

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

Тести. (10 балів)

Завдання 1-5 містять по чотири варіанти відповідей, з яких лише один є правильним. Оцінка кожної правильної відповіді – 1 бал.

1. Укажіть суму індексів у формулі вищого оксиду елемента, атом якого має 4 енергетичних рівні, а кількість електронів на його зовнішньому рівні утричі більша, ніж в атома Магнію.

А 3
Б 4
В 5
Г 6

А	
Б	+
В	
Г	

2. Укажіть речовину, що виступає в окисно-відновних реакціях і як окисник, і як відновник.

А MnO_2
Б MnCl_2
В KMnO_4
Г $\text{Ba}(\text{MnO}_4)_2$

А	+
Б	
В	
Г	

3. Укажіть напівсхему, що відповідає скороченому йонному рівнянню
$$\text{Cr}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cr}(\text{OH})_2$$

А $\text{CrCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
Б $\text{CrCl}_3 + \text{KOH} \rightarrow$
В $\text{H}_2\text{CrO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$
Г $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{LiOH} \rightarrow$

А	+
Б	
В	
Г	

4. Укажіть правильні твердження.

- Для обробки дерев змішали воду та вапно. В утвореному розчині фенолфталеїн залишиться безбарвним.
- У схемі реакції $\text{X} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ речовиною X є NaOH.
- Ферум(II) сульфат можна добути взаємодією заліза з розчином сульфатної кислоти.
- При нагріванні купрум(I) гідроксиду утворюються вода та купрум(II) оксид.

А 1, 2
Б 1, 4
В 3, 4
Г 2, 3

А	
Б	
В	
Г	+

5. Є два ланцюжки: один зі срібла, другий – зі сталі (основний компонент – залізо). Позначте спосіб їх розпізнавання.

А помістити обидва ланцюжки в розчин сульфатної кислоти: поверхня срібного ланцюжка вкриється бульбашками безбарвного газу, а сталевого – ні.

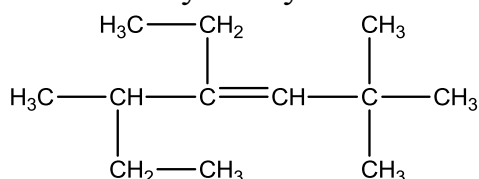
Б помістити обидва ланцюжки в розчин сульфатної кислоти: поверхня сталевого ланцюжка вкриється бульбашками безбарвного газу, а срібного – ні.

А	
Б	+
В	
Г	

В помістити обидва ланцюжки у воду: срібний вкриється шаром речовини чорного кольору.

Г помістити обидва ланцюжки в розчин лугу: поверхня сталевого ланцюжка вкриється шаром речовини бурого кольору.

6. Визначте назву сполуки за систематичною номенклатурою:



А 2,2,5-триметил-4-етилгепт-3-ен

Б 3,6,6,-триметил-4-етилгепт-4-ен

В 4,5-діетил-2,2-диметилгекс-3-ен

Г 4-етил-2,2,5-триметилгепт-3-ен

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 схемою процесу та його назвою.

Схема процесу

Назва процесу

А $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

1 окиснення

Б $\text{S}^{2-} - 2\text{e} \rightarrow \text{S}^0$

2 відновлення

В $\text{N}^{+5} + 3\text{e} \rightarrow \text{N}^{+2}$

3 нейтралізація

Г $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$

4 утворення газу

5 утворення осаду

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

8. Установіть відповідність між класами органічних сполук та характеристичними групами.

Класи сполук

Характеристичні групи

А спирти

1 – OR

Б карбонові кислоти

2 – CHO

В альдегіди

3 – OH

Г естери

4 – COOR

5 – COOH

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

Задача 1. (5 балів)

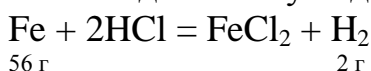
На шальках терезів перебувають у рівновазі однакові посудини, в кожную з яких налито по 100 г розчину хлоридної кислоти однакової концентрації. В одну посудину добавлено 0,7 г порошку заліза.

А Запишіть рівняння хімічної реакції, що відбувається за умовою задачі.

Б Обчисліть масу алюмінію, яку потрібно додати у другу посудину, щоб після повного розчинення обох металів у кислоті терези знову були у рівновазі.

Розв'язок

1. Знаходимо масу водню, яка виділиться під час реакції кислоти з залізом:



56 г

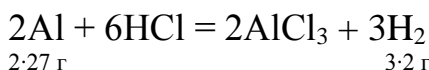
2 г

$$m(\text{H}_2) = (0,7 \cdot 2) : 56 = 0,025 \text{ г}$$

2. У відповідній посудині залишиться $100 \text{ г} + 0,7 \text{ г} - 0,025 \text{ г} = 100,675 \text{ г}$.

