

10 клас

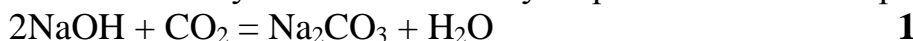
Задача 1 (8 балів)

Суміш водню, азоту та вуглекислого газу, об'ємом 3 л (н.у.) пропустили через надлишок розчину натрій гідроксиду, в результаті чого утворилося 9,2 г солі. Встановіть склад вихідної суміші (в об'ємних частках), якщо її густина складає 0,92 г/л.

Обчисліть об'єм озонованого кисню (н.у.) з вмістом озону 15 об. % необхідний для повного спалювання 5 л цієї суміші (пропускання продуктів згоряння через холодний розчин натрій гідроксиду призводить до часткового зменшення об'єму, а газоподібний залишок не містить Оксигену).

Розв'язок

При пропусканні вихідної газової суміші через розчин натрій гідроксиду поглинатиметься лише вуглекислий газ та утворюватиметься натрій карбонат:



Утворилось 9,2 г солі, що становить 0,087 моль, отже у вихідні суміші було стільки ж карбон(IV) оксиду, що відповідає 1,94 л CO_2 (або 0,65 за об'ємом).

З умови задачі легко порахувати молекулярну масу суміші:

$M = 0,92 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 20,61 \text{ г/моль}$. Припустимо що в суміші було x об'ємних часток водню, $1-x-0,65$ часток азоту та 0,65 часток карбон(IV) оксиду. Тоді молекулярну масу суміші можна виразити рівнянням:

$$2 \cdot x + (1-x-0,65) \cdot 28 + 0,65 \cdot 44 = 20,61.$$

$$2 \cdot x + 28 - 28x - 18,2 + 28,6 = 20,61.$$

$$-26x = 20,61 - 28,6 + 18,2 - 28$$

$$-26x = -17,79$$

З його розв'язку отримуємо значення $x = 0,68$. Тоді сума об'ємних часток компонентів суміші більша за 1, отже в чисельних умовах задачі розв'язок неможливий.

При спалюванні відбуватимуться наступні реакції

**Задача 2 (10 балів)**

Зразок чистого ферум сульфату масою 15,2 г розчинили у дистильованій воді. До розчину додали еквівалентну кількість купрум(II) сульфату. Осад, що утворився, відфільтрували та висушили. Фільтрат обережно випарували, залишок помістили в калориметр і нагріли. Газоподібні продукти розкладу повністю поглинулися надлишком розчину натрій гідроксиду.

- Визначте речовину, яка випала в осад при зливанні розчинів, обчисліть її масу. Обчисліть масу калій ціаніду, який треба використати для повного розчинення сухого осаду.
- Який склад залишку після висушування фільтрату? Обчисліть кількість енергії необхідної для його розкладу до оксидів. Відповідна реакція для 1 моля FeSO_4 потребує 148,6 кДж енергії, а $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – 1081 кДж.
- Напишіть рівняння реакції в калориметрі та обчисліть масу продукту, що утворився при взаємодії з лугом

10 клас

Розв'язок

1) В умові задачі не вказано валентний стан металу у вихідному зразку. Тому можливі варіанти – в наважці чисті FeSO_4 або $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (змішановалентні солі заліза не відомі).

Взаємодія з купрум(II) сульфатом з утворенням осаду спостерігається лише у випадку FeSO_4 :



Отже, наважка – чистий ферум(II) сульфат, $\nu(\text{FeSO}_4) = 15,2 \text{ г} / 152 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$;

2) В результаті реакції **1** утворюється: 0,05 моль осаду міді (3,18 г); 0,05 моль ферум(III) сульфату.

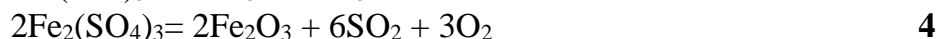
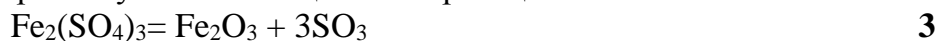
3) Мідь розчиняється в водному розчині згідно наступного рівняння



Отже необхідно 0,1 моль або 6,5 г калій ціаніду.

4) Використавши термохімічні дані, наведені в умові, обчислюємо кількість теплоти необхідну для розкладу ферум(III) сульфату: $Q = 0,05 \text{ моль} \cdot 1081 \text{ кДж/моль} = 54,05 \text{ кДж}$.

5) В калориметрі можуть мати місце кілька реакцій



б) Тому газоподібна суміш може містити як SO_3 так і SO_2 , O_2 . Проте в умові задачі сказано, що продукти поглинаються лугом повністю, тому має місце лише реакція **3**.

