти після завершення електролізу.



Отже, зміна маси електролізера відбулася за рахунок виділення водню масою 0,6 г.

$$n(\text{H}_2) = \frac{m}{M} = \frac{0,6 \text{ г}}{2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,3 \text{ моль, звідки за сумарним рівнянням реакції:}$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ моль; } M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 102 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 10,2 \text{ г}$$

$$n(\text{Al}) = 0,2 \text{ моль; } M(\text{Al}) = 27 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; m(\text{Al}) = 0,2 \text{ моль} \cdot 27 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 5,4 \text{ г}$$

Збільшення маси аноду за рахунок анодування алюмінію на:

$$\Delta m (\text{анода}) = 10,2 - 5,4 = 4,8 \text{ г}$$

$$m(\text{електродів}) = 195,2 + 4,8 = \mathbf{200 \text{ г}}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{розчину}} = V \cdot \rho = 1000 \text{ см}^3 \cdot 1,14 \text{ г/см}^3 = 1140 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1140 \text{ г} \cdot 20\%}{100\%} = 228 \text{ г}; n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{228 \text{ г}}{98 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{в розчині}} = 1140 - 228 = 912 \text{ г}$$

Кількість води яка витратилась під час електролізу:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,3 \text{ моль; } M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; m(\text{H}_2\text{O}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 5,4 \text{ г}$$

$$\text{Маса води яка залишилась в електролізері: } m(\text{H}_2\text{O}) = 912 - 5,4 = 906,6 \text{ г}$$

Таким чином: у 906,6 г розчинника (води) розчинено 2,3 моль сульфатної кислоти,
а в 1000 г розчинника розчинено x моль сульфатної кислоти.

$$\text{Звідки: } x = \frac{2,3 \cdot 1000}{906,6} = 2,54 \text{ моль}$$

$$C_m (\text{H}_2\text{SO}_4) = \mathbf{2,54 \text{ моль/кг}}$$

Відповідь: $m(\text{електродів}) = 200 \text{ г}$, $C_m (\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,54 \text{ моль/кг}$

Задача 5. (13 балів)

Розшифруйте схему перетворень, складіть усі необхідні рівняння хімічних реакцій. Дайте назви речовинам **А** – **К**, які містять у своєму складі **X** (проста речовина і хімічний елемент третього періоду). Зверніть увагу, що речовина **Е** широко використовується, як сильний відновник у сучасній легкій та хімічній промисловості (наприклад, під час виробництва барвників для тканин).

- 1) $X + H_2 \rightarrow A$
- 2) $A + O_2 \rightarrow B + \dots$
- 3) $B + Na_2CO_3 \rightarrow B + CO_2 \uparrow$
- 4) $B + B \rightarrow \Gamma$
- 5) $\Gamma + H_2O \xrightarrow{t^0C} D$
- 6) $D + Zn \xrightarrow{\text{холод}} E + \dots$
- 7) $E + 2AgNO_3 \rightarrow B + \dots$
- 8) $E + NaOH \rightarrow B + \mathcal{Ж} + \dots$
- 9) $E + H_2O \xrightarrow{t^0C} \mathcal{З} + D$
- 10) $\mathcal{З} + I_2 \rightarrow K + \dots$
- 11) $\mathcal{Ж} + I_2 \rightarrow X + \dots$
- 12) $\mathcal{Ж} + HCl \rightarrow A + \dots$

Розв'язок

- 1) $S + H_2 \rightarrow H_2S$ (A – H_2S гідроген сульфід)
- 2) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$ (B – SO_2 сульфур(IV) оксид)
- 3) $SO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_3 + CO_2 \uparrow$ (B – Na_2SO_3 натрій сульфід)
- 4) $Na_2SO_3 + SO_2 \rightarrow Na_2S_2O_5$ (Г – $Na_2S_2O_5$ натрій метабісульфіт)
- 5) $Na_2S_2O_5 + H_2O \xrightarrow{t^0C} 2NaHSO_3$ (Д – $NaHSO_3$ натрій гідрогенсульфіт)
- 6) $NaHSO_3 + Zn \xrightarrow{\text{холод}} Na_2S_2O_4 + Zn(OH)_2 \downarrow$ (E – $Na_2S_2O_4$ натрій дитіоніт, натрій гідросульфід)
- 7) $Na_2S_2O_4 + 2AgNO_3 \rightarrow 2SO_2 + 2NaNO_3 + 2Ag \downarrow$
- 8) $3Na_2S_2O_4 + 6NaOH \rightarrow 5Na_2SO_3 + Na_2S + 3H_2O$ (Ж – Na_2S натрій сульфід)
- 9) $2Na_2S_2O_4 + H_2O \xrightarrow{t^0C} Na_2S_2O_3 + 2NaHSO_3$ (З – $Na_2S_2O_3$ натрій тіосульфат)
- 10) $2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$ (K – $Na_2S_4O_6$ натрій тетратіонат)
- 11) $Na_2S + I_2 \rightarrow S + 2NaI$ (X – S сірка)
- 12) $Na_2S + 2HCl \rightarrow H_2S + 2NaCl$