3. Збільшення маси склянки з кислотою після добавлення заліза і виділення водню становить 0,675 г.

4. Таке саме збільшення маси склянки має бути і для вмісту другої склянки:



2·27 г

3·2 г

5. Якщо реагує 54 г алюмінію, то виділиться 6 г водню і маса посудини збільшується на $54 - 6 = 48$ (г)

6. Складаємо пропорцію:

при реакції 54 г алюмінію маса посудини збільшується на 48 г,

а при реакції x г алюмінію маса посудини збільшується на 0,675 г.

звідси $x = (54 \cdot 0,675) : 48 = 0,76$ г. – маса алюмінію, яку слід додати в другу посудину.

Задача 2. (9 балів)

До 120,5 г насиченого розчину мідного купоросу за кімнатної температури (розчинність 20,5г/100г води в перерахунку на безводну сіль) додали 10 г безводного купрум(II) сульфату. Сіль, що випала в осад, відфільтрували, прожарили і зважили. Установіть, чи дорівнюватиме маса солі після прожарювання 10 г і чи залежить маса отриманої солі від маси насиченого розчину мідного купоросу.

Розв'язок

Маса солі збільшиться внаслідок того, що почне утворюватися кристалогідрат і маса води у розчині зменшиться: $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. У цьому разі у кристалогідрат з розчину перейде 5,6 г води, отже маса розчинника зменшиться до $100 \text{ г} - 5,6 \text{ г} = 94,4 \text{ г}$.

Обчислюємо масу безводного купрум(II) сульфату, що може розчинитися у 94,4 г води:

$$m(\text{CuSO}_4) = 20,5\text{г} \cdot \frac{94,4\text{г}}{100\text{г}} = 19,4\text{г}$$

Тому з розчину випаде додаткова маса купоросу, яка в перерахунку на безводний купрум(II) сульфат становитиме $20,5\text{г} - 19,4\text{г} = 1,1\text{г}$

Обчислимо масу безводного купрум(II) сульфату, яку ми одержимо після прожарювання:

$$m(\text{CuSO}_4) = 10\text{г} + 1,1\text{г} = 11,1\text{г}$$

Збільшення маси осаду не залежить від маси насиченого розчину мідного купоросу за умови, що в ньому міститься достатньо води для утворення кристалогідрату під час взаємодії з добавленою сіллю.

Задача 3. (10 балів)

Реакції солей з металами (неметалами), що відбуваються з «витісненням» одного металу (неметалу) іншим, добре відомі. Однак у деяких реакціях типу «проста речовина + сіль» інші прості речовини не утворюються.

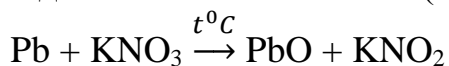
А Наведіть по два приклади принципово різних прикладів таких реакцій, реагентом в яких є: а) метал; б) неметал.

Б Зазначте окисник і відновник у кожній з реакцій.

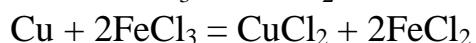
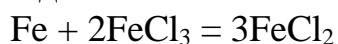
Розв'язок

А Реакції «метал + сіль»; метал – відновник

1) відновлюється аніон солі (кислотоутворюючий елемент)

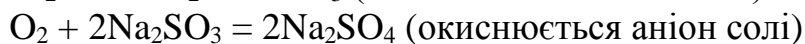


2) відновлюється катіон солі

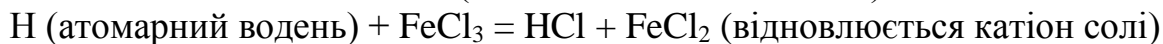


Б реакції «неметал + сіль»

1) неметал – окисник



2) неметал – відновник

**Задача 4. (12 балів)**

В океанічній воді об'ємом 1 л в середньому міститься 27,6 г натрій хлориду, 0,8 г калій хлориду, 3,2 г магній хлориду, 2,1 г натрій сульфату та 1,3 г кальцій сульфату. Після випарювання 1 м³ такої води сухий залишок обробили надлишком концентрованої сульфатної кислоти. Добутий при цьому газ розчинили в 100 кг дистильованої води.

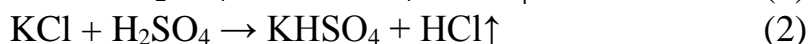
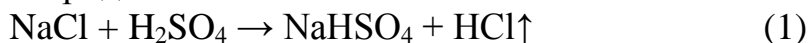
А Обчисліть масову частку гідроген хлориду в отриманому розчині.

Б До цього розчину додали 300 кг 10%-го розчину натрій гідроксиду. Чи змінить свій колір лакмусовий папірець (а якщо змінить, то як) при зануренні в утворений розчин? Якій реакції середовища відповідає така зміна? Відповідь підтвердьте обчисленнями.