При цьому утворюється: 0,15 моль сульфур(IV) оксиду та, відповідно 0,15 моль натрій сульфату (21,31 г).

Задача 3 (16 балів)

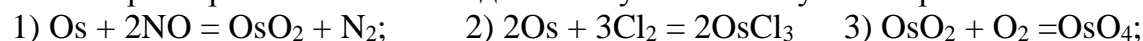
Під час прибирання в лабораторії лаборант знайшов сріблясто сірий металічний кубик з довжиною грані в 1 см. Його надзвичайно зацікавила досить велика вага предмету (22,6 г). Для визначення речовини **A**, з якої виготовлено кубик, лаборант спробував нагріти частину кубика в атмосфері нітроген(II) оксиду. При цьому утворився жовтувато-коричневий порошок **B**, який в присутності сухого кисню перетворюється в світло-жовті легкоплавкі кристали бінарної сполуки **D**, у якій обидва елементи проявляють максимальну валентність. Остання при розчиненні у дистильованій воді утворює сполуку **E**. При дії на речовину **A** хлору за незначного нагрівання утворюється бінарна жовтувато-коричнева сполука **C**, у якій один з елементів не проявляє максимальної валентності.

Розшифруйте речовини **A**, **B**, **C**, **D** та **E**. Напишіть рівняння відповідних реакцій та запропонуйте два способи одностадійного перетворення речовини **A** в сполуку **E**.

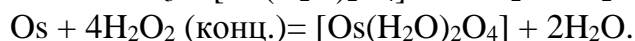
Розв'язок

A – Os; **B** – OsO_2 ; **C** – OsCl_3 ; **D** – OsO_4 ; **E** – $\text{Os}(\text{H}_2\text{O})_4\text{O}_4$

Перетворення описані в задачі описуються наступними рівняннями



Одностадійні перетворення речовини **A** в сполуку **E**:



Задача 4 (10 балів)

Деяку кількість глюкози розділили на дві частини у співвідношенні 1:2. Меншу частину окиснили аміачним розчином аргентум оксиду і добули осад масою 21,6 г.

10 клас

Задача 6 (13 балів)

Речовина **A** при окисненні в жорстких умовах утворює дві сполуки – **B** і **B**. Сполука **B** при подальшому окисненні утворює лише оцтову кислоту. За тих самих умов з сполуки **B** одержують оцтову кислоту і кислоту **Г** з молекулярною масою 102.

Знаючи, що **B** – кетон, який не містить фрагменту CH_3CO , визначте формули сполук **A**, **B**, **B** та **Г**, запишіть рівняння реакцій та вкажіть умови здійснення цих перетворень.

Розв'язок

1) Сполука **B** може бути лише оцтовим альдегідом CH_3CHO . Під час його окиснення утворюється оцтова кислота:

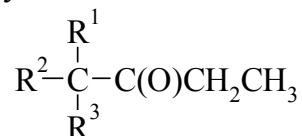


2) При окисненні в жорстких умовах (з використанням концентрованих розчинів окисників – калій перманганату, хромової кислоти, нітратної кислоти при нагріванні) кетону **B** утворюється оцтова кислота CH_3COOH ($M = 60$) і кислота RCOOH ($M = 102$).

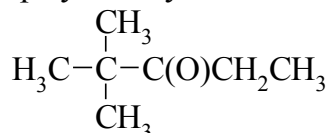
Як відомо, окиснення кетонів відбувається з розривом зв'язку $\text{C}-\text{C}$ біля карбонільної групи. У тому випадку, коли група CO відходить з найменшим радикалом, утворюючи оцтову кислоту, сполука **B** повинна мати формулу RCOCH_3 .

3) Однак відомо, що продукт **B** не містить фрагменту CH_3CO . Отже, **R** у кетоні **B** обов'язково повинен бути третинним радикалом, з боку якого окиснення практично не відбувається.

