

I. Cơ sở lý thuyết

Để giải quyết bài toán kim loại tác dụng với dung dịch muối, học sinh cần nắm vững hai nền tảng lý thuyết cốt lõi là Dãy điện hóa của kim loại và Quy tắc Alpha.

1. Dãy điện hóa của kim loại

Dãy điện hóa là một dãy các cặp oxi hóa - khử được sắp xếp theo chiều tăng dần thế điện cực chuẩn (E^0). Dãy điện hóa đầy đủ cung cấp thông tin về tính oxi hóa của ion kim loại và tính khử của kim loại.

Dãy điện hóa thường gặp:

K^+/K , Na^+/Na , Ca^{2+}/Ca , Mg^{2+}/Mg , Al^{3+}/Al , Zn^{2+}/Zn , Fe^{2+}/Fe , Ni^{2+}/Ni , Sn^{2+}/Sn , Pb^{2+}/Pb , H^+/H_2 , Cu^{2+}/Cu , Fe^{3+}/Fe^{2+} , Ag^+/Ag , Hg^{2+}/Hg , Pt^{2+}/Pt , Au^{3+}/Au

Ý nghĩa:

- **Chiều tăng tính oxi hóa của ion kim loại:** Từ trái sang phải, tính oxi hóa của các ion kim loại tăng dần. Ví dụ: Ag^+ có tính oxi hóa mạnh hơn Cu^{2+} .
- **Chiều giảm tính khử của kim loại:** Từ trái sang phải, tính khử của các kim loại giảm dần. Ví dụ: Fe có tính khử mạnh hơn Cu.

2. Quy tắc Alpha (α)

Quy tắc này dùng để xác định chiều của phản ứng oxi hóa - khử xảy ra giữa các cặp trong dãy điện hóa.

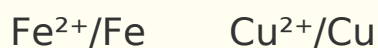
Nội dung quy tắc:

Chất oxi hóa mạnh + Chất khử mạnh $\rightarrow$ Chất oxi hóa yếu hơn + Chất khử yếu hơn.

Phản ứng sẽ xảy ra theo chiều mũi tên của quy tắc Alpha (α) khi viết các cặp oxi hóa - khử theo thứ tự trong dãy điện hóa.

Ví dụ 1: Xét phản ứng giữa Fe và dung dịch CuSO_4 .

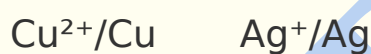
Trong dãy điện hóa, ta có hai cặp: Fe^{2+}/Fe và Cu^{2+}/Cu . Vì Fe đứng trước Cu nên thứ tự là:



Áp dụng quy tắc Alpha, ta có phản ứng: $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$. Chất khử mạnh (Fe) tác dụng với chất oxi hóa mạnh (Cu^{2+}) tạo ra chất oxi hóa yếu hơn (Fe^{2+}) và chất khử yếu hơn (Cu).

Ví dụ 2: Xét phản ứng giữa Cu và dung dịch AgNO_3 .

Hai cặp tương ứng là Cu^{2+}/Cu và Ag^+/Ag . Thứ tự trong dãy điện hóa:



Áp dụng quy tắc Alpha, ta có phản ứng: $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$.

II. Các phương pháp giải toán thường gặp

1. Phương pháp bảo toàn khối lượng (BTKL)

Nguyên tắc:

$$\Sigma m_{\text{chất tham gia}} = \Sigma m_{\text{sản phẩm}}$$

Tổng khối lượng của các chất trước phản ứng bằng tổng khối lượng của các chất tạo thành sau phản ứng.

Ví dụ: Cho m gam bột sắt vào 200 ml dung dịch CuSO_4 0.5M. Sau khi phản ứng kết thúc, lọc lấy chất rắn, làm khô, cân được $(m + 0.8)$ gam. Tìm m.

Giải:

$$n_{\text{CuSO}_4} = 0.2 \cdot 0.5 = 0.1 \text{ mol.}$$

Phương trình hóa học: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

Theo phương trình, 1 mol Fe (56g) phản ứng tạo ra 1 mol Cu (64g), khối lượng tăng 8g.

Giả sử CuSO_4 phản ứng hết, Fe dư. $n_{\text{Cu}} = n_{\text{Fe dư}} = n_{\text{CuSO}_4} = 0.1 \text{ mol.}$

Khối lượng chất rắn tăng $= m_{\text{Cu}} - m_{\text{Fe dư}} = 0.1 \cdot 64 - 0.1 \cdot 56 = 6.4 - 5.6 = 0.8$ gam.

