

CHUYÊN ĐỀ 16 LÝ THUYẾT VÀ PP GIẢI BÀI TẬP ĐIỆN PHÂN

I – KHÁI NIỆM

Sự điện phân là quá trình oxi hóa – khử xảy ra ở bề mặt các điện cực khi có dòng điện một chiều đi qua chất điện li nóng chảy hoặc dung dịch chất điện li

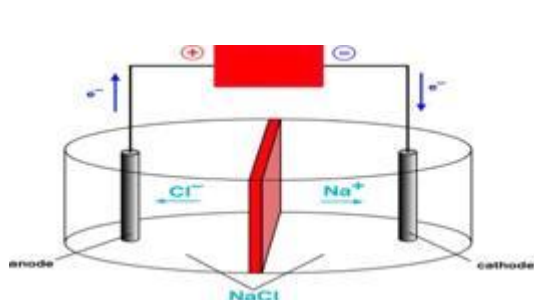
- Sự điện phân là quá trình sử dụng điện năng để tạo ra sự biến đổi hóa học
- Trong quá trình điện phân, dưới tác dụng của điện trường các cation chạy về cực âm (catot) còn các anion chạy về điện cực dương (anot), tại đó xảy ra phản ứng trên các điện cực (sự phóng điện)
- Tại catot xảy ra quá trình khử cation ($M^{n+} + ne \rightarrow M$) còn tại anot xảy ra quá trình oxi hóa anion ($X^{n-} \rightarrow X + ne$)
- Người ta phân biệt: điện phân chất điện li nóng chảy, điện phân dung dịch chất điện li trong nước, điện phân dùng điện cực dương tan

II – SỰ ĐIỆN PHÂN CÁC CHẤT ĐIỆN LI

1. Điện phân chất điện li nóng chảy

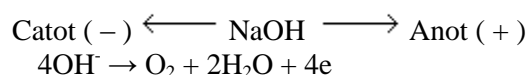
Trong thực tế, người ta thường tiến hành điện phân những hợp chất (muối, bazơ, oxit) nóng chảy của các kim loại có tính khử mạnh như Li, Na, K, Ba, Ca, Mg, Al

Ví dụ 1: Điện phân NaCl nóng chảy có thể biểu diễn bằng sơ đồ:



Phương trình điện phân là: $2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{đpnc}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2$
 Cần có màng ngăn không cho Cl_2 tác dụng trở lại với Na ở trạng thái nóng chảy làm giảm hiệu suất của quá trình điện phân. Một số chất phụ gia như NaF, KCl giúp làm giảm nhiệt độ nóng chảy của hệ...

Ví dụ 2: Điện phân NaOH nóng chảy có thể biểu diễn bằng sơ đồ:

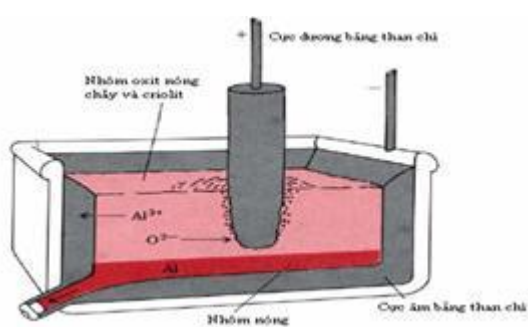


Phương trình điện phân là: $4\text{NaOH} \xrightarrow{\text{đpnc}} 4\text{Na} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Ví dụ 3: Điện phân Al_2O_3 nóng chảy pha thêm criolit (Na_3AlF_6) có thể biểu diễn bằng sơ đồ:



Phương trình điện phân là: $2\text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{đpnc}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2$



