РОЗВ'ЯЗКИ ЗАВДАНЬ ДРУГОГО ТУРУ
Всеукраїнської олімпіади з хімії 2020 р.

1. Запишіть продукти і підберіть коефіцієнти рівнянь хімічних реакцій, використовуючи (де це потрібно) метод електронного балансу:

$Pb + HNO_{3(розв.)} \rightarrow Pb(NO_3)_2 + NO + ...;$

$MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + ...;$

$CuO + HNO_3 \rightarrow …;$

$CaCO_3 + HNO_3 \rightarrow ….$

(15 балів)

Розв'язок

1) $Pb + HNO_{3(розв.)} \rightarrow Pb(NO_3)_2 + NO + ...;$

$Pb + HNO_{3(розв.)} \rightarrow Pb(NO_3)_2 + NO + H_2O$

$Pb(0) - 2e^- = Pb(+2) \quad | \times 3$

$N(+5) + 3e^- = N(+2) \quad | \times 2$

$Pb + 2HNO_3 = 3Pb(NO_3)_2 + 2NO$

$3Pb + 8HNO_{3(розв.)} = 3Pb(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

2) $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + ...;$

$MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O;$

$Cl(-1) - e^- = Cl(0) \quad | \times 2$

$Mn(+4) + 2e^- = Mn(+2) \quad | \times 1$

$MnO_2 + 2HCl = MnCl_2 + Cl_2$

$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

3) $CuO + HNO_3 \rightarrow …;$

Не ОВР:

$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$

4) $CaCO_3 + HNO_3 \rightarrow …;$

$CaCO_3 + HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$

Не ОВР:

$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$

2. Складіть рівняння реакцій, які відповідають таким перетворенням:

$$S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4$$

Дайте назву зазначеним сполукам. До яких класів неорганічних сполук вони належать? **(15 балів)**

Розв'язок

$S + O_2 = SO_2$ (згоряння);
$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$;
$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HCl$
$(Na_2SO_3 + H_2O_2 = Na_2SO_4 + H_2O)$;
$Na_2SO_4 + H_2SO_4 = 2NaHSO_4$.

Назви речовин:

S	сірка	проста речовина
SO_2	сульфур (IV) оксид	оксид (солетворний)
Na_2SO_3	натрій сульфіт	сіль
Na_2SO_4	натрій сульфат	сіль
$NaHSO_4$	натрій гідросульфіт	кисла сіль

3. Який об'єм амоніаку, що виміряний за нормальних умов, знадобиться для повної нейтралізації розчину об'ємом 20 мл з масовою часткою сульфатної кислоти 3 % та густиною 1.02 г/мл? У результаті реакції утворюється сульфат амонію.

(15 балів)

Розв'язок

Взаємодія амоніаку з сульфатною кислотою відбувається за наступною реакцією:

$$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4.$$

Розрахуємо кількість речовини сульфатної кислоти, що необхідно для реакції з амоніаком:

З рівняння хімічної реакції видно, що кількості речовини амоніаку та сульфатної кислоти співвідносяться наступним чином:

$$n_{NH_3} = 2n_{H_2SO_4} = 2 \cdot 0.006 = 0.012(\text{моль}).$$

Тоді за нормальних умов для повної нейтралізації розчину сульфатної кислоти знадобиться наступний об'єм амоніаку:

4. Над розпеченим порошком оксиду Феруму (II) пропускають водень, в результаті чого відбувається часткове відновлення металу:

$$FeO_{(тв.)} + H_{2(г.)} \rightleftarrows Fe_{(тв.)} + H_2O_{(г.)} \qquad (\Delta H > 0)$$

Чи призведуть до зсуву рівноваги в бік продуктів реакції наступні дії: а) зменшення тиску, б) підвищення температури, в) подрібнення FeO? **(10 балів)**

Розв'язок

а) Реакція перебігає без зміни кількості газоподібних речовин, тому зміна тиску не вплине на стан рівноваги.

б) Реакція є ендотермічною (оскільки $\Delta H > 0$), тому підвищення температури призведе до зсуву рівноваги в бік продуктів реакції.

в) Подрібнення реагентів не впливає на стан рівноваги, а лише прискорює її встановлення.

