

9 клас

Задача 1 (9 балів)

Цирконій – сріблясто-білий блискучий перехідний метал. Особливістю цирконію є стійкість до корозії, тому цей метал – незамінний компонент сплавів для атомної енергетики, літако-, автомобіле- та ракетобудування, а також для виробництва особливо стійкої кераміки і санітарного фаянсу. Найважливішим цирконієвмісним мінералом є циркон. Україна володіє третім за розміром запасом циркону в світі (після Австралії та ПАР). Циркон – силікат цирконію, який містить 49,73 % Цирконію і 15,30 % Силіцію (за масою).

Один з промислових способів одержання цирконію з циркону полягає у тому, що суміш циркону і коксу обробляють хлором за 900–1000 °С. Отриманий цирконій(IV) хлорид відновлюють магнієм у гелієвій атмосфері й одержують губку металевого цирконію. Губку очищають, розплавляють у вакуумних дугових печах і формують компактні ковкі злитки.

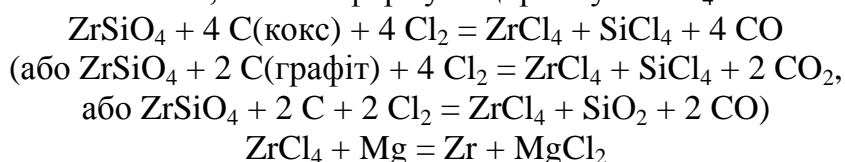
1. Визначте хімічну формулу циркону.
2. Напишіть рівняння хімічних реакцій, які відбуваються під час одержання цирконію з циркону.
3. Скільки тонн руди циркону, яка містить 12,3 мас. % порожньої породи, треба переробити, щоб одержати 100 т цирконію, якщо фактичний вихід металу становить 95,5 %?
4. Губки цирконію завжди забруднені іншим металом, який дуже важко видалити. Який це метал і чому він залишається у губці?

Розв'язок

- 1) Циркон є силікатом, отже містить ще Оксиген. Масова частка Оксигену у цирконі $\omega = 100 - 49,73 - 15,30 = 34,97\%$

Визначаємо формулу циркону: $X:Y:Z = \frac{49,73}{91} : \frac{15,30}{28} : \frac{34,97}{16} = 0,546:0,546:2,186 = 1:1:4.$

Отже, хімічна формула циркону $ZrSiO_4$.



- 2) Якщо 100 т цирконію – це фактичний вихід, який становить 95,5 %, то теоретично очікували одержати $\frac{100 \cdot 100}{95,5} = 104,7$ т.

Згідно з рівняннями реакцій перероблення циркону з 183 т мінералу можна одержати 91 т металу. Для того щоб одержати 104,7 т металу треба переробити:

$$\frac{183 \cdot 104,7}{91} = 210,55 \text{ т мінералу.}$$

Оскільки у руді 12,3 % порожньої породи, уміст мінералу становить 87,7 %. Отже треба переробити $\frac{210,55 \cdot 100}{87,7} = 240$ т руди.

- 3) Мінерал циркон може містити незначні домішки (менше 0,1 %) La, Ce, Pr, Nd, Sm, Y, Nb, Ta, Th, U, Ti, Fe та ін., але найбільше (у межах 1–4 %) – Hf, що ізоморфно заміщає Zr у кристалічній ґратці. Zr і Hf є хімічними “двійниками” з практично однаковими хімічними властивостями, тому губки Zr завжди забруднені Hf. Від Hf губку Zr очищають по-різному: екстракційною ректифікацією, електролізом, газотранспортними реакціями.

9 клас

Задача 2 (13 балів)

У кросворді зашифровано певний хімічний термін. Розв'яжіть кросворд та дайте визначення хімічної властивості, зашифрованої у ньому. Сполуки яких елементів виявляють таку властивість?

Для трьох різних хімічних елементів наведіть приклади їхніх сполук, які виявляють таку властивість. Для сполук одного з елементів проілюструйте зашифровану властивість рівняннями хімічних реакцій, які можуть відбуватися у розчинах і розплавах (хоча б чотири рівняння).

