

Харківська обласна хімічна олімпіада 2022 р.

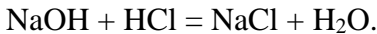
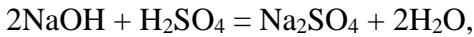
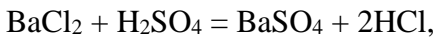
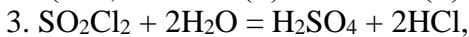
9 клас

Розв'язки

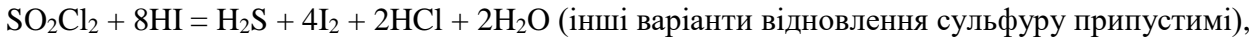
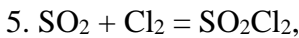
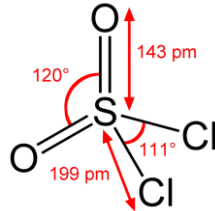
1. Гідроліз.

1. Аліквота – точно виміряна частина взятого для аналізу зразку, що зберігає його властивості.

2. Схоже, що одержаний осад – барій сульфат. Тоді його кількість становить $0.5835/233.39$ моль = 0.0025 моль, а кількість сульфату у вихідному розчині складає 0.0025×40 моль = 0.1 моль ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.05$ моль/л). Кількість NaOH становить $0.400 / 39.998$ моль = 0.01 моль, тому на розчин об'ємом 2 л витратили б 0.4 моль лугу. На нейтралізацію сульфатної кислоти кількістю 0.1 моль піде 0.2 моль лугу, а ще 0.2 моль лугу підуть на нейтралізацію іншої кислоти (кислот) у розчині. Вихідною сполукою **A** може бути $\text{SO}_2\text{Г}_2$ і тоді кількість НГ після розчинення у воді становитиме $n(\text{SO}_4^{2-}) \times 2 = 0.2$ моль. Молярну масу залишку Г можна знайти з вихідної маси сполуки **A**: $13.5 = 0.1 \times M(\text{SO}_2) + 0.2 \times M(\text{Г})$. Звідси $M(\text{Г}) = 35.47$ і це – хлор. **A** – SO_2Cl_2 .



4. Деформований тетраedr, атом сульфуру знаходиться у стані sp^3 -гібридизації:



2. Розклад. 1. При охолодженні нижче 100°C може сконденсуватися водяна пара. При зменшенні температури об'єм газу за постійного тиску також зменшується.

2. Дія лугу на сіль дає газ, а, отже, **A** може бути сіллю амонію, **B** – аміаком. Тоді:

$n(\text{NH}_3) = 0.015$ моль. Газом **B** (кількість якого 0.015 моль) може бути SO_2 , CO_2 і т.п. Сумарна кількість газів при термічному розкладі за температури 150°C становить:

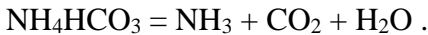
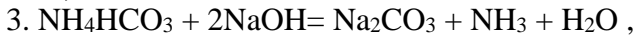
$n_r(150) = [273/(273 + 150)] \times 1.56/22.4$ моль = 0.045 моль. При охолодженні суміші з газової фази зникла вода. Кількість газів після охолодження:

$n_r(0) = 672/22.4 = 0.03$ (моль). Отже, кількість води

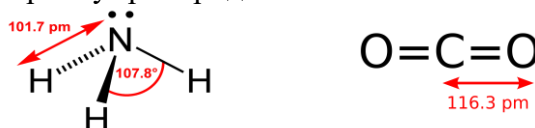
$n(\text{H}_2\text{O}) = 0.015$ моль. Таким чином, маса газу **B** дорівнює:

$$m(\text{B}) = m(\text{сіль}) - 0.015 \times M(\text{H}_2\text{O}) - 0.015 \times M(\text{NH}_3) = 1.185 - 0.015(18.016 + 17.025) = 0.659 \text{ (г)}.$$

$M(\text{B}) = 0.659/0.015$ г/моль = 44 г/моль. Очевидно, що **B** – CO_2 . **A** – NH_4HCO_3 , **B** – NH_3 .

