

Завдання з розв'язками
II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з хімії
2017-2018 н.р.
10 клас

Завдання 1. Тести (6 балів: 1, 2, 3 – по 2 бали)

1. Уміст Купруму в земній корі набагато менший, ніж Феруму. Тим не менш, людство почало використовувати мідь значно раніше за залізо. Укажіть причину, з якою це може бути пов'язано.

- А для добування заліза потрібні печі з більш високою температурою
Б купрум трапляється у природі у складі більш концентрованих руд
В для добування заліза потрібні були реагенти, невідомі у давні часи
Г добування заліза неможливе без добування міді
Д мідь можна добути при звичайному спалюванні коксу у присутності мідної руди

А	+
Б	
В	
Г	
Д	

Відповідь А. Уміст Купруму в земній корі значно менший ніж Феруму. Але людство вперше знайшло саморідну мідь. Завдяки значно меншій за залізо хімічній активності мідь може траплятися у природі в самородному стані, крім того для відновлення міді з руди потрібно значно менша температура полум'я. Самородне залізо в природі трапляється не може завдяки високій хімічній активності. Залізні корольки можуть траплятися тільки космічного походження – це осколки залізних метеоритів, що впали на Землю. Для відновлення заліза з руди потрібна значно вища температура полум'я, отже людство почало виплавляти залізо тільки після того, як винайшло печі з необхідною температурою полум'я.

2. Воднева енергетика – один з найперспективніших і екологічно безпечніших способів добування енергії. Однак, серйозною перешкодою для її розвитку є проблема зберігання водню і заправка водневих паливних елементів. Оцініть, який з наведених способів зберігання водню є найперспективнішим і найбезпечнішим.

- А у вигляді розчинів водню в паладії чи платині
Б зріджений водень заправляється в бак, що є посудиною Д'юара
В водень виділяється з повітря спеціальними методами очистки
Г водень добувається безпосередньо в автомобілі електролізом води
Д зріджений водень заправляється в бак, як у звичайних сучасних автомобілях

А	+
Б	
В	
Г	
Д	

Відповідь А. Водень – дуже легкий газ, з дуже маленькою густиною (як у газуватому, так і у рідкому стані). Крім того, його молекулу занадто маленькі й можуть проникати крізь стінки більшості матеріалів, оскільки відстань між молекулами в сучасних матеріалах порівняна з розміром молекул водню. Отже, проблема зберігання тривалий час – дуже актуальна. До того ж водень – дуже вогнебезпечний газ, і зберігати його у звичайних баках вкрай небезпечно, тому варіанти Б та В неправильні. Добувати водень безпосередньо в автомобілі електролізом (варіант Г) також невигідно, оскільки на електроліз витрачається енергії більше, ніж потім виділиться при згорянні водню, і такий автомобіль не зрушить з місця. Варіант Д також неправильний, оскільки водню в атмосфері не міститься. Але водень досить добре розчиняється в деяких металах. Наприклад, паладій об'ємом 1 л розчиняє 850 л водню і такий розчин лишається твердим, отже, його легко транспортувати і використовувати. Щоб виділити водень, такий розчин досить трохи підігріти.

3. Для харчування людини вкрай важливо хоча б іноді вживати гарячу їжу. Людям, що перебувають далеко від цивілізації, буває важко організувати гаряче харчування, особливо в умовах неможливості розведення багаття. Для цього вже майже 20 років випускають спеціальні саморозігрівні консерви. Принцип їхньої дії полягає в тому, що в нижній частині консервної банки є дві ємності з хімічними речовинами. У певний момент, при вилученні чеки, ці речовини змішуються, і виділяється велика кількість теплоти, що призводить до розігрівання вмісту консервної банки. Відмітьте хімічні речовини, які можна безпечно використовувати в таких консервах для розігріву вмісту.

- А сульфатна кислота й вода
- Б сульфатна кислота й калій гідроксид
- В калій і вода
- Г негашене вапно й вода
- Д вапняк і хлоридна кислота

А	
Б	
В	
Г	+
Д	

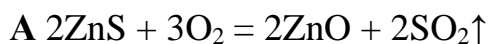
Відповідь Г. При змішуванні всіх наведених пар речовин виділяється велика кількість теплоти. Але для виробництва саморозігрівних ще має значення безпечність їх зберігання. Оскільки зазвичай консерви виготовляються із залізної жерсті, то її вміст не має з ним взаємодіяти, чого не можна сказати про сульфатну та хлоридну кислоти або калій. Отже, для розігрівання консервів використовують реакцію кальцій оксиду (негашеного вапна) з водою.