5. У керамічному тиглі змішали 20 г подрібненого цинку і стехіометричну кількість сірки, а потім підпалили. Розрахуйте кількість теплоти, що виділиться у процесі згоряння, якщо тепловий ефект реакції Zn + S = ZnS складає ΔH= −201 кДж/моль. **(5 балів)**

Розв'язок

Розрахуємо кількість речовини цинку:

$$n(\mathrm{Zn}) = m(\mathrm{Zn}) / M(\mathrm{Zn}) = 20\ \text{г} / 65\ \text{г/моль} = 0.308\ (\text{моль})$$

Кількість речовини сірки є такою самою, оскільки сірка взята у стехіометричній кількості. Як наслідок, прореагують по 0.308 моль компонентів. Тому тепловий ефект реакції:

$$\Delta H = 0.308\ \text{моль} \cdot (-201\ \text{кДж/моль}) = -61.9\ \text{кДж}.$$

Або кількість теплоти, що виділиться під час реакції, дорівнює 61.9 кДж.

6. При повному згорянні вуглеводню, відносна густина якого за азотом дорівнює 3, виділилося 4.4 г вуглекислого газу та 1.8 г води. Визначте структуру вуглеводню, якщо відомо, що він не знебарвлює бромну воду. **(15 балів)**

Розв'язок

Рівняння реакції згоряння вуглеводню:

$$\mathrm{C}_x\mathrm{H}_y + z\mathrm{O}_2 \rightarrow x\mathrm{CO}_2 + \frac{y}{2}\mathrm{H}_2\mathrm{O}\,.$$

Кількість речовини вуглекислого газу – $n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} = \frac{4.4}{44} = 0.1(\text{моль})$. Кількість речовини води $n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{1.8}{18} = 0.1(\text{моль})$.

Виходячи з стехіометрії, отримуємо, що $x = \frac{y}{2}$. Тоді x в два рази менше, ніж y, а, відповідно, загальна формула вуглеводню $\mathrm{C_vH_{2v}}$. Тоді вуглеводень належить до класу алкенів або циклоалканів.

Виходячи з густини за азотом, молярна маса вуглеводню дорівнює:

$$M_{C_\nu H_{2\nu}} = 3 \cdot M_{N_2} = 3 \cdot 28 = 84(^{г}/_{моль}).$$

Виходячи з молярної маси та загальної формули, отримаємо молекулярну формулу вуглеводню:

$$12\nu + 2\nu = 84,$$

$$14\nu = 84,$$

$$\nu = 6.$$

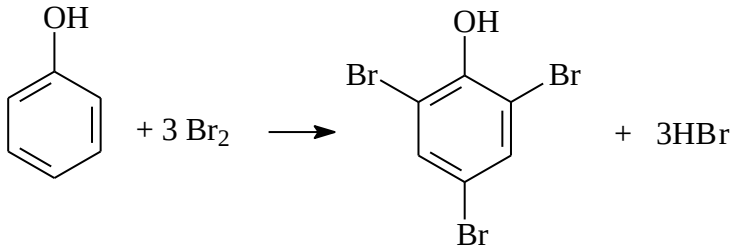
Формула вуглеводню C_6H_{12}.

Відповідно до формули C_6H_{12} можливі варіанти: гексен, циклогексан або інші моноциклічні циклоалкани, що містять 6 атомів Вуглецю. Виходячи з умов задачі, невідомий вуглеводень не реагує з бромною водою, а відповідно, не містить кратних зв'язків. Відповідно, вуглеводень – це будь-який моноциклічний циклоалкан. Відповідь «циклогексан» є прийнятною, але із зазначенням існування його циклічних ізомерів.