Criolit (Na_3AlF_6) có vai trò quan trọng nhất là làm giảm nhiệt độ nóng chảy của Al_2O_3 từ 2050°C xuống khoảng 900°C , ngoài ra nó còn làm tăng độ dẫn điện của hệ và tạo lớp ngăn cách giữa các sản phẩm điện phân và môi trường ngoài. Anot làm bằng than chì thì điện cực bị ăn

mòn dần do chúng cháy trong oxi mới sinh: $C + O_2 \xrightarrow{t^o} CO_2$ và $2C + O_2 \xrightarrow{t^o} 2CO$

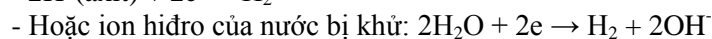
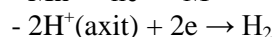
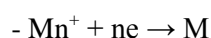
2. Điện phân dung dịch chất điện li trong nước

Trong sự điện phân dung dịch, ngoài các ion do chất điện li phân li ra còn có các ion H^+ và OH^- của nước. Do đó việc xác định sản phẩm của sự điện phân phức tạp hơn. Tùy thuộc vào tính khử và tính oxi hóa của các ion có trong bình điện phân mà ta thu được những sản phẩm khác nhau.

Ví dụ khi điện phân dung dịch NaCl, các ion Na^+ , $H^+(H_2O)$ chạy về catot còn các ion Cl^- , $OH^-(H_2O)$ chạy về anod. Ion nào trong số chúng sẽ phóng điện ở các điện cực.

Cơ sở để giải quyết vấn đề này là dựa vào các giá trị thế oxi hóa – khử của các cặp. Trong quá trình điện phân, trên catot diễn ra sự khử. Vì vậy khi có nhiều dạng oxi hóa thì trước hết dạng oxi hóa của cặp có thế lớn hơn sẽ bị khử trước. Ngược lại trên anot sẽ diễn ra sự oxi hóa dạng khử của cặp có thế oxi hóa – khử nhỏ nhất trước.

a) *Khả năng phóng điện của các cation ở catot:* Ở catot có thể xảy ra các quá trình khử sau đây:



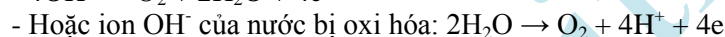
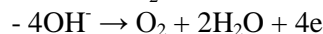
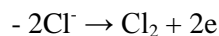
Dạng oxi hóa của những cặp có thế càng lớn càng dễ bị khử. Theo dãy thế oxi hóa – khử thì khả năng bị khử của các ion kim loại như sau:

- Các cation từ Zn^{2+} đến cuối dãy Hg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ag^{+} ... dễ bị khử nhất và thứ tự tăng dần

- Từ Al^{3+} đến các ion đầu dãy Na^{+} , Ca^{2+} , K^{+} ... không bị khử trong dung dịch

- Các ion H^{+} của axit dễ bị khử hơn các ion H_+ của nước

b) *Khả năng phóng điện của các anion ở anot:* Ở anot xảy ra quá trình oxi hóa các anion gốc axit như Cl^- , S^{2-} ... hoặc ion OH^- của bazơ kiềm hoặc nước



Dạng khử của những cặp có thế oxi hóa – khử càng nhỏ càng dễ bị oxi hóa. Theo dãy thế oxi hóa – khử thì khả năng bị oxi hóa của các anion như sau:

- Các anion gốc axit không chứa oxi dễ bị oxi hóa nhất theo thứ tự: $RCOO^{-} < Cl^{-} < Br^{-} < I^{-} < S^{2-}$...

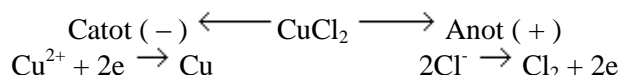
- Các anion gốc axit như NO_3^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , ClO_4^{-} ... không bị oxi hóa

- Riêng các ion OH^{-} của kiềm hoặc của nước khó bị oxi hóa hơn các ion S^{2-} , I^{-} , Br^{-} , Cl^{-} ...