Задача 2. (8 балів)

При спалюванні 2 т одного з компонентів гайської руди (цинк сульфід), що містить 3% негорючих домішок, утворився сірчистий газ, що забруднює атмосферу міста.

- А Обчисліть об'єм утвореного газу.
- Б Напишіть ряд хімічних перетворень сірчистого газу, що ведуть до утворення кислотних опадів. У чому полягає небезпечний вплив кислотних дощів?
- В Запропонуйте один із ефективних способів знешкодження сірчистого газу та проілюструйте його записом відповідного рівняння реакції.

Розв'язок

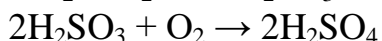
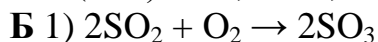


$$m(\text{ZnS}) = 2000 \cdot 0,97 = 1940 \text{ кг}$$

$$n(\text{ZnS}) = 1940 \text{ кг} : 87 \text{ кг/кмоль} = 22,3 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{SO}_2) = n(\text{ZnS}) = 22,3 \text{ кмоль}$$

$$V(\text{SO}_2) = 22,4 \cdot 22,3 = 499,5 \text{ м}^3$$



Аерозолі сульфатної і сульфітної кислот приводять до конденсації водяної пари в атмосфері стають причиною опадів (дощі, тумани тощо).

Кислоти осідаючи на листках дерев, траві пропалюють листову пластинку, що призводить до загибелі зелених насаджень; затиснення ґрунтів, що призводить до знищення культурних рослин; збільшується розчинність сполук важких металів, що призводить до руйнування будівельних споруд, пам'ятників тощо.

В (Учасник олімпіади може запропонувати будь-який з варіантів)

Шляхи утилізації сульфур(IV) оксиду:

1. Класичний процес Клауса: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
2. Поглинання вапняком: $2\text{CaCO}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 3\text{CaSO}_4\downarrow + 2\text{CO}_2\uparrow$
3. Аміачний спосіб: $\text{SO}_2 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4\text{HSO}_3$
 $2\text{NH}_4\text{HSO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 = 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$

Відповідь: $V(\text{SO}_2) = 499,5 \text{ м}^3$.

Задача 3. (10 балів)

У наслідок розкладу 8 г амоній нітрату утворилась вода й виділився нітроген(I) оксид. Таку саму кількість нітроген(I) оксиду було отримано внаслідок розчинення 16 г невідомого металу в 60%-му розчині нітратної кислоти ($\rho = 1,37 \text{ г/см}^3$), при цьому утворилася сіль $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$.

А Визначте метал.

Б Обчисліть об'єм розчину HNO_3 .

В Обчисліть кількість речовини солі, яку можна отримати, якщо вихідну наважку металу обробили водою й крізь утворений розчин пропустили надлишок CO_2 ?

Розв'язок

А 1. Обчислюємо кількість речовини амоній нітрату:

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = m(\text{NH}_4\text{NO}_3) / M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 8 \text{ г} / 80 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$$

2. Обчислюємо кількість речовини N_2O за рівнянням реакції розкладу амоній нітрату:



$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{N}_2\text{O}) = 0,1 \text{ моль}$$

3. За умовою задачі така сама кількість речовини N_2O утворилася в результаті реакції металу із нітратною кислотою. Складаємо рівняння реакції.



1. Обчислюємо кількості речовин металу та нітратної кислоти.

$$n(\text{Me}) = 4n(\text{N}_2\text{O}) = 4 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = 10n(\text{N}_2\text{O}) = 10 \cdot 0,1 \text{ моль} = 1 \text{ моль}$$

2. Обчислюємо молярну масу металу й визначаємо його.

$$M(\text{Me}) = m(\text{Me}) / n(\text{Me}) = 16 \text{ г} / 0,4 \text{ г/моль} = 40 \text{ г/моль}$$

Отже, невідомий метал – кальцій (Ca).