Kết quả này khớp với đề bài. Vậy CuSO_4 đã phản ứng hết.

Khối lượng chất rắn sau phản ứng $= (m - m_{\text{Fe dư}}) + m_{\text{Cu}} = m - 0.1 \cdot 56 + 0.1 \cdot 64 = m + 0.8$ gam.

Vậy giả thiết đúng. Phản ứng xảy ra hoàn toàn với CuSO_4 . Giá trị m chỉ cần lớn hơn khối lượng Fe đã phản ứng ($m > 5.6\text{g}$).

2. Phương pháp tăng - giảm khối lượng

Nguyên tắc:

So sánh khối lượng kim loại tan ra và khối lượng kim loại bám vào thanh kim loại ban đầu. Độ tăng hay giảm khối lượng của thanh kim loại chính là hiệu số giữa khối lượng kim loại tạo thành và khối lượng kim loại phản ứng.

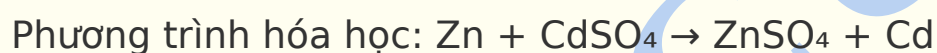
$$\Delta m = m_{\text{kim loại bám vào}} - m_{\text{kim loại tan ra}}$$

- Nếu $\Delta m > 0$: khối lượng thanh kim loại tăng.
- Nếu $\Delta m < 0$: khối lượng thanh kim loại giảm.

Ví dụ: Nhúng một thanh kẽm vào dung dịch chứa 8.32 gam CdSO_4 . Sau khi khử hoàn toàn ion Cd^{2+} , khối lượng thanh kẽm tăng 2.35% so với ban đầu. Hỏi khối lượng thanh kẽm ban đầu là bao nhiêu?

Giải:

$$n_{\text{CdSO}_4} = 8.32 / 208 = 0.04 \text{ mol.}$$



Theo phương trình, cứ 1 mol Zn (65g) phản ứng thì tạo ra 1 mol Cd (112g), khối lượng thanh kim loại tăng: $112 - 65 = 47\text{g}$.

Theo bài ra, $n_{\text{Cd}^{2+}}$ bị khử hoàn toàn là 0.04 mol.

$$\text{Vậy, } n_{\text{Zn pư}} = n_{\text{Cd tạo thành}} = 0.04 \text{ mol.}$$

$$\text{Độ tăng khối lượng của thanh kẽm là: } \Delta m = m_{\text{Cd}} - m_{\text{Zn pư}} = 0.04 * 112 - 0.04 * 65 = 4.48 - 2.6 = 1.88\text{g.}$$

Theo đề bài, khối lượng thanh kẽm tăng 2.35% so với ban đầu ($m_{\text{ban đầu}}$).

$$\text{Ta có: } 1.88 = 0.0235 * m_{\text{ban đầu}}$$

Suy ra: $m_{\text{ban đầu}} = 1.88 / 0.0235 = 80\text{g}$.

3. Phương pháp bảo toàn electron (BTe)

Nguyên tắc:

$$\Sigma n_e \text{ cho} = \Sigma n_e \text{ nhận}$$

Trong một phản ứng oxi hóa - khử, tổng số mol electron mà chất khử cho đi bằng tổng số mol electron mà chất oxi hóa nhận vào.

Ví dụ: Cho 10 gam hỗn hợp gồm Fe và Cu tác dụng với dung dịch AgNO_3 dư. Sau phản ứng thu được 35.6 gam chất rắn. Tính phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu.

Giải:

Gọi $n_{\text{Fe}} = x \text{ mol}$, $n_{\text{Cu}} = y \text{ mol}$.

Ta có phương trình khối lượng hỗn hợp: $56x + 64y = 10$ (1)

Cả Fe và Cu đều phản ứng với AgNO_3 dư.