- Nếu khi điện phân không dùng các anot trơ như graphit, platin (Pt) mà dùng các kim loại như Ni, Cu, Ag... thì các kim loại này dễ bị oxi hóa hơn các anion vì thế oxi hóa – khử của chúng thấp hơn, và do đó chúng tan vào dung dịch (anot tan)

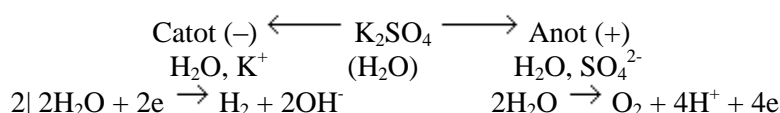
c) *Một số ví dụ:*

- **Điện phân dung dịch $CuCl_2$ với anot trơ có thể biểu diễn bằng sơ đồ:**



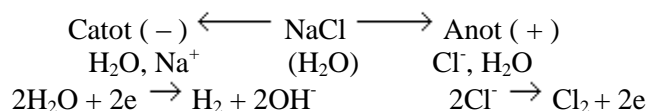
Phương trình điện phân là: $CuCl_2 \rightarrow Cu + Cl_2$

- **Điện phân dung dịch K_2SO_4 với anot trơ có thể biểu diễn bằng sơ đồ:**



Phương trình điện phân là: $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

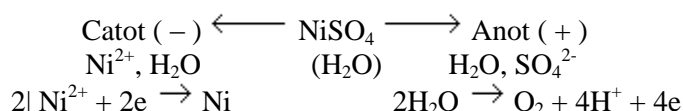
- Điện phân dung dịch NaCl bão hòa với điện cực trơ có màng ngăn có thể biểu diễn bằng sơ đồ:



Phương trình điện phân là: $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{có màng}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

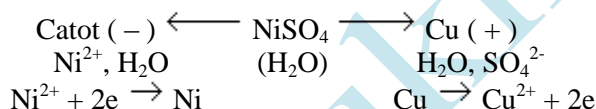
Nếu không có màng ngăn thì: $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ nên phương trình điện phân là: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{không màng}} \text{NaClO} + \text{H}_2$

- Điện phân dung dịch NiSO₄ với anot trơ có thể biểu diễn bằng sơ đồ:



Phương trình điện phân là: $2\text{NiSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Ni} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$

- Điện phân dung dịch NiSO₄ với anot bằng Cu có thể biểu diễn bằng sơ đồ:



Phương trình điện phân là: $\text{NiSO}_4 + \text{Cu} \longrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Ni}$

- Điện phân dung dịch CuSO₄ với anot bằng Cu (như hình vẽ sau đây):

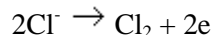
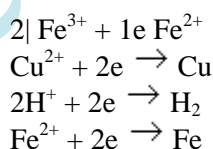
Ở catot (-): $\text{Cu}^{2+}(\text{dd}) + 2\text{e} \longrightarrow \text{Cu}$ làm giảm nồng độ ion Cu²⁺ ở bên nhánh trái của ống chữ U

Ở anot (+): $\text{Cu}(\text{r}) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{dd}) + 2\text{e}$ làm tăng nồng độ ion Cu²⁺ ở bên nhánh trái của ống chữ U và anot dần dần bị hòa tan

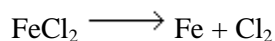
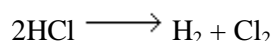
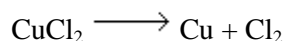
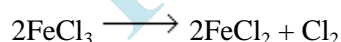
Phương trình điện phân là: $\text{Cu}(\text{r}) + \text{Cu}^{2+}(\text{dd}) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{dd}) + \text{Cu}(\text{r})$

- Điện phân dung dịch hỗn hợp chứa FeCl₃, CuCl₂ và HCl với anot trơ có thể biểu diễn bằng sơ đồ:

Catot (-) \longleftarrow FeCl₃, CuCl₂, HCl \longrightarrow Anot (+)



Quá trình điện phân lần lượt xảy ra ở các điện cực là:



