

Розв'язки завдань
III-го етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2017-2018 навчальний рік
Теоретичний тур

Задача 1. (9 балів)

Відомо, що об'ємна частка кисню у суміші двох газів така ж сама, як об'ємна частка кисню у повітрі і, що ця суміш є легшою за повітря у 3,02 рази.

А Установіть якісний склад газової суміші та масові частки її компонентів.

Б Зазначте назву цієї суміші та вкажіть дві основні галузі її застосування.

Розв'язок

1. $M(\text{сум.}) = M(\text{пов.}) \times 3,02 = 29 \text{ г/моль} : 3,02 = 9,6 \text{ г/моль.}$

2. $\varphi(\text{газу}) = 1 - 0,2 = 0,8$

3. Нехай x – молярна маса невідомого газу, тоді

$$32 \cdot 0,2 + x \cdot 0,8 = 9,6$$

$$6,4 + 0,8x = 9,6$$

$$0,8x = 3,2$$

$$x = 4$$

Отже, невідомий газ – He

4. $w(O_2) = \frac{m(O_2)}{m(\text{суміші})} = \frac{6,4\text{г}}{9,6\text{г}} = 0,667$,або 66,7%; $w(\text{He}) = 100\% - 66,7\% = 33,3\%$

5. Газову суміш називають «гелієве повітря».

6. Гелієве повітря дають хворим при розладах дихання і деяких операціях. Воно знімає задухи, лікує бронхіальну астму та захворювання гортані. Оскільки «гелієве повітря» втричі легше і набагато більш рухливе за звичайне повітря, воно активніше поводить себе в легенях – швидко підводить кисень і швидко відводить вуглекислий газ. Також «гелієве повітря» застосовують у водолазних роботах. Дихання «гелієвим повітрям» практично виключає азотну емболію (кесонну хворобу), якої при переході від підвищеного тиску до нормального схильні водолази і фахівці інших професій, робота яких проходить в умовах підвищеного тиску. Причина цієї хвороби – досить значна, особливо при підвищеному тиску, розчинність азоту в крові. У міру зменшення тиску він виділяється у вигляді газових бульбашок, які можуть закупорити кровоносні судини, пошкодити нервові вузли. На відміну від азоту, гелій практично не розчиняється у рідинах організму, тому він не може бути причиною кесонної хвороби. До того ж «гелієве повітря» виключає виникнення «азотного наркозу», зовні схожого із алкогольним сп'янінням.

Відповідь: «гелієве повітря» містить 20% кисню та 80% гелію, масова частка кисню 66,7%, а гелію – 33,3%.

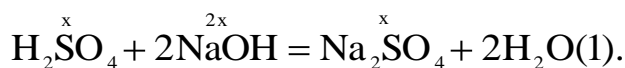
Задача 2. (10 балів)

Для повної нейтралізації розчину, з однаковим умістом сульфатної та ортофосфатної кислот, знадобилося 4 г натрій гідроксиду. До утвореної суміші додали надлишок розчину магній нітрату.

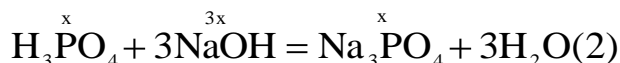
А Напишіть рівняння реакцій, про які сказано в умові задачі. Назвіть продукти реакцій.

Б Обчисліть масу утвореного осаду.

Розв'язок



1.



2. Оскільки вміст кислот однаковий, то їх маси у розчині також однакові. Оскільки $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4)$, то $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4)$.

3. Нехай x моль – кількість речовини H_2SO_4 та кількість речовини H_3PO_4 , тоді $n(\text{NaOH})_1 = 2x$, $n(\text{NaOH})_2 = 3x$.

$$4. \quad n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{4\text{г}}{40\text{г/моль}} = 0,1\text{моль}$$

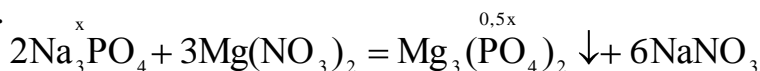
$$2x + 3x = 0,1$$

$$x = 0,02$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,02 \text{ моль}$$

$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$ реакція не відбувається;

5.