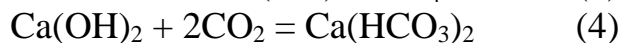
3. Обчислюємо об'єм розчину нітратної кислоти.

$$V_{\text{р-ну}}(\text{HNO}_3) = m_{\text{р-ну}} / \rho_{\text{р-ну}} = m(\text{HNO}_3) / w(\text{HNO}_3) \cdot \rho_{\text{р-ну}}(\text{HNO}_3)$$

$$V_{\text{р-ну}}(\text{HNO}_3) = n(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{HNO}_3) / w(\text{HNO}_3) \cdot \rho_{\text{р-ну}}(\text{HNO}_3)$$

$$V_{\text{р-ну}}(\text{HNO}_3) = 1 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} / 0,6 \cdot 1,37 \text{ г/мл} = 76,64 \text{ мл}$$

4. Якщо вихідну наважку металу обробили водою й крізь утворений розчин пропустили надлишок CO_2 , то відбудуться реакції:



Відповідно до рівнянь реакцій (3) та (4), кількість речовини утвореної кислої солі становитиме 0,4 моль.

Відповідь: Кальцій; 76,64 мл розчину HNO_3 ; 0,4 моль $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Задача 4. (10 балів)

Стрімкий розвиток алюмінієвої промисловості останнім часом пояснюється позитивними властивостями і порівняно низькою вартістю цього металу. Унаслідок дії хлоридної кислоти на 5,5 г суміші алюмінію та заліза виділилося 4,48 л водню (н.у.).

А Обчисліть масовий склад вихідної суміші металів.

Б Обчисліть масову частку кожного металу в суміші.

В Складіть можливі рівняння реакцій цієї суміші з розчинами наступних речовин:
 CaCl_2 , NaOH , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

Розв'язок

А 1. Складаємо відповідні рівняння реакцій:



2. Припустимо, що в суміші x моль Al , тоді його маса $27x$,
 y моль Fe , тоді його маса $27y$.

3. Обчислюємо кількість речовини водню, що утворився під час обох реакцій.

$$n(\text{H}_2) = 4,48/22,4 = 0,2 \text{ (моль)}$$

4. Складаємо систему алгебраїчних рівнянь з одним невідомим:

$$\begin{cases} 27x + 56y = 5,5 \\ 1,5x + y = 0,2 \end{cases}$$

Розв'язавши систему алгебраїчних рівнянь, одержимо: $x = 0,1$ моль, $y = 0,05$ моль.

5. Обчислюємо маси металів:

$$m(\text{Al}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 27 \text{ г/моль} = 2,7 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}) = 0,05 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 2,8 \text{ г}$$

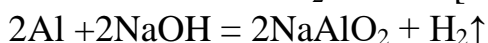
Б 6. Обчислюємо масові частки Al та Fe у вихідній суміші:

$$\omega(\text{Al}) = \frac{2,7\text{г}}{5,5\text{г}} = 0,49 \cdot 100\% = 49\% \quad \omega(\text{Fe}) = \frac{2,8\text{г}}{5,5\text{г}} = 0,51 \cdot 100\% = 51\%$$

В 1) $\text{Al} + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ не можлива

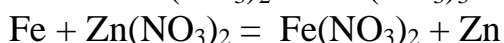
$\text{Fe} + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ не можлива

2) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow$ або під час прожарювання



$\text{Fe} + \text{NaOH} \rightarrow$ не можлива

3) $2\text{Al} + 3\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{Zn}$



Відповідь: $m(\text{Fe}) = 2,8 \text{ г (51\%)}$, $m(\text{Al}) = 2,7 \text{ г (49\%)}$.

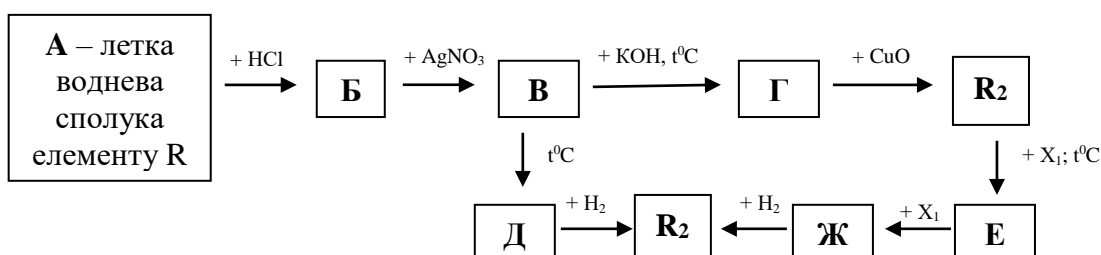
Задача 5. (12 балів)

Зовнішній енергетичний рівень атома елемента R має будову ns^2np^3 . Він утворює летку сполуку з Гідрогеном, масова частка якого 18%.