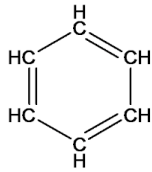


4. Молекула аміаку має пірамідальну будову, атом нітрогену sp^3 -гібридизований. Молекула карбон діоксиду лінійна, атом карбону sp -гібридизований:

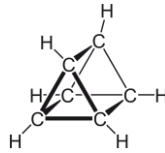


3. Вуглеводень. $n(\text{H}) = 7.7/1.008 = 7.7$, $n(\text{C}) = 92.3/12.01 = 7.69$, отже співвідношення буде 1:1. Тобто, мова йде про сполуку складу C_nH_n , а, з огляду на умову задачі, найімовірніше – C_6H_6 .

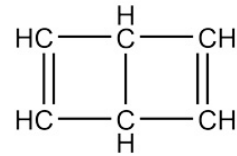
1–3. Структури сполук **X1**, **X2** та **X3** наведено нижче:



бензен Кекуле

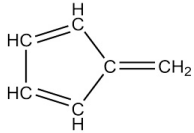
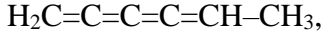
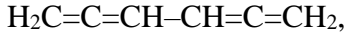
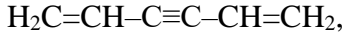
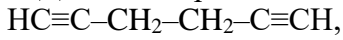


Призман, бензен Ладенбурга



бензен Дьюара

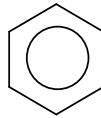
4. Деякі ізомери X:



Можливі й інші ізомери.

5. Найближче до істинної структури підійшов Кекуле.

6. До ароматичних сполук. У реальності в молекулі бензену нема послідовності подвійних та одинарних зв'язків. Усі 6 зв'язків рівні та є чимось посереднім за рахунок резонансу. Тому коректніше зображати молекулу бензену так:



4. АБВГД. 1. А – KCN, В – ClCN, С – KCNO (розклад: $4\text{KCNO} = 2\text{KCN} + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO} + \text{N}_2$), D – HCN, Е – $(\text{CN})_2$, F – CuCN або Cu_2CN_2 ($2\text{CuSO}_4 + 4\text{KCN} = (\text{CN})_2 + 2\text{CuCN} + 2\text{K}_2\text{SO}_4$), G – KOCN, H – HCNO, I – HOCN.

2. Таутомери речовини I: $\text{H}-\text{O}-\text{C}\equiv\text{N}$ та $\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$.

3. Речовину KCN використовують при виділенні золота з руд (ціанід – ліганд у стійких комплексах ауруму): $4\text{Au} + 8\text{KCN} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + 4\text{KOH}$. Зворотне використання: у гальванотехніці при нанесенні покриттів з благородних металів, зокрема золота (як компонент електроліту).

5. Еквівалент. 1. Пари масових часток такі: (46.68%, 53.32%); (36.35%, 63.65%); (30.45%, 69.55%). Припустимо, що 46.68% – масова частка кисню у сполуці В. Тоді для зразка речовини В масою 100 г кількість речовини еквіваленту дорівнює $(46.68/16)\times 2$ моль = 5.835 моль. Тоді $M_{\text{екв}}(\text{X}) = (53.32/5.835)$ г/моль = 9.14 г/моль. Складемо таблицю, враховуючи притаманні валентності елементів та нелеткість сполук:

Валентність	Атомна маса, г/моль	Елемент
1	9.14	–
2	18.28	–
3	27.42	–
4	35.56	Cl?
5	45.7	–
6	54.84	–
7	63.98	–
8	73.12	–

Маловірогідно.

Перевіримо друге припущення (53.32% – кисень). Аналогічно $n_{\text{екв}}(53.32/16)\times 2$ моль = 6.665 моль. Тоді $M_{\text{екв}}(\text{X}) = (46.68/6.665)$ г/моль = 7.00 г/моль. Складемо таблицю:

Валентність	Атомна маса, г/моль	Елемент
1	7.00	–
2	14.00	N!
3	21.00	–

4	28.00	Si?
5	35.00	–
6	42.00	–
7	49.00	–
8	56.00	–

Оскільки оксиди силіцію нелеткі, **X** – нітроген, **B** – NO.