$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,02 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2) = 0,5n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,5 \cdot 0,02 \text{ моль} = 0,01 \text{ моль}$$

$$6. \quad m(\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2) = n \cdot M = 0,01\text{моль} \cdot 262\text{г/моль} = 2,62\text{г}.$$

Відповідь: $m(\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2) = 2,62 \text{ г}$

Задача 3. (12 балів)

При взаємодії деякого оксиду Феруму масою 6,96 г з чадним газом утворилося залізо та вуглекислий газ, який за н.у. займає об'єм 2,688 л.

А Установіть формулу оксиду Феруму, наведіть його можливі назви.

Б Складіть рівняння реакцій одержання такого оксиду реакцією сполучення та реакцією заміщення, а також рівняння взаємодії цього оксиду із хлоридною кислотою.

Розв'язок



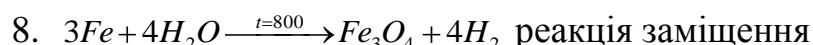
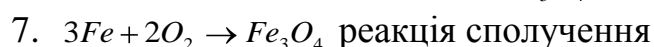
$$2. \quad n(\text{CO}) = n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{2,688\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,12\text{моль} \Rightarrow n(\text{O})_{\text{Fe}_x\text{O}_y} = 0,12\text{моль}.$$

$$3. \quad m(\text{O}) = 0,12\text{моль} \cdot 16\text{г/моль} = 1,92 \text{ г}$$

$$4. \quad m(\text{Fe}) = m(\text{Fe}_x\text{O}_y) - m(\text{O}) = 6,96\text{г} - 1,92 \text{ г} = 5,04 \text{ г}$$

$$5. \quad n(\text{Fe}) = \frac{m}{M} = \frac{5,04\text{г}}{56\text{г/моль}} = 0,09\text{моль}$$

$$6. \quad n(\text{Fe}):n(\text{O}) = 0,09:0,12 = 3:4 \Rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ ферум(II,III) оксид, залізна ожарина}$$



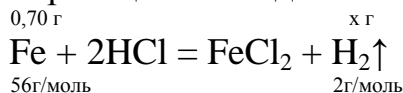
Відповідь: Fe_3O_4

Задача 4. (12 балів)

На шальках терезів перебувають у рівновазі однакові посудини, у кожену з яких налито по 100 г одного й того самого розчину хлоридної кислоти. В одну посудину додали 0,70 г порошку заліза. Визначте, яку масу алюмінію потрібно додати у другу посудину, щоби після повного розчинення обох металів у кислоті терези знову були в рівновазі.

Розв'язок

1. Складаємо рівняння хімічної реакції взаємодії заліза з розчином HCl:



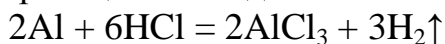
$$n(\text{Fe}) = 0,70 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0,0125 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 0,0125 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2) = nM = 0,0125 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,025 \text{ г}$$

Отже, $m(\text{посудини } 1)$ збільшилася на $\Delta m(\text{посудини } 1) = 0,70 \text{ г} - 0,025 \text{ г} = 0,675 \text{ г}$, тому $\Delta m(\text{посудини } 2)$ з алюмінієм також становитиме 0,675 г.