III – ĐỊNH LUẬT FARADAY

Khối lượng chất giải phóng ở mỗi điện cực tỉ lệ với điện lượng đi qua dung dịch và đương lượng của chất

$$m = \frac{A}{n} \times \frac{I t}{F}$$

Trong đó:

- m: khối lượng chất giải phóng ở điện cực (gam)
- A: khối lượng mol nguyên tử của chất thu được ở điện cực
- n: số electron mà nguyên tử hoặc ion đã cho hoặc nhận
- I: cường độ dòng điện (A)
- t: thời gian điện phân (s)
- F: hằng số Faraday là điện tích của 1 mol electron hay điện lượng cần thiết để 1 mol electron chuyển dời trong mạch ở catot hoặc ở anot ($F = 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \approx 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

$$\frac{A}{n}$$

- $\frac{A}{n}$: đương lượng gam hóa học

$$\frac{I t}{F}$$

Biểu thức liên hệ: $Q = I t = 96500 \cdot n_e \rightarrow n_e = \frac{I t}{F}$ (n_e là số mol electron trao đổi ở điện cực)

Ví dụ: Điện phân 100 ml dung dịch NaCl với điện cực trơ có màng ngăn với cường độ dòng điện $I = 1,93 \text{ A}$. Dung dịch thu được sau khi điện phân có $\text{pH} = 12$. Biết thể tích dung dịch không đổi, clo không hòa tan trong nước và hiệu suất điện phân 100%. Thời gian tiến hành điện phân là:

- A. 50 s B. 60 s C. 100 s D. 200 s

Giải:

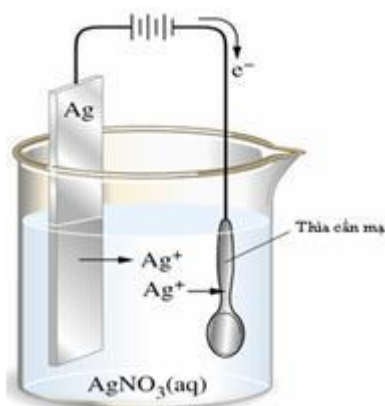
$$\text{pH} = 12 \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-2} \rightarrow n_{\text{OH}^-} = 10^{-3} \text{ M}$$

Tại catot (-) xảy ra phản ứng: $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow n_e = 10^{-3} \text{ mol} \rightarrow t = \frac{n_e \cdot F}{I} = \frac{10^{-3} \cdot 96500}{1,93} = 50 \text{ s}$

hoặc $\rightarrow m_{\text{H}_2} = 10^{-3} \text{ gam} \rightarrow t = \frac{m \cdot n \cdot F}{A \cdot I} = \frac{10^{-3} \cdot 2 \cdot 96500}{2 \cdot 1,93} = 50 \text{ s} \rightarrow \text{Đáp án A}$

IV - ỨNG DỤNG CỦA ĐIỆN PHÂN

Sự điện phân có nhiều ứng dụng trong công nghiệp



1. Điều chế các kim loại (xem bài điều chế các kim loại)
2. Điều chế một số phi kim như H_2 , O_2 , F_2 , Cl_2
3. Điều chế một số hợp chất như NaOH , H_2O_2 , nước Gia - ven
4. Tinh chế một số kim loại như Cu , Pb , Zn , Fe , Ag , $\text{Au} \dots$
5. Mạ điện

Điện phân với anot tan cũng được dùng trong mạ điện, nhằm bảo vệ kim loại khỏi bị ăn mòn và tạo vẻ đẹp cho vật mạ. Anot là kim loại dùng để mạ (như hình vẽ là vàng) còn catot là vật cần mạ (cái thìa). Lớp mạ thường rất mỏng, có độ dày từ $5 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$