Задача 6. (16 балів)

За нормальних умов вихідна суміш етану, пропену та ацетилену масою 20,60 г займає об'єм 15,68 л. Мінімальний об'єм розчину калій гідроксиду з молярною концентрацією лугу 1 моль/л, яким можна зв'язати весь карбон(IV) оксид, що утворився при повному спалюванні 1,344 л вихідної суміш (н.у.), становить 128,6 мл. Визначте об'ємні частки газів у вихідній суміші.

Розв'язок

$$\text{Спалили } \frac{V(\text{сум})}{V_m} = \frac{1,344}{22,4} = 0,06 \text{ (моль) суміші.}$$

Обчислимо кількість речовини КОН, що витрачається на зв'язування утвореного CO_2 :
 $n(\text{KOH}) = C(\text{KOH}) \cdot V(\text{р-ну КОН}) = 1 \cdot 0,1286 = 0,1286 \text{ (моль)}$
 Припустимо, що спалили вихідну суміш об'ємом 15,68 л.

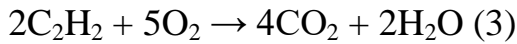
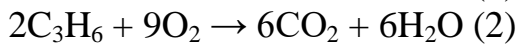
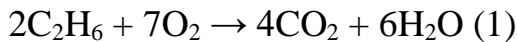
$$n(\text{сум}) = \frac{V(\text{сум})}{V_m} = \frac{15,68}{22,4} = 0,7 \text{ (моль).}$$

Складемо пропорцію:

На поглинання CO_2 , утвореного при спалюванні 0,06 моль суміші, потрібно 0,1286 моль КОН,

на поглинання CO_2 , утвореного при спалюванні 0,7 моль суміші, потрібно x моль KOH .

$$\frac{0,06}{0,7} = \frac{0,1286}{x}, \text{ звідки } x = 1,5 (\text{моль}).$$



З рівняння (4): $n(\text{CO}_2) = n(\text{KOH}) = 1,5$ (моль).

Припустимо, що суміш кількістю речовини 0,7 моль містить x моль C_2H_2 та y моль C_3H_6 . Тоді $n(\text{C}_2\text{H}_6) = (0,7 - x - y)$ (моль).

$$m(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2) = 26x \text{ (г)}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = n(\text{C}_3\text{H}_6) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_6) = 42y \text{ (г)}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_6) = n(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30(0,7 - x - y) \text{ (г)}$$

$$\text{З рівняння (1): } n(\text{CO}_2) = 2(0,7 - x - y) = (1,4 - 2x - 2y) \text{ (моль)}$$

$$\text{З рівняння (2): } n(\text{CO}_2) = 3y \text{ (моль)}$$

$$\text{З рівняння (3): } n(\text{CO}_2) = 2x \text{ (моль)}$$

Складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} (1,4 - 2x - 2y) + 3y + 2x = 1,5 \\ 26x + 42y + 30(0,7 - x - y) = 20,6 \end{cases}$$

Звідси $x = 0,4$; $y = 0,1$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = \chi(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{\nu(\text{C}_2\text{H}_2)}{\nu(\text{сум.})} = \frac{0,4}{0,7} = 0,5714 \text{ або } 57,14\%$$

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = \chi(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{\nu(\text{C}_3\text{H}_6)}{\nu(\text{сум.})} = \frac{0,1}{0,7} = 0,1429 \text{ або } 14,29\%$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 100\% - 57,14\% - 14,29\% = 28,57\%$$

Відповідь: $\varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 57,14\%$; $\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 14,29\%$; $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 28,57\%$.