2. Складаємо рівняння реакції взаємодії алюмінію із хлоридною кислотою:



Спосіб розв'язку 1

$$m(\text{Al}) = nM = 2 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 54 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2) = nM = 3 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 6 \text{ г}$$

$$\Delta m(\text{посудини } 2) = 54 \text{ г} - 6 \text{ г} = 48 \text{ г}$$

Складаємо пропорцію: якщо додати 54 г Al, то маса другої склянки збільшиться на 48 г:

$$54 \text{ г Al} - \Delta m 48 \text{ г}$$

$$x \text{ г Al} - \Delta m 0,675 \text{ г}$$

$$x = 0,67 \cdot 54 \text{ г} / 48 \text{ г} = 0,76 \text{ г} - \text{таку масу алюмінію потрібно додати у другу склянку.}$$

Спосіб розв'язку 2

Нехай у другу посудину додали x моль алюмінію, тоді виділилося $1,5x$ моль водню.

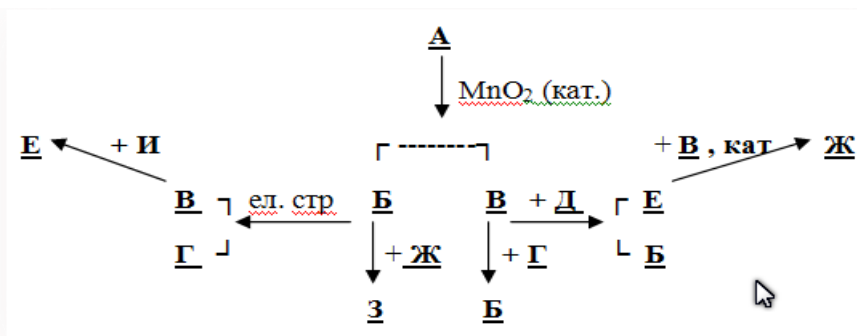
$$m(\text{Al}) = nM = 27x, m(\text{H}_2) = nM = 2 \cdot 1,5x = 3x$$

$$\Delta m(\text{посудини } 2) = 27x - 3x = 0,675, \text{ звідки } x = 0,76 \text{ (г).}$$

Відповідь: 0,76 г Al

Задача 5. (12 балів)

Дана схема перетворень:



Умови: A, B, V, G, D, E, Zh, Z, I – формули речовин; A, B, D, E, Zh – бінарні сполуки. A та B – мають однаковий якісний склад; E та Zh – мають однаковий якісний склад; A та D – мають однакову відносну молекулярну масу; B є одним з

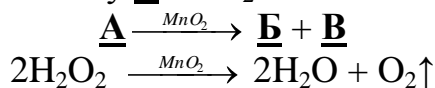
реагентів, а В – один з продуктів реакції фотосинтезу; Б – рідина, найважливіший розчинник; у Е масова частка Сульфуру 50%.

Ідентифікуйте речовини і напишіть рівняння відповідних реакцій.

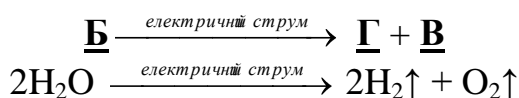
Розв'язок

Б – рідина, найпоширеніший розчинник і реагент у процесі фотосинтезу. Отже Б – вода (H_2O). Речовина, що має такий самий якісний склад, як і вода, є гідроген пероксидом. Отже А – H_2O_2 .

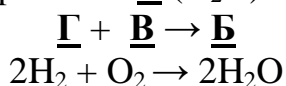
Гідроген пероксид у присутності MnO_2 розкладається на воду (Б) та кисень, що є одним з продуктів фотосинтезу $\text{В} \rightarrow \text{O}_2$



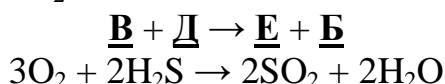
При пропусканні постійного електричного струму вода (Б) розкладається на водень (Г) та кисень (В)



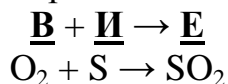
При згорянні Г (H_2) у В (O_2) утворюється Б (H_2O)



Д – сульфурвмісна сполука, бо при взаємодії з киснем вона утворює воду і сполуку, що містить 50% Сульфуру. $\text{Mr}(\text{Д}) = \text{Mr}(\text{А}) = 34$. Таку умову задовольняє гідроген сульфід, отже Д – H_2S , а Е – SO_2 .