Phương pháp giải bài tập về điện phân

I – NHẮC LẠI LÝ THUYẾT

1) Điện phân chất điện li nóng chảy: áp dụng đối với MCl_n , $M(OH)_n$ và Al_2O_3 (M là kim loại nhóm IA và IIA)

2) Điện phân dung dịch chất điện li trong nước:

- Vai trò của nước: trước hết là dung môi hòa tan các chất điện phân, sau đó có thể tham gia trực tiếp vào quá trình điện phân:

+ Tại catot (cực âm) H_2O bị khử: $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$

+ Tại anot (cực dương) H_2O bị oxi hóa: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e$

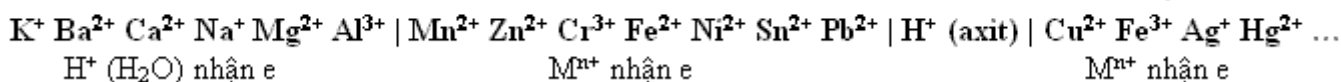
- Tại catot (cực âm) xảy ra quá trình khử M^+ , H^+ (axit), H_2O theo quy tắc:

+ Các cation nhóm IA, IIA, Al^{3+} không bị khử (khi đó H_2O bị khử)

+ Các ion H^+ (axit) và cation kim loại khác bị khử theo thứ tự trong dãy thế điện cực chuẩn (ion có tính oxi hóa mạnh hơn bị khử trước): $M^{n+} + ne \rightarrow M$

+ Các ion H^+ (axit) dễ bị khử hơn các ion H^+ (H_2O)

Độ mạnh tính oxi hóa tăng dần



+ Ví dụ khi điện phân dung dịch hỗn hợp chứa $FeCl_3$, $CuCl_2$ và HCl thì thứ tự các ion bị khử là: $Fe^{3+} + 1e \rightarrow Fe^{2+}$; $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$; $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$; $Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$

- Tại anot (cực dương) xảy ra quá trình oxi hóa anion gốc axit, OH^- (bazơ kiềm), H_2O theo quy tắc:

+ Các anion gốc axit có oxi như NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , ClO_4^- ... không bị oxi hóa

+ Các trường hợp khác bị oxi hóa theo thứ tự: $S^{2-} > I^- > Br^- > Cl^- > RCOO^- > OH^- > H_2O$

3) Định luật Faraday

$$m = \frac{A}{n} \times \frac{It}{F}$$

Trong đó:

+ m: khối lượng chất giải phóng ở điện cực (gam)

+ A: khối lượng mol của chất thu được ở điện cực

+ n: số electron trao đổi ở điện cực

+ I: cường độ dòng điện (A)

+ t: thời gian điện phân (s)

+ F: hằng số Faraday là điện tích của 1 mol electron hay điện lượng cần thiết để 1 mol electron chuyển dời trong mạch ở catot hoặc ở anot ($F = 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \approx 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

II – MỘT SỐ CƠ SỞ ĐỂ GIẢI BÀI TẬP VỀ ĐIỆN PHÂN

- Khối lượng catot tăng chính là khối lượng kim loại tạo thành sau điện phân bám vào

- m (dung dịch sau điện phân) = m (dung dịch trước điện phân) – (m kết tủa + m khí)

- Độ giảm khối lượng của dung dịch: $\Delta m = (m \text{ kết tủa} + m \text{ khí})$

- Khi điện phân các dung dịch:

+ Hidroxit của kim loại hoạt động hóa học mạnh (KOH, NaOH, $Ba(OH)_2$,...)

+ Axit có oxi (HNO_3 , H_2SO_4 , $HClO_4$,...)

+ Muối tạo bởi axit có oxi và bazơ kiềm (KNO_3 , Na_2SO_4 ,...)