В При пропусканні через розчин натрій сульфату електричного струму силою 134 А протягом 20 годин виділилося 1064 л водню (н.у.). Визначте вихід водню за струмом.

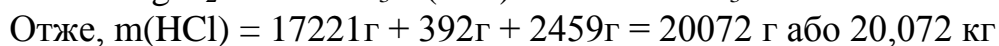
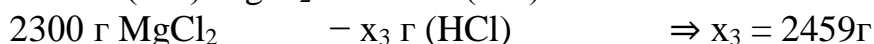
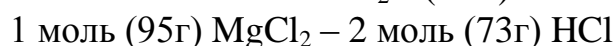
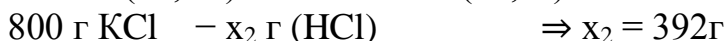
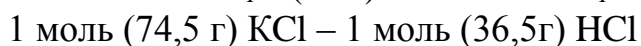
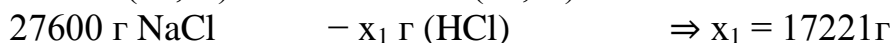
Розв'язок

А 1. Складаємо рівняння реакції взаємодії солей океанічної води з сульфатною кислотою. Оскільки з сульфатною кислотою з виділенням хлороводню прореагують лише хлориди то:



2. Визначаємо вміст хлоридів у 1 м³ (1000 л) океанічної води: 27600 г NaCl, 800 г KCl та 3200 г MgCl₂.

3. Обчислюємо масу гідроген хлориду, що виділився в результаті реакцій 1, 2, 3:



$$\omega(\text{HCl}) = \frac{20,072 \text{ кг}}{100 \text{ кг} + 20,072 \text{ кг}} \times 100\% = 16,7\%$$

Б 4. Обчислюємо масу і кількість натрій гідроксиду:

$$n(\text{HCl}) = \frac{20072 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 545 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 300 \text{ кг} \cdot 0,1 = 30 \text{ кг або } 30000 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{30000 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 822 \text{ моль}$$

5. Складаємо рівняння реакції взаємодії розчину хлоридної кислоти з натрій гідроксидом: $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Оскільки за рівнянням реакції кислота з лугом реагують у співвідношення 1:1, то NaOH буде в надлишку. Отже реакція розчину буде лужна, а папірець набуде синього кольору.

В 1 спосіб. Грам-молекулярний об'єм водню дорівнює 22,4 л,
а грам-еквівалентний об'єм дорівнює $22,4 : 2 = 11,2$ л.

1. За законом Фарадея при проходженні через розчин електроліта струму силою 134 А протягом 20 годин має виділитися водню $A = \frac{ItE}{F} = \frac{134 \cdot 20 \cdot 1}{26,8} = 100$ г

2. З формули водню 2г H_2 ---- 22,4 л
100 г ----- x , отже $x = 1120$ л

3. Вихід продукту дорівнює: $\eta = \frac{1064 \cdot 100\%}{1120} = 95\%$

2 спосіб

За умовою задачі через розчин пропустили $134 \cdot 20 = 2680$ А/г електричного струму. У результаті чого має виділитися $2680 : 26,8 = 100$ г-екв., або $11,2 \cdot 100 = 1120$ л водню, а виділилося 1064. Отже вихід продукту складає $\frac{1064 \cdot 100\%}{1120} = 95\%$

Задача 5. (12 балів)

Суміш метану і хлору в об'ємному співвідношенні 1 : 2 ввели в реакцію, при цьому одержали суміш хлорометану, дихлорометану, трихлорометану і тетрахлорометану з масовими частками 0,2 : 0,281 : 0,316 : 0,203 відповідно. Обчисліть молярне співвідношення (у %) речовин після реакції, якщо прореагувало 20 % хлору.

Розв'язок

Обчислимо молярне співвідношення галогенопохідних в одержаній суміші:

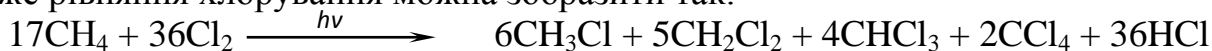
$$n(\text{CH}_3\text{Cl}) = \frac{m}{M} = \frac{20 \text{ г}}{50,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_2\text{Cl}_2) = \frac{m}{M} = \frac{28,1 \text{ г}}{85 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,33 \text{ моль}$$

$$n(\text{CHCl}_3) = \frac{m}{M} = \frac{31,6 \text{ г}}{119,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,26 \text{ моль}$$

$$n(\text{CCl}_4) = \frac{m}{M} = \frac{20,3 \text{ г}}{154 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,13 \text{ моль, або } 6 : 5 : 4 : 2 \text{ відповідно.}$$

Отже рівняння хлорування можна зобразити так:



Нехай в початковій суміші було 1 моль метану і 2 моль хлору. Відповідно, в реакцію вступило 0,4 моль Cl_2 .