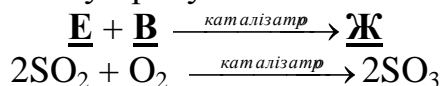


Кисень утворює SO_2 при взаємодії з сіркою:



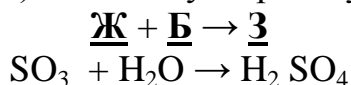
И $\rightarrow \text{S}$

Сульфур(IV) оксид окиснюється у присутності каталізатора до сульфур(VI) оксиду:



Ж $\rightarrow \text{SO}_3$

Вода при взаємодії з сульфур(VI) оксидом утворює сульфатну кислоту:



Задача 6. (14 балів)

Елемент А, розміщений у третьому періоді періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва, утворює з елементом Х сполуку AX_3 , а з елементом Y – сполуку AY_5 . Елементи Х і Y утворюють сполуку XY, розчин якої забарвлює лакмус у червоний колір. Якщо доливати до XY розчин аргентум нітрату, випадає білий осад, що містить 75,27% Аргентуму.

А Визначте елементи А, Х, Y.

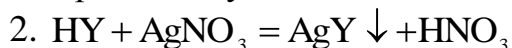
Б Складіть формули простих сполук елементів (А, Х, Y) молекулярної будови та складних сполук (XY, AX_3 , AY_5), укажіть типи хімічного зв'язку в них.

В Складіть електронну формулу елемента А і графічні формули сполук AX_3 , AY_5 . Опишіть їх просторову будову в зв'язку з типом гібридизації

центрального атома. (Врахуйте, що всі формули сполук наведені з індексами).

Розв'язок

А 1. У червоний колір фіолетовий лакмус забарвлює кислота, отже водний розчин бінарної сполуки ХУ є кислотою. Елемент Х – Гідроген Н.



$$w(\text{Ag})_{\text{AgY}} = \frac{Ar(\text{Ag})}{Mr(\text{AgY})} \Rightarrow Mr(\text{AgY}) = \frac{Ar(\text{Ag})}{w(\text{Ag})_{\text{AgY}}} = \frac{108}{0,7527} = 143,5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Ar(\text{Y}) = 143,5 - 108 = 35,5 \Rightarrow \text{Y} = \text{Cl}$$

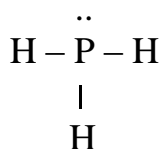
3. Елемент третього періоду, здатний утворювати із Хлором сполуки складу ACl_3 та ACl_5 , – це Фосфор Р.

Б 4. Формули простих сполук А – P_4 , білий фосфор; Х – H_2 , Y – Cl_2 , тип зв'язку у молекулах – ковалентний неполярний.

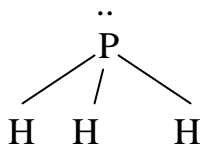
5. AX_3 – PH_3 , AY_5 – PCl_5 , XY – HCl , тип зв'язку в молекулах – ковалентний полярний.

6. Електронна формула Р – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

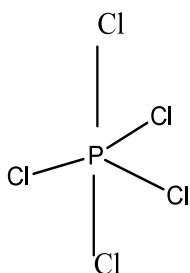
В 7. Графічна формула PH_3 :



Просторова будова молекули PCl_3 – піраміда, тип гібридизації атома Фосфору – sp^3 , атом Фосфору має неподілену електронну пару.



8. Просторова будова молекули PCl_5 – тригональна біпіраміда, тип гібридизації атома Фосфору – sp^3d , атом Фосфору не має неподіленої електронної пари.



Відповідь: формули простих сполук А – P_4 , білий фосфор; Х – H_2 , Y – Cl_2 , AX_3 – PCl_3 , AY_5 – PCl_5 , XY – HCl .