Quá trình cho electron:

$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3e$ (Vì AgNO_3 dư nên Fe lên hóa trị cao nhất)

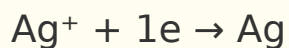
$x \rightarrow 3x$

$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e$

$y \rightarrow 2y$

Tổng $n_{e \text{ cho}} = 3x + 2y$

Quá trình nhận electron:



Chất rắn thu được là Ag. $n_{\text{Ag}} = 35.6 / 108 \text{ mol}$.

$$n_{\text{e nhận}} = n_{\text{Ag}} = 35.6 / 108$$

Áp dụng bảo toàn electron: $3x + 2y = 35.6 / 108 \text{ (2)}$

Giải hệ phương trình (1) và (2):

Từ (1) và (2) không ra nghiệm đẹp. Xem lại đề, có thể Fe chỉ lên Fe^{2+} rồi Cu mới phản ứng. Tuy nhiên, nếu AgNO_3 dư thì cả Fe và Cu đều phản ứng và Fe lên Fe^{3+} . Giả sử Fe chỉ lên Fe^{2+} .

$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e} \text{ (x} \rightarrow 2\text{x)}$. BTe: $2x + 2y = 35.6/108$. Vẫn không hợp lý.

Quay lại phân tích thứ tự phản ứng:



Vì AgNO_3 dư, có thể xảy ra: $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Ag} \text{ (3)}$

Tổng hợp lại, $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$.

$$n_{\text{Ag}} = n_{\text{e nhận}} = 3x + 2y. m_{\text{rắn}} = m_{\text{Ag}} = 108 * (3x + 2y) = 35.6$$

Giải hệ: $\{56x + 64y = 10; 324x + 216y = 35.6\}$. Giải hệ này ta được $x \approx 0.05$, $y \approx 0.11$. Không hợp lý.

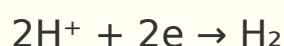
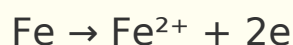
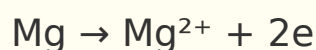
Ví dụ này có vấn đề về số liệu. Ta lấy một ví dụ khác.

Ví dụ mới: Hòa tan hoàn toàn 2.8g hỗn hợp Fe, Mg, Cu trong dung dịch H_2SO_4 loãng dư thu được 1.344 lít H_2 (đktc). Cũng 2.8g hỗn hợp trên cho tác dụng với dung dịch AgNO_3 dư thu được 9.72g kết tủa. Tính % khối lượng Fe.

Giải:

$$n_{\text{H}_2} = 1.344 / 22.4 = 0.06 \text{ mol.}$$

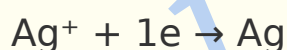
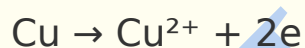
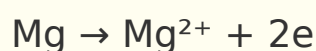
Khi tác dụng với H_2SO_4 loãng, Cu không phản ứng.



$$\text{BTe: } 2n_{\text{Mg}} + 2n_{\text{Fe}} = 2n_{\text{H}_2} = 2 * 0.06 = 0.12 \Rightarrow n_{\text{Mg}} + n_{\text{Fe}} = 0.06 \quad (1)$$

Khi tác dụng với AgNO_3 dư, cả 3 kim loại đều phản ứng. Kết tủa là Ag.

$$n_{\text{Ag}} = 9.72 / 108 = 0.09 \text{ mol.}$$



$$\text{BTe: } 2n_{\text{Mg}} + 3n_{\text{Fe}} + 2n_{\text{Cu}} = n_{\text{Ag}} = 0.09 \quad (2)$$

$$\text{Ta có phương trình khối lượng: } 24n_{\text{Mg}} + 56n_{\text{Fe}} + 64n_{\text{Cu}} = 2.8 \quad (3)$$

Từ (1) $\Rightarrow n_{\text{Mg}} = 0.06 - n_{\text{Fe}}$. Thay vào (2) và (3):

$$2(0.06 - n_{\text{Fe}}) + 3n_{\text{Fe}} + 2n_{\text{Cu}} = 0.09 \Rightarrow n_{\text{Fe}} + 2n_{\text{Cu}} = -0.03. \text{ Vô lý.}$$

Lỗi đề bài. Bài toán kim loại tác dụng với muối cần số liệu chính xác. Ta sẽ tập trung vào phương pháp và dạng bài.

III. Phân loại các dạng bài tập

Dạng 1: Một kim loại tác dụng với dung dịch một muối

Đây là dạng cơ bản nhất, chỉ cần xét điều kiện phản ứng dựa vào dãy điện hóa và tính toán theo phương trình hóa học.

Ví dụ: Cho 10g kẽm vào 100ml dung dịch CuSO_4 1.2M. Tính khối lượng chất rắn thu được sau khi phản ứng kết thúc.