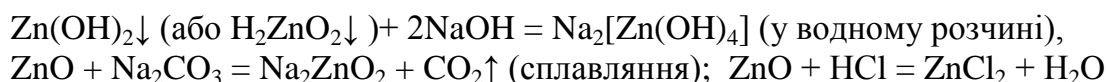
1	А	Л	Ю	М	О	Т	Е	Р	М	І	Я
2	М	Е	Т	А	Б	О	Л	І	З	М	
3	Ф	О	Т	О	С	И	Н	Т	Е	З	
4	О	К	И	С	Н	Е	Н	Н	Я		
5	Т	Е	Х	Н	Е	Ц	І	Й			
6	Е	Л	Е	М	Е	Н	Т				
7	Р	Е	А	Г	Е	Н	Т				
8	Н	А	Т	Р	І	Й					
9	І	Н	Д	І	Й						
10	С	І	М								
11	Т	А									
12	Б										

Розв'язок

1) Зашифроване слово – **амфотерність** – здатність речовин виявляти кислотні й основні властивості залежно від природи сполуки, з якою вони взаємодіють.

2) Амфотерність виявляють оксиди й гідроксиди деяких хімічних елементів з валентностями II, III й IV, зокрема, Be, Al, Fe, Pb, Sn, Zn, Cr, Ti. Наприклад, оксиди ZnO, PbO і PbO₂, SnO і SnO₂, Cr₂O₃, Al₂O₃, гідроксиди Zn(OH)₂, Pb(OH)₂ і Pb(OH)₄, Sn(OH)₂ і Sn(OH)₄, Al(OH)₃ тощо. Амфотерними також є вода, амінокислоти та деякі інші органічні речовини.

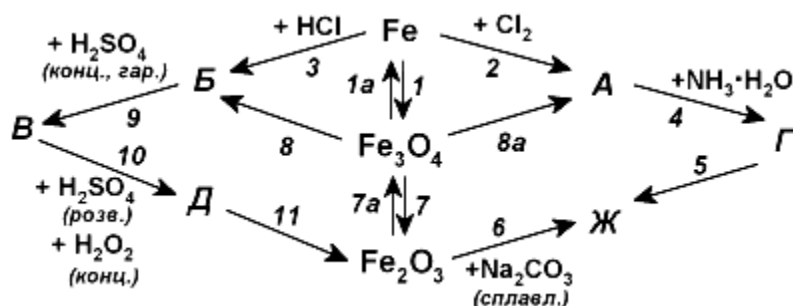
3) Наприклад, $Zn(OH)_2 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O$



Задача 3 (19 балів)

Проаналізуйте наведену схему хімічних перетворень та визначте речовини А, Б, В, Г, Д, Ж.

Складіть та урівняйте рівняння реакцій 1–11, а також 1a, 7a і 8a.



Розв'язок

А – FeCl₃; Б – FeCl₂; В – FeSO₄; Г – Fe(OH)₃; Д – Fe₂(SO₄)₃; Ж – NaFeO₂;

- $3 Fe + 2 O_2 = Fe_3O_4$ (горіння) або $3 Fe + 4 H_2O$ (пара) = $Fe_3O_4 + 4 H_2 \uparrow$ (800 °C);
- $2 Fe + 3 Cl_2 = 2 FeCl_3$;
- $Fe + 2 HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$;
- $FeCl_3 + 3 NH_3 \cdot H_2O = Fe(OH)_3 + 3 NH_4Cl$;
- $Fe(OH)_3 + NaOH = NaFeO_2 + 2 H_2O$ (сплавляння);
- $Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = 2 NaFeO_2 + CO_2$ (сплавляння);
- $4 Fe_3O_4 + O_2 = 6 Fe_2O_3$ (400-600 °C);
- і 8a $Fe_3O_4 + 8 HCl$ (розб) = $FeCl_2 + 2 FeCl_3 + 4 H_2O$;
- $FeCl_2 + H_2SO_4$ (конц., гар.) = $FeSO_4 + 8 HCl \uparrow$;
- $2 FeSO_4 + H_2O_2$ (конц.) + H_2SO_4 (розб) = $Fe_2(SO_4)_3 + 2 H_2O$;
- $Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{500-700 \text{ } ^\circ C} Fe_2O_3 + 3 SO_3$; $2 Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{900-1000 \text{ } ^\circ C} 2 Fe_2O_3 + 6 SO_2 + 3 O_2$;
- 1a. $Fe_3O_4 + 4 H_2 = 3 Fe + 4 H_2O$ (1000 °C) або $Fe_3O_4 + 4 CO = 3 Fe + 4 CO_2$ (700 °C)
- 7a. $3 Fe_2O_3 + H_2 = 2 Fe_3O_4 + H_2O$ (400 °C) або $3 Fe_2O_3 + CO = 2 Fe_3O_4 + CO_2$ (400 °C)