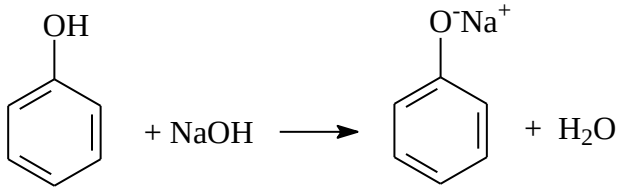
7. Кристалічна речовина з молекулярною формулою C_6H_6O знебарвлює бромну воду та добре розчиняється у водному розчині лугу. Назвіть цю речовину, напишіть її структурну формулу та рівняння зазначених реакцій. **(10 балів)**

Розв'язок

Ця речовина – фенол:



фенол 2,4,6-трибромфенол



фенол натрій фенолят

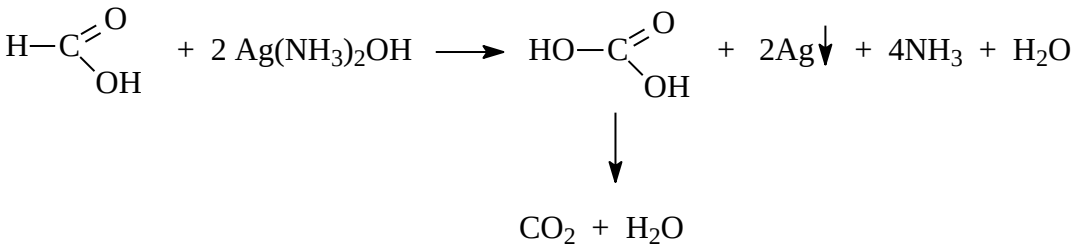
8. Які з чотирьох речовин (***а***, ***б***, ***в***, ***г***) будуть реагувати з: 1) водно-аміачним розчином аргентум оксиду $[Ag(NH_3)_2]OH$; 2) хлороводнем? Напишіть структурні формули сполук (***а***, ***б***, ***в***, ***г***) та рівняння реакцій, які перебігають.

а – метанова кислота, ***б*** – пропаналь, ***в*** – 1-бутин, ***г*** – 2-бутин. **(15 балів)**

Розв'язок

1) З аміачним розчином оксиду срібла $Ag(NH_3)_2OH$ будуть реагувати речовини ***а***, ***б***, ***в***:

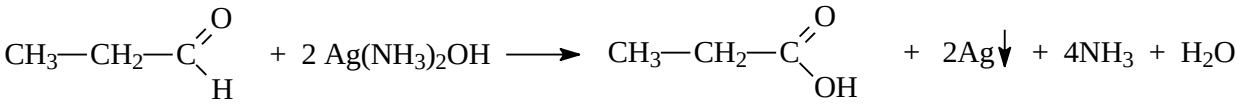
а– метанова (мурашина) кислота:



$$H-C(=O)-OH + 2\,Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow HO-C(=O)-OH + 2Ag\downarrow + 4NH_3 + H_2O$$

$$HO-C(=O)-OH \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

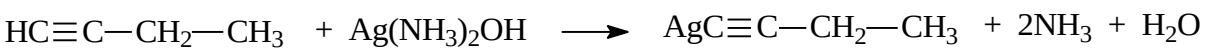
б – пропаналь (пропіоновий альдегід):



$$CH_3-CH_2-C(=O)-H + 2\,Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow CH_3-CH_2-C(=O)-OH + 2Ag\downarrow + 4NH_3 + H_2O$$

пропаналь — пропанова (пропіонова) кислота

в – 1-бутин:

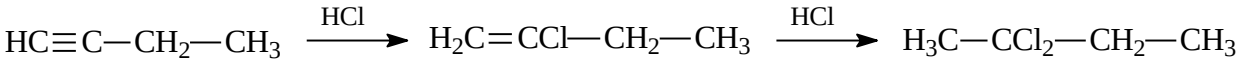


$$HC\equiv C-CH_2-CH_3 + Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow AgC\equiv C-CH_2-CH_3 + 2NH_3 + H_2O$$

1 – бутин

2) З хлороводнем будуть реагувати сполуки ***в*** та ***г***:

в – 1-бутин:



$$HC\equiv C-CH_2-CH_3 \xrightarrow{HCl} H_2C=CCl-CH_2-CH_3 \xrightarrow{HCl} H_3C-CCl_2-CH_2-CH_3$$

1- бутин — 2-хлоро-1-бутен — 2,2-діхлоробутан

г – 2-бутин:

$$CH_3-C\equiv C-CH_3 \xrightarrow{HCl} CH_3-CH=CCl-CH_3 \xrightarrow{HCl} CH_3-CH_2-CCl_2-CH_3$$

2- бутин — 2-хлоро-2-бутен — 2,2-діхлоробутан