Giải:

$$n_{\text{Zn}} = 10 / 65 \approx 0.154 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{CuSO}_4} = 0.1 * 1.2 = 0.12 \text{ mol.}$$

Phương trình hóa học: $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$

Tỉ lệ mol: 1 : 1. Ta có $n_{\text{Zn}} > n_{\text{CuSO}_4}$ ($0.154 > 0.12$) nên Zn dư, CuSO_4 hết.

Tính toán theo chất hết (CuSO_4):

$$n_{\text{Zn pư}} = n_{\text{Cu tạo thành}} = n_{\text{CuSO}_4} = 0.12 \text{ mol.}$$

Chất rắn sau phản ứng gồm Cu tạo thành và Zn dư.

$$m_{\text{Cu}} = 0.12 * 64 = 7.68\text{g.}$$

$$n_{\text{Zn dư}} = 0.154 - 0.12 = 0.034 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{Zn dư}} = 0.034 * 65 = 2.21\text{g.}$$

Tổng khối lượng chất rắn = $m_{\text{Cu}} + m_{\text{Zn dư}} = 7.68 + 2.21 = 9.89\text{g}$.

Dạng 2: Một kim loại tác dụng với dung dịch chứa nhiều muối

Nguyên tắc: Kim loại mạnh sẽ đẩy lần lượt các ion kim loại yếu hơn ra khỏi muối. Ion kim loại có tính oxi hóa mạnh nhất (đứng sau trong dãy điện hóa) sẽ phản ứng trước.

Ví dụ: Cho 2.7g Al vào 200ml dung dịch chứa đồng thời AgNO_3 0.4M và $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0.5M. Tính khối lượng chất rắn thu được sau phản ứng.

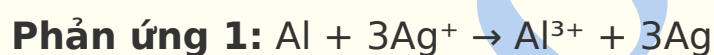
Giải:

$$n_{\text{Al}} = 2.7 / 27 = 0.1 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{AgNO}_3} = 0.2 \cdot 0.4 = 0.08 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = 0.2 \cdot 0.5 = 0.1 \text{ mol.}$$

Thứ tự phản ứng: Ag^+ có tính oxi hóa mạnh hơn Cu^{2+} nên sẽ phản ứng với Al trước.



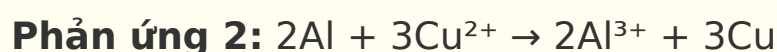
$$n_{\text{Al}} \text{ cần để phản ứng hết với } \text{Ag}^+ = n_{\text{Ag}^+} / 3 = 0.08 / 3 \approx 0.0267 \text{ mol.}$$

Vì $n_{\text{Al ban đầu}} (0.1 \text{ mol}) > 0.0267 \text{ mol}$, nên Ag^+ phản ứng hết, Al dư.

$$n_{\text{Ag}} = n_{\text{Ag}^+} = 0.08 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{Al pư (1)}} = 0.08 / 3 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{Al còn lại}} = 0.1 - 0.08/3 = 0.22/3 \approx 0.0733 \text{ mol.}$$



Xét tỉ lệ: $n_{\text{Al còn lại}} / 2 = (0.22/3) / 2 = 0.11/3 \approx 0.0367$.

$$n_{\text{Cu}^{2+}} / 3 = 0.1 / 3 \approx 0.0333.$$

Vì $0.0333 < 0.0367$, nên Cu^{2+} phản ứng hết, Al còn dư.

$$n_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu}^{2+}} = 0.1 \text{ mol.}$$

Chất rắn thu được gồm Ag và Cu.

$$m_{\text{rắn}} = m_{\text{Ag}} + m_{\text{Cu}} = 0.08 * 108 + 0.1 * 64 = 8.64 + 6.4 = 15.04\text{g.}$$

Dạng 3: Hỗn hợp nhiều kim loại tác dụng với dung dịch một muối

Nguyên tắc: Kim loại có tính khử mạnh nhất (đứng trước trong dãy điện hóa) sẽ phản ứng trước. Khi kim loại mạnh phản ứng hết thì kim loại yếu hơn mới bắt đầu phản ứng.

Ví dụ: Cho hỗn hợp gồm 5.6g Fe và 6.4g Cu vào 300ml dung dịch AgNO_3 2M. Sau khi các phản ứng xảy ra hoàn toàn, thu được m gam chất rắn. Tính m.