9 клас

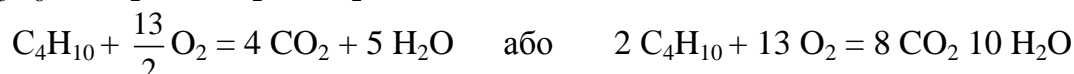
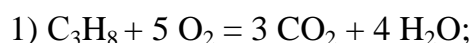
Задача 4 (10 балів)

На спалювання 48 л пропан-бутанової суміші витратили 294 л кисню (н.у.). Обчисліть масові частки компонентів вихідної суміші вуглеводнів.

Яка кількість теплоти виділилася в результаті спалювання цієї суміші? Стандартні ентальпії утворення речовин наведені у таблиці.

Речовина	CO ₂	H ₂ O _(г)	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
ΔH, кДж·моль ⁻¹	-393,3	-216,3	-103,8	-126,4

Розв'язок



2) Нехай суміш містить X л C₃H₈ і Y л C₄H₁₀. Тоді X + Y = 48 і 5X + (13/2)Y = 294
Розв'язавши систему рівнянь одержимо: V(C₃H₈) = 12 л і V(C₄H₁₀) = 36 л.

3) Для розрахунку масових часток спочатку обчислимо кількість речовини пропану і бутану:

$$n(C_3H_8) = \frac{12}{22,4} = 0,54 \text{ моль} \quad \text{і} \quad n(C_4H_{10}) = \frac{36}{22,4} = 1,61 \text{ моль};$$

$$m(C_3H_8) = 44 \cdot 0,54 = 23,76 \text{ г} \quad \text{і} \quad m(C_4H_{10}) = 58 \cdot 1,61 = 93,38 \text{ г},$$

4) відповідно m(суміші) = 23,76 + 96,38 = 117,14 г.

$$\omega(C_3H_8) = \frac{23,76}{117,14} \cdot 100 = 20,28 \% ; \quad \omega(C_4H_{10}) = \frac{93,38}{117,14} \cdot 100 = 79,72 \% .$$

5) Стандартну ентальпію реакції обчислюємо згідно з першим наслідком закону Гесса:

$$\Delta H_p = \sum \nu_i \Delta H_{\text{утв}}(\text{продуктів}) - \sum \nu_i \Delta H_{\text{утв}}(\text{реагентів}) \quad (\nu_i - \text{стехіометричні коефіцієнти});$$

Для реакції горіння пропану: ΔH_p = 3·(-393,3) + 4·(-216,3) - (-103,8) = -1941,3 кДж·моль⁻¹.

Для реакції горіння бутану ΔH_p = 4·(-393,3) + 5·(-216,3) - (-126,4) = -2528,3 кДж·моль⁻¹.

6) Отже, при згорянні 0,54 моль пропану виділиться 1941,3·0,54 = 1048,3 кДж тепла, а при згорянні 1,61 моль бутану – 2528,3·1,61 = 4070,6 кДж тепла.

При згорянні 48 л вихідної суміші виділиться 1048,3 + 4070,6 = 5118,9 кДж тепла.

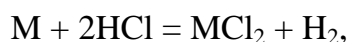
Задача 5 (16 балів)

Наважку суміші двовалентних металів M₁ та M₂ масою 1 г (ω(M₁) = 0,5) повністю розчинили у розбавленій хлоридній кислоті, внаслідок чого одержали 632,2 см³ водню (н.у.).

Визначте природу металів та запишіть рівняння реакцій, що відбувалися. Для правильного розв'язання задачі використовуйте атомні маси елементів, взяті з точністю до десятих.