А Визначте елемент R та запишіть формулу (А) його леткої сполуки з Гідрогеном.

Б Складіть формули відомих вам оксидів елемента R та зазначте ступені його окиснення в них.

В Складіть рівняння реакцій між сполуками елемента R , що відповідають зазначеній схемі. Для реакції 2 складіть йонні рівняння, а для реакції 4 – електронний баланс, визначивши окисника і відновника.



Розв'язок

А 1. Елемент, який має зовнішній енергетичний рівень ns^2np^3 знаходиться в V групі.

Загальна формула леткої водневої сполуки з Гідрогеном RH_3 .

2. Визначаємо відносну молекулярну масу сполуки RH_3 .

$$\omega(H) = \frac{n \cdot Ar(H)}{Mr(RH_3)} \Rightarrow 0,18 = \frac{3 \cdot 1}{Mr(RH_3)} \Rightarrow Mr(RH_3) = \frac{3}{0,18} = 17$$

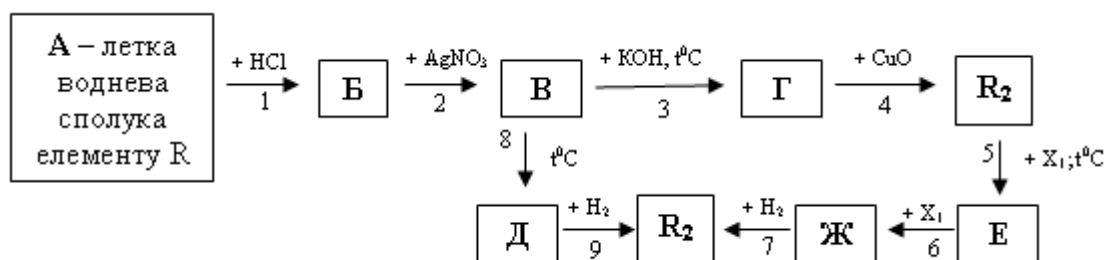
3. Обчислюємо атомну масу елементу R та визначаємо, що це за елемент.

$$Ar(R) = Mr(RH_3) - Ar(3H) = 17 - 3 = 14$$

Елемент з Ar – 14, це Нітроген N.

Б Формули оксидів Нітрогену: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 .

В Складаємо рівняння реакцій, що відповідають зазначеній нижче схемі.



Розв'язок

- 1) $NH_3 + HCl = NH_4Cl$
- 2) $NH_4Cl + AgNO_3 = NH_4NO_3 + AgCl \downarrow$
- 3) $NH_4NO_3 + KOH \xrightarrow{t^{\circ}C} KNO_3 + NH_3 \uparrow + H_2O$
- 4) $2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3Cu + 3H_2O$
- 5) $N_2 + O_2 \xrightarrow{t^{\circ}C} 2NO$
- 6) $2NO + O_2 = 2NO_2$
- 7) $NO_2 + 2H_2 = N_2 \uparrow + 2H_2O$
- 8) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t^{\circ}C} N_2O + 2H_2O$
- 9) $N_2O + H_2 = N_2 \uparrow + H_2O$

A – NH_3

X_1 – O_2

E – NO

M – NO_2

X – $AgNO_3$

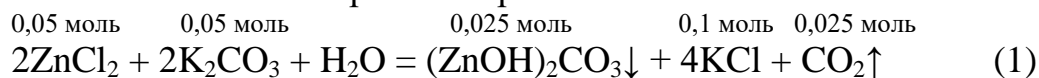
D – N_2O

Задача 6. (14 балів)

До 50 мл розчину калій карбонату з концентрацією 3 моль/л і густиною 1,3 г/мл повільно додали 35,7 мл розчину цинк хлориду з масовою часткою розчиненої речовини 17% (густина 1,12 г/мл). Осад, що утворився, відфільтрували. Обчисліть масові частки сполук, що містяться в одержаному фільтраті.