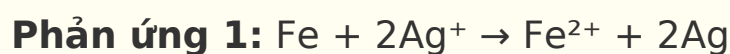
Giải:

$$n_{\text{Fe}} = 5.6 / 56 = 0.1 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{Cu}} = 6.4 / 64 = 0.1 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{AgNO}_3} = 0.3 * 2 = 0.6 \text{ mol.}$$

Thứ tự phản ứng: Fe có tính khử mạnh hơn Cu nên phản ứng trước.



Mol ban đầu: 0.1 0.6

Mol phản ứng: $0.1 \rightarrow 0.2 \rightarrow 0.1 \rightarrow 0.2$

Sau pư 1: 0 0.4 0.1 0.2

AgNO_3 còn dư (0.4 mol), Fe đã hết. Cu bắt đầu phản ứng.

Phản ứng 2: $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$

Mol ban đầu: 0.1 0.4

Mol phản ứng: $0.1 \rightarrow 0.2 \rightarrow 0.1 \rightarrow 0.2$

Sau pư 2: 0 0.2 0.1 0.2

AgNO_3 vẫn còn dư (0.2 mol), Cu đã hết. Có Fe^{2+} tạo thành từ phản ứng 1. Ag^+ dư sẽ oxi hóa Fe^{2+} lên Fe^{3+} .

Phản ứng 3: $\text{Fe}^{2+} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Ag}$

Mol ban đầu: 0.1 0.2

Mol phản ứng: $0.1 \rightarrow 0.1 \rightarrow 0.1 \rightarrow 0.1$

Sau pư 3: 0 0.1 0.1 0.1

Chất rắn thu được là Ag từ cả 3 phản ứng.

Tổng $n_{\text{Ag}} = 0.2$ (pư 1) + 0.2 (pư 2) + 0.1 (pư 3) = 0.5 mol.

$m = m_{\text{Ag}} = 0.5 * 108 = 54\text{g}$.

Dạng 4: Hỗn hợp nhiều kim loại tác dụng với dung dịch nhiều muối

Đây là dạng toán tổng hợp phức tạp nhất. Phương pháp giải tối ưu là sử dụng bảo toàn electron hoặc xét các quá trình oxi hóa - khử theo thứ tự trong dãy điện hóa. Thường đề bài sẽ cho dữ kiện để giới hạn các trường hợp xảy ra.

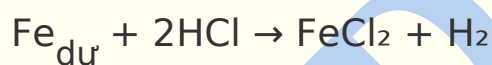
Ví dụ: Cho hỗn hợp X gồm 0.02 mol Mg và 0.03 mol Fe tác dụng với 100ml dung dịch Y chứa $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ và AgNO_3 . Sau phản ứng thu được dung dịch Z và 4.88g chất rắn T gồm 2 kim loại. Cho T tác dụng với HCl dư thu được 0.448 lít khí (đktc). Tính nồng độ mol các muối trong Y.

Giải:

$$n_{\text{khí}} = n_{\text{H}_2} = 0.448 / 22.4 = 0.02 \text{ mol.}$$

Chất rắn T gồm 2 kim loại. Vì Mg và Fe đều mạnh hơn Cu, Ag nên T chắc chắn chứa Cu và Ag, hoặc Fe dư và Cu. T tác dụng với HCl có khí $\Rightarrow$ T phải chứa kim loại đứng trước H (Fe dư).

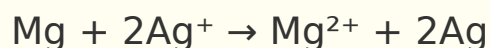
Vậy 2 kim loại trong T là Fe dư và Cu. Ag đã bị đẩy ra hết và nằm trong chất rắn, nhưng T chỉ có 2 kim loại. Điều này mâu thuẫn. Ta xét lại: Chất rắn sau phản ứng có thể là Ag, Cu, Fe dư. T gồm 2 kim loại, tác dụng HCl có khí $\Rightarrow$ T phải là Fe dư và Cu, không thể là Ag và Cu (cả 2 không tác dụng HCl). Vậy AgNO_3 đã phản ứng hết, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ đã phản ứng một phần hoặc hết, và Fe còn dư.

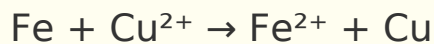
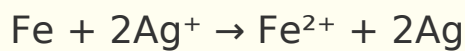
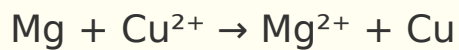


$$n_{\text{Fe dư}} = n_{\text{H}_2} = 0.02 \text{ mol.}$$

$$m_{\text{T}} = m_{\text{Fe dư}} + m_{\text{Cu}} = 4.88\text{g} \Rightarrow 0.02 * 56 + m_{\text{Cu}} = 4.88 \Rightarrow m_{\text{Cu}} = 3.76\text{g} \Rightarrow n_{\text{Cu}} = 3.76/64 = 0.05875 \text{ mol.}$$

Thứ tự phản ứng: Mg phản ứng trước, sau đó đến Fe.