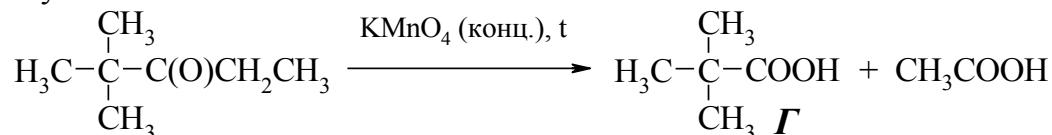
4) Звідси випливає, що будова сполуки **B** є такою:



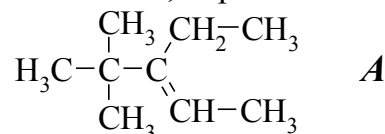
Оскільки $M = 102$, то єдина формула її буде:



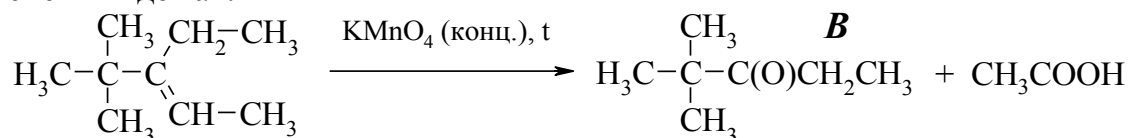
5) Окиснення сполуки **B** відбувається з розривом зв'язку $\text{C}-\text{C}$ між карбонільною і етильною групами. Розрив зв'язку $\text{C}-\text{C}$ між карбонільною і *трет*-бутильною групами відбувається значно важче і супроводжується також розривом зв'язків $\text{C}-\text{C}$ у третинному радикалі, що призводить до утворення більшої кількості сполук. Даний варіант окиснення тут не реалізується.



6) Отже, сполука **A** не може бути нічим іншим, окрім



7) Її окиснення йде так:



10 клас

Задача 7 (11 балів)

Електролізу з інертними графітовим електродами піддали 0,5 л розчину купрум сульфату (за температури 20°C), отриманого розчиненням 10 г мідного купоросу у воді. Тривалість електролізу становила 35 хв при силі струму електролізу 2 А. Напишіть сумарні (іонне та молекулярне) рівняння електролізу та окремі рівняння електродних процесів, що протікають на катоді та аноді.

Який був вихід за струмом катодної реакції, якщо електрорушійна сила гальванічного елемента, який складався з мідного електроду (стандартний потенціал мідного електроду становить 0,337 В), зануреного в гальванічний розчин після електролізу, та стандартного водневого електроду, становила 0,296 В?

Під час розрахунків вважайте, що коефіцієнт активності іонів Cu^{2+} дорівнює одиниці, а вихід за струмом анодної реакції становив 100%.

Розв'язок

1) На катоді (-): $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Cu}^0$;

На аноді (+): $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4e$;

Сумарні рівняння: $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{електроліз}} 2\text{Cu}^0 + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$;

$2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{електроліз}} 2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$.

2) $E_{\text{РС}} = E^{(+)} - E^{(-)} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0} - E_{\text{H}^+/\text{H}_2}$.

Потенціал стандартного водневого електроду дорівнює нулеві, тому:

$$E_{\text{РС}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0}^{\circ} + \frac{RT}{zF} \ln C_{\text{Cu}^{2+}} \gamma_{\text{Cu}^{2+}} = 0,337 + \frac{RT}{zF} \ln C_{\text{Cu}^{2+}}$$

3) Звідси: $\ln C_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{(E_{\text{РС}} - 0,337)zF}{RT} = \frac{(0,296 - 0,337)2 \cdot 96500}{8,314 \cdot (273 + 20)} = -3,248$.

$$C_{\text{Cu}^{2+}} = 0,0388 \text{ моль/л}$$

4) Рівняння Фарадея має вигляд: $\Delta m = \frac{QM}{zF}$ тобто $v = \frac{\Delta m}{M} = \frac{Q}{zF} = \frac{I\tau}{zF}$.

$v(\text{H}_2\text{O}, \text{розклалося}) = \frac{I\tau}{zF} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 60}{2 \cdot 96500} = 0,02176$ моль або 0,392 г, тобто зміною концентрації

розчину за рахунок розкладу води можна знехтувати.

5) Значить в розчині після електролізу залишилося:

$$v(\text{CuSO}_4) = 0,0388 \cdot 0,5 = 0,0194 \text{ моль сульфату.}$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль, } v_0(\text{CuSO}_4) = 10/250 = 0,04 \text{ моль/л.}$$

Отже, в результаті електролізу розклалося $0,04 - 0,0194 = 0,0206$ моль сульфату та виділилося стільки ж міді: $v_{\text{практи}}(\text{Cu}) = 0,0206$ моль.

6) Відповідно до рівняння Фарадея має теоретично виділитися:

$$v_{\text{теор}}(\text{Cu}) = \frac{I\tau}{zF} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 60}{2 \cdot 96500} = 0,02176 \text{ моль.}$$

7) Звідси вихід міді за струмом становить:

$$\eta = \frac{v_{\text{теор}}}{v_{\text{практи}}} 100\% = \frac{0,206}{0,2176} 100\% = 94,67\%$$