Тоді для другої пари масових часток: $(36.35/14.01):(63.65/16) = 1:1.533$. Припущення невірне.

Навпаки $(63.65/14.01):(36.35/16) = 2:1$. **A** – NO₂.

Аналогічно **C** – N₂O.

2. Синтез NO₂: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_{3(\text{к})} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (лаб.),

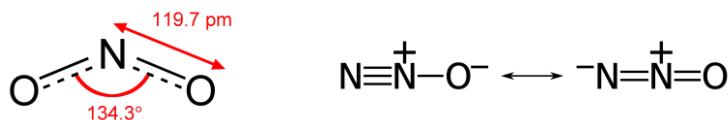
$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ (промисл.)

Синтез NO: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_{3(\text{р})} = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ (лаб.),

$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (каталітичне окиснення, промисл.),

Синтез N₂O: $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ (термічний розклад).

3. NO₂ – кутова молекула, sp²-гібридний атом нітрогену. N₂O – лінійна молекула, sp-гібридний атом нітрогену.



6. Змішай! 1. 26 г NaCl та 74 г води.

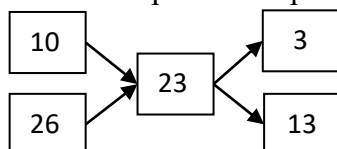
2. Маса води у кінцевому та вихідному розчинах однакова та складає 74 г. Це відповідає $74/0.8 = 92.5$ (г) вихідного розчину. Тобто, потрібно розчинити 7.5 г NaCl у 92.5 г 20%-ного водного розчину NaCl.

3. Маса 100 мл потрібного розчину складає 117 г, тоді маса NaCl у ньому дорівнює $117 \times 0.23 = 26.91$ г. Нехай маса 10%-ного водного розчину NaCl дорівнює m . Тоді маса 26%-ного водного розчину NaCl складає $(117 - m)$. Маса NaCl у кінцевому розчині складається з мас NaCl з 10%-ного та 26%-ного розчинів:

$0.1m + 0.26(117 - m) = 26.91$, звідки $m(10\%) = 21.94$ г, $m(26\%) = 95.06$ г. Тобто:

$V(10\%) = 21.94/1.07$ мл = 20.5 мл, $V(26\%) = 95.06/1.20$ мл = 79.2 мл.

Або за правилом хреста:



$$m(23\%) = 100 \times 1.17 = 117 \text{ (г)},$$

$$m(10\%) = 117 \times 3 / (3 + 13) = 21.94 \text{ (г)}, V(10\%) = 21.94 \times 1.07 = 20.5 \text{ (мл)},$$

$$m(26\%) = 117 \times 13 / (3 + 13) = 95.06 \text{ (г)}, V(26\%) = 95.06 \times 1.20 = 79.2 \text{ (мл)}.$$

4. Маса Na₂CO₃ у кінцевому розчині складає 10 г. Масова доля Na₂CO₃ у кристалогідраті Na₂CO₃·10H₂O складає $106/286 = 0.3706$. Тому слід узяти $10/0.3706$ г = 26.98 г кристалогідрату та 73.02 г води.

7. Завдання експериментального туру.

1. Розчини: 1 – KOH, 2 – Na₂CO₃, 3 – Al₂(SO₄)₃, 4 – KCl, 5 – NH₄NO₃.

2. б) $6\text{KOH} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$, $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{KOH} = \text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$,

$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_6^{3-}$.

в) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$,

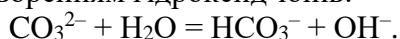
$2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2$.

г) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} = \text{NH}_3 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

3. KOH є сильною основою, яка у водному розчині повністю дисоціює з утворенням гідроксид-іонів:



Na₂CO₃ є сіллю сильної основи та слабкої кислоти. У розчині карбонат-аніон гідролізується з утворенням гідроксид-іонів:



4. рН = 12, отже $c(\text{OH}^-) = 10^{-2}$ моль/л, $c(\text{KOH}) = 0.01$ моль/л. Тоді 1 л розчину містить $56 \times 0.01 = 0.56$ (г). $\omega(\text{KOH}) = 0.056\%$.