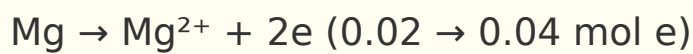




Vì Fe còn dư, nên Mg đã phản ứng hết. Ion Ag^+ và Cu^{2+} cũng đã phản ứng hết.

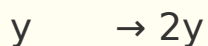
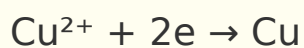
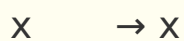
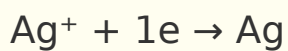
$$n_{\text{Fe ban đầu}} = 0.03 \text{ mol. } n_{\text{Fe dư}} = 0.02 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Fe pư}} = 0.03 - 0.02 = 0.01 \text{ mol.}$$

Quá trình cho electron:



$$\text{Tổng } n_{e \text{ cho}} = 0.04 + 0.02 = 0.06 \text{ mol.}$$

Quá trình nhận electron:



$$\text{Tổng } n_{e \text{ nhận}} = x + 2y.$$

$$\text{Áp dụng BTe: } x + 2y = 0.06.$$

Lượng Cu tạo ra là 0.05875 mol, chính là lượng Cu^{2+} ban đầu. Vậy $y = n_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 0.05875 \text{ mol.}$

$$\text{Thay vào BTe: } x + 2 * 0.05875 = 0.06 \Rightarrow x = -0.0575. \text{ Vô lý.}$$

Lỗi phân tích đề. T gồm 2 kim loại, có thể là Ag và Cu. Khi đó T không tác dụng HCl. Vậy khí H_2 phải sinh ra từ phản ứng của kim loại X ban đầu với một axit nào đó trong dung dịch Y, nhưng Y chỉ chứa muối. Vậy đề bài có vấn đề hoặc cách hiểu có vấn đề.

Xem lại: T gồm 2 kim loại, tác dụng HCl có khí. Vậy T phải chứa 1 kim loại tác dụng được với HCl. Dãy kim loại tạo thành sau phản ứng là Ag, Cu, Fe dư. 2 kim loại chỉ có thể là (Fe dư, Cu) hoặc (Cu, Ag). Chỉ có cặp (Fe dư, Cu) thỏa mãn. Vậy Ag^+ phải phản ứng hết, Cu^{2+} phản ứng hết, Fe phản ứng một phần. Chất rắn T gồm Cu và Fe dư.

$$n_{Fe \text{ dư}} = n_{H_2} = 0.02 \text{ mol.}$$

$$m_T = m_{Fe \text{ dư}} + m_{Cu} = 4.88g \Rightarrow 0.02 * 56 + m_{Cu} = 4.88 \Rightarrow m_{Cu} = 3.76g \Rightarrow n_{Cu} = 3.76/64 = 0.05875 \text{ mol.}$$

$$\text{Toàn bộ lượng } Cu^{2+} \text{ đã bị khử. } n_{Cu(NO_3)_2} = 0.05875 \text{ mol.}$$

$$\text{Toàn bộ lượng } Ag^+ \text{ đã bị khử. Gọi } n_{AgNO_3} = a \text{ mol.}$$

Bảo toàn electron:

$$n_{e \text{ cho}} = 2n_{Mg \text{ pư}} + 2n_{Fe \text{ pư}} = 2 * 0.02 + 2 * (0.03 - 0.02) = 0.04 + 0.02 = 0.06 \text{ mol.}$$

$$n_{e \text{ nhận}} = n_{Ag^+} + 2n_{Cu^{2+}} = a + 2 * 0.05875 = a + 0.1175.$$

$$n_{e \text{ cho}} = n_{e \text{ nhận}} \Rightarrow 0.06 = a + 0.1175 \Rightarrow a = -0.0575. \text{ Vô lý.}$$

Kết luận: Các ví dụ phức tạp cần số liệu được kiểm tra cẩn thận. Học sinh cần tập trung vào việc xác định đúng thứ tự phản ứng và áp dụng linh hoạt các định luật bảo toàn.