→ Thực tế là điện phân H₂O để cho H₂ (ở catot) và O₂ (ở anot)

- Khi điện phân dung dịch với anot là một kim loại không trơ (không phải Pt hay điện cực than chì) thì tại anot chỉ xảy ra quá trình oxi hóa điện cực
- Có thể có các phản ứng phụ xảy ra giữa từng cặp: chất tạo thành ở điện cực, chất tan trong dung dịch, chất dùng làm điện cực. Ví dụ:
 - + Điện phân nóng chảy Al₂O₃ (có Na₃AlF₆) với anot làm bằng than chì thì điện cực bị ăn mòn dần do chúng cháy trong oxi mới sinh
 - + Điện phân dung dịch NaCl không màng ngăn tạo ra nước Gia-ven và có khí H₂ thoát ra ở catot
 - + Phản ứng giữa axit trong dung dịch với kim loại bám trên catot
- Viết phản ứng (thu hoặc nhường electron) xảy ra ở các điện cực theo đúng thứ tự, không cần viết phương trình điện phân tổng quát
- Viết phương trình điện phân tổng quát (như những phương trình hóa học thông thường) để tính toán khi cần thiết

$$= \frac{m}{A} = \frac{I.t}{n.F}$$

- Từ công thức Faraday → số mol chất thu được ở điện cực
- Nếu đề bài cho I và t thì trước hết tính số mol electron trao đổi ở từng điện cực (n_e) theo công thức: $n_e = \frac{I.t}{F}$ (*) (với F = 96500 khi t = giây và F = 26,8 khi t = giờ). Sau đó dựa vào thứ tự điện phân, so sánh tổng số mol electron nhường hoặc nhận với n_e để biết mức độ điện phân xảy ra. Ví dụ để dự đoán xem cation kim loại có bị khử hết không hay nước có bị điện phân không và H₂O có bị điện phân thì ở điện cực nào...
- Nếu đề bài cho lượng khí thoát ra ở điện cực hoặc sự thay đổi về khối lượng dung dịch, khối lượng điện cực, pH,... thì dựa vào các bán phản ứng để tính số mol electron thu hoặc nhường ở mỗi điện cực rồi thay vào công thức (*) để tính I hoặc t
- Nếu đề bài yêu cầu tính điện lượng cần cho quá trình điện phân thì áp dụng công thức: $Q = I.t = n_e.F$
- Có thể tính thời gian t' cần điện phân hết một lượng ion mà đề bài đã cho rồi so sánh với thời gian t trong đề bài. Nếu t' < t thì lượng ion đó đã bị điện phân hết còn nếu t' > t thì lượng ion đó chưa bị điện phân hết
- Khi điện phân các dung dịch trong các bình điện phân mắc nối tiếp thì cường độ dòng điện và thời gian điện phân ở mỗi bình là như nhau → sự thu hoặc nhường electron ở các điện cực cùng tên phải như nhau và các chất sinh ra ở các điện cực cùng tên tỉ lệ mol với nhau
- Trong nhiều trường hợp có thể dùng định luật bảo toàn mol electron (số mol electron thu được ở catot = số mol electron nhường ở anot) để giải cho nhanh

III – MỘT SỐ VÍ DỤ MINH HỌA

Ví dụ 1: Điện phân hòa toàn 2,22 gam muối clorua kim loại ở trạng thái nóng chảy thu được 448 ml khí (ở đktc) ở anot. Kim loại trong muối là:

- A. Na B. Ca C. K D. Mg

Hướng dẫn: $nCl_2 = 0,02$

Tại catot: $M^{n+} + ne \rightarrow M$ Theo đlbt khối lượng $mM = m(\text{muối}) - m(Cl_2) = 2,22 - 0,02 \cdot 71 = 0,8$ gam

0,04

Tại anot: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$ Theo đlbt mol electron ta có $nM = \frac{0,04}{2} \rightarrow M = 20 \cdot n \rightarrow n = 2$ và M là Ca

(hoặc có thể viết phương trình điện phân $MCl_n \xrightarrow{\text{đpnc}} M + n/2Cl_2$ để tính) → **đáp án B**