Кількість речовин у суміші після реакції:

$$n(\text{Cl}_2) = 2 \text{ моль} - 0,4 \text{ моль} = 1,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_4) = 1 - 0,4 \cdot \frac{17}{36} = 0,81 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{Cl}) = 0,4 \cdot \frac{6}{36} = 0,07 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_2\text{Cl}_2) = 0,4 \cdot \frac{5}{36} = 0,06 \text{ моль}$$

$$n(\text{CHCl}_3) = 0,4 \cdot \frac{4}{36} = 0,04 \text{ моль}$$

$$n(\text{CCl}_4) = 0,4 \cdot \frac{2}{36} = 0,02 \text{ моль};$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{Cl}_2)_{\text{прореагувавшего}} = 0,4 \text{ моль};$$

Після реакції утворилось: $(1,6 + 0,81 + 0,07 + 0,06 + 0,04 + 0,02 + 0,4) = 3 \text{ моль}$.

$$W(\text{Cl}_2) = \frac{1,6 \cdot 100\%}{3} = 53,33\%$$

$$W(\text{CH}_4) = \frac{0,81 \cdot 100\%}{3} = 27\%$$

$$W(\text{CH}_3\text{Cl}) = \frac{0,07 \cdot 100\%}{3} = 2,33\%$$

$$W(\text{CH}_2\text{Cl}_2) = \frac{0,06 \cdot 100\%}{3} = 2\%$$

$$W(\text{CHCl}_3) = \frac{0,04 \cdot 100\%}{3} = 1,33\%$$

$$W(\text{CCl}_4) = \frac{0,02 \cdot 100\%}{3} = 0,66\%$$

$$W(\text{HCl}) = \frac{0,4 \cdot 100\%}{3} = 13,33\%$$

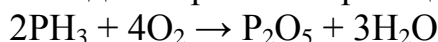
Задача 6. (12 балів)

При спалюванні фосфіну в надлишку кисню виділилося 236 кДж теплоти. Продукти реакції розчинили в 200 мл 1,5М розчину калій гідроксиду (густина 1,07 г/мл). Обчисліть масові частки речовин у добутому розчині.

Теплоти утворення фосфіну, фосфор(V) оксиду і рідкої води дорівнюють $-5,4 \text{ кДж/моль}$, -1492 кДж/моль і $-285,8 \text{ кДж/моль}$ відповідно.

Розв'язок

1. Складаємо рівняння реакції згоряння фосфіну:



2. Обчислюємо тепловий ефект реакції за законом Гесса:

$$Q_r = Q_{\text{утв.}}(\text{P}_2\text{O}_5) + 3Q_{\text{утв.}}(\text{H}_2\text{O}) - 2Q_{\text{утв.}}(\text{PH}_3) = 2360,2 \text{ кДж/моль}$$

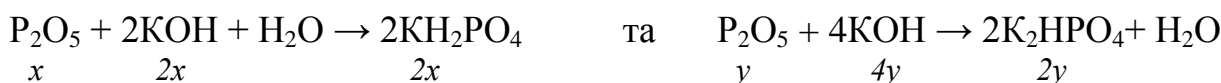
3. Обчислюємо кількості речовин:

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{Q}{Q_r} = \frac{236 \text{ кДж/моль}}{2360,2 \text{ кДж/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 3 \cdot n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{KOH}) = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ моль}$$

4. Із співвідношення $n(\text{KOH}) / n(\text{P}_2\text{O}_5) = 3$ випливає, що утворюються наступні солі:



5. Складаємо систему та знаходимо кількість P_2O_5 з обох реакцій:

$$\begin{cases} x + y = 0,1 \\ 2x + 4y = 0,3 \end{cases}$$

$$\text{Звідки } x = 0,05 \text{ та } y = 0,05$$

6. Обчислюємо кількість кислих солей:

$$n(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 2x = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 2y = 0,1 \text{ моль}$$

7. Обчислюємо масу розчину та масові частки кислих солей у ньому:

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{р-ну KOH}) + m(\text{P}_2\text{O}_5) + m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \cdot 1,07 + 0,1 \cdot 142 + 0,3 \cdot 18 = 233,6 \text{ г}$$

$$w(\text{KH}_2\text{PO}_4) = \frac{136 \cdot 0,1}{233,6} \times 100\% = 5,82\%$$

$$w(\text{K}_2\text{HPO}_4) = \frac{174 \cdot 0,1}{233,6} \times 100\% = 7,45\%$$

Відповідь: 5,82% KH_2PO_4 , 7,45% K_2HPO_4