Розв'язок

1. Складаємо рівняння хімічної реакції, враховуючи гідроліз солі, одержаної під час повільного зливання розчинів реагентів:



2. Обчислюємо кількість речовини кожної із солей, що реагують.

$$n(K_2CO_3) = V_{p-ny}(K_2CO_3) \cdot C(K_2CO_3)$$

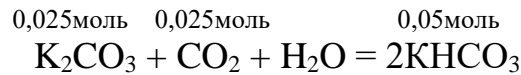
$$n(K_2CO_3) = 0,05 \text{ л} \cdot 3 \text{ моль/л} = 0,15 \text{ моль}$$

$$m_{p-ny}(ZnCl_2) = \rho_{p-ny}(ZnCl_2) \cdot V_{p-ny}(ZnCl_2) = 35,7 \text{ мл} \cdot 1,12 \text{ г/мл} = 40 \text{ г}$$

$$m(ZnCl_2) = w(ZnCl_2) \cdot m_{p-ny}(ZnCl_2) = 0,17 \cdot 40 = 6,8 \text{ г}$$

$$n(\text{ZnCl}_2) = 6,8\text{г} / 136\text{г/моль} = 0,05 \text{ моль}$$

3. За рівнянням реакції (1): $n(\text{ZnCl}_2) = n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 1:1$, а за умовою задачі $0,05:0,15=1:3$
Отже, робимо висновок, що K_2CO_3 – у надлишку, тому відбувається наступна реакція:



4. Обчислюємо кількість речовини кожної із солей, що міститься у фільтраті.

$$n(\text{KHCO}_3) = 0,05\text{моль}$$

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,15\text{моль} - 0,05\text{моль} - 0,025\text{моль} = 0,075\text{моль}$$

$$n(\text{KCl}) = 0,1\text{моль}$$

5. Обчислюємо маси речовин, що містяться у фільтраті.

$$m(\text{KHCO}_3) = 0,05\text{моль} \cdot 100\text{г/моль} = 5 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,075\text{моль} \cdot 138\text{г/моль} = 10,35\text{г}$$

$$m(\text{KCl}) = 0,1\text{моль} \cdot 74,5\text{г/моль} = 7,45\text{г}$$

6. Обчислюємо масу фільтрату.

$$m_{\text{фільтрату}} = m_{\text{р-ну}}(\text{K}_2\text{CO}_3) + m_{\text{р-ну}}(\text{ZnCl}_2) - m((\text{ZnOH})_2\text{CO}_3)$$

$$m_{\text{р-ну}}(\text{K}_2\text{CO}_3) = V_{\text{р-ну}}(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot \rho_{\text{р-ну}}(\text{K}_2\text{CO}_3) = 50\text{мл} \cdot 1,30 \text{ г/мл} = 65\text{г}$$

$$m_{\text{р-ну}}(\text{ZnCl}_2) = 40\text{г}$$

Обчислюємо масу осаду $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3$.

$$m((\text{ZnOH})_2\text{CO}_3\downarrow) = 0,025\text{моль} \cdot 224\text{г/моль} = 5,6\text{г}$$

$$\text{Отже, } m_{\text{фільтрату}} = 65\text{г} + 40\text{г} - 5,6\text{г} = 99,4\text{г}$$

7. Обчислюємо масові частки сполук, що містяться у фільтраті.

$$w(\text{KHCO}_3) = m_{\text{р-ни}} / m_{\text{р-ну}} = 5\text{г} / 99,4\text{г} = 0,05, \text{ або } 5\%$$

$$w(\text{K}_2\text{CO}_3) = m_{\text{р-ни}} / m_{\text{р-ну}} = 10,35\text{г} / 99,4\text{г} = 0,104, \text{ або } 10,4\%$$

$$w(\text{KCl}) = m_{\text{р-ни}} / m_{\text{р-ну}} = 7,45\text{г} / 99,4\text{г} = 0,075, \text{ або } 7,5\%$$

$$\text{Відповідь: } w(\text{KHCO}_3) = 5\%, w(\text{K}_2\text{CO}_3) = 10,4\%, w(\text{KCl}) = 7,5\%.$$