Ví dụ 2: Tiến hành điện phân (với điện cực Pt) 200 gam dung dịch NaOH 10 % đến khi dung dịch NaOH trong bình có nồng độ 25 % thì ngừng điện phân. Thể tích khí (ở đktc) thoát ra ở anot và catot lần lượt là:

- A. 149,3 lít và 74,7 lít B. 156,8 lít và 78,4 lít
C. 78,4 lít và 156,8 lít D. 74,7 lít và 149,3 lít

Hướng dẫn: $mNaOH$ (trước điện phân) = 20 gam

Điện phân dung dịch NaOH thực chất là điện phân nước: $H_2O \rightarrow 1/2 O_2$ (anot) + H_2 (catot) → NaOH không

đôi $\rightarrow m$ (dung dịch sau điện phân) = 80 gam $\rightarrow m$ (H_2O bị điện phân) = $200 - 80 = 120$ gam $\rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = 20/3$ mol $\rightarrow V_{\text{O}_2} = 74,7$ lít và $V_{\text{H}_2} = 149,3$ lít \rightarrow **đáp án D**

Ví dụ 3: Sau một thời gian điện phân 200 ml dung dịch CuSO_4 ($d = 1,25$ g/ml) với điện cực graphite (than chì) thấy khối lượng dung dịch giảm 8 gam. Để làm kết tủa hết ion Cu^{2+} còn lại trong dung dịch sau điện phân cần dùng 100 ml dung dịch H_2S 0,5 M. Nồng độ phần trăm của dung dịch CuSO_4 ban đầu là:

- A. 12,8 % **B. 9,6 %** C. 10,6 % D. 11,8 %

Hướng dẫn: $n_{\text{H}_2\text{S}} = 0,05$ mol

- Gọi x là số mol CuSO_4 tham gia quá trình điện phân: $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (1) $\rightarrow m$ (dung dịch giảm) = $m_{\text{Cu}}(\text{catot}) + m_{\text{O}_2}(\text{anot}) = 64x + 16x = 8 \rightarrow x = 0,1$ mol - $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (2)

$\rightarrow n_{\text{H}_2\text{S}} = n_{\text{CuSO}_4} = 0,05$ mol

- Từ (1) và (2) $\rightarrow n_{\text{CuSO}_4}$ (ban đầu) = $0,1 + 0,05 = 0,15$ (mol) $\rightarrow C\% = \frac{0,15 \cdot 160}{200 \cdot 1,25} = 9,6\%$

\rightarrow **đáp án B**

Ví dụ 4: Điện phân 100 ml dung dịch CuSO_4 0,2 M với cường độ dòng điện 9,65A. Tính khối lượng Cu bám vào catot khi thời gian điện phân $t_1 = 200$ s và $t_2 = 500$ s. Biết hiệu suất điện phân là 100 %

- A. 0,32 gam và 0,64 gam **B. 0,64 gam và 1,28 gam**
C. 0,64 gam và 1,60 gam D. 0,64 gam và 1,32 gam

Hướng dẫn: $n_{\text{CuSO}_4} = 0,02 = n_{\text{Cu}^{2+}}$

$$\frac{0,02 \cdot 2 \cdot 96500}{9,65} = 400$$

Thời gian cần thiết để điện phân hết Cu^{2+} là $t = \frac{9,65}{9,65} = 100$ s $\rightarrow t_1 < t < t_2 \rightarrow$ Tại t_1 có 1/2 số mol Cu^{2+} bị điện phân $\rightarrow m_1 = 0,01 \cdot 64 = 0,64$ gam và tại t_2 Cu^{2+} đã bị điện phân hết $\rightarrow m_2 = 1,28$ gam \rightarrow **đáp án B**

Ví dụ 5: Điện phân 200 ml dung dịch CuSO_4 với điện cực trơ và cường độ dòng điện 1A. Khi thấy ở catot bắt đầu có bọt khí thoát ra thì dừng điện phân. Để trung hòa dung dịch thu được sau