Розв'язок

1) Оскільки метали є двовалентними, то їхня взаємодія з розбавленою хлоридною кислотою відбувалась за рівнянням:



а кількість одержаного газу (H₂) дорівнює загальній кількості металів у суміші:

$$n(H_2) = n(M_1) + n(M_2) = 0,6322/22,4 = 0,02822 \text{ моль}.$$

2) Отже, середньозважена молярна маса металів становить: M = 1/0,02822 = 35,44 г/моль.

3) Оскільки суміш містила два метали і їхні маси були однаковими (по 0,5 г), то можна зробити висновок, що молярна маса одного металу є більшою, а другого меншою за 35,44 г/моль. Є лише два двовалентні метали, для яких M < 35,44 г/моль – це магній та берилій.

9 клас

4) Берилій не відповідає умові задачі, оскільки 0,5 г цього металу за кількістю переважають кількість виділеного газу: $n(\text{Be}) = 0,5/9,0 = 0,0556$ моль.

Отже, одним з металів суміші (M_1) був **магній**.

4) Знаходимо кількість магнію у вихідній суміші: $n(\text{Mg}) = 0,5/24,3 = 0,02058$ моль,

а за різницею – кількість другого металу: $n(M_2) = 0,02822 - 0,02058 = 0,00764$ моль.

5) Знаючи кількість та масу другого металу можна розрахувати його молярну масу:

$$M(M_2) = 0,5/0,00764 = 65,4 \text{ г/моль}$$

і з'ясувати природу цього металу (M_2) – це **цинк**.

б) Реакції, що відбувались під час розчинення суміші у хлоридній кислоті:

**Задача 6 (13 балів)**

В ексикатор, який містив 10 г осушувача – безводного натрій сульфату, поставили склянку з насиченим розчином магній сульфату масою 200 г. Внаслідок поглинання парів води натрій сульфат перетворюється на $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Скільки грамів $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ виділиться з розчину після закінчення гідратації натрій сульфату, якщо розчинність MgSO_4 за температури досліду становить 35,5 г на 100 г води?

Скільки грамів $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ додатково випаде в осад внаслідок охолодження одержаного розчину до 0°C , якщо розчинність MgSO_4 за 0°C становить 22,0 г на 100 г води?

Розв'язок

1) $M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322$ г/моль; $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142$ г/моль; $M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 246$ г/моль;
 $M(\text{MgSO}_4) = 120$ г/моль

2) Для насиченого розчину магній сульфату справедливою є така залежність (пропорція):

135,5 г насиченого розчину містить 35,5 г MgSO_4 і 100 г H_2O , а

200 г насиченого розчину містить 52,4 г MgSO_4 і 147,6 г H_2O

або 200 г насиченого розчину містить 107,4 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і 92,6 г H_2O

Обчислимо масу води, яку поглинає осушувач під час гідратації:

142 г Na_2SO_4 може поглинути 180 г H_2O , а 10 г Na_2SO_4 – m ; $m(\text{H}_2\text{O}) = 12,68$ г

3) Отже, осушувач поглинає 12,68 г води з насиченого розчину магній сульфату.

Відповідно викристалізується стільки $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, скільки його містилося у 12,68 г води:

$$107,4 \text{ г } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 92,6 \text{ г } \text{H}_2\text{O}$$

$$X \text{ г } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 12,68 \text{ г } \text{H}_2\text{O}$$

$X = 14,7$ г викристалізується $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

4) Після цього залишилося $200 - 12,68 - 14,7 = 172,62$ г розчину магній сульфату, у якому розчинено $52,4 - 7,18 = 45,22$ г MgSO_4 .

Позначимо за Y масу MgSO_4 , яка виділиться з розчину під час охолодження до 0°C .

Тоді маса $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ становитиме $\frac{246}{120} \cdot Y = 2,05Y$ г. Згідно умови задачі 122 г розчину

містить 22,0 г MgSO_4 , а $(172,62 - 2,05Y)$ г розчину – $(45,22 - Y)$ г MgSO_4

Розв'язавши рівняння, одержимо $Y = 22,36$ г MgSO_4 , що відповідає 45,84 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – виділиться під час охолодження.

Зауважимо поширену помилку: часто укладали неправильну пропорцію на зразок

122 г розчину містить 22,0 г MgSO_4 , а 172,62 г розчину – Z г MgSO_4 ,

тобто не враховували зменшення маси розчину (води) внаслідок виділення кристалогідрату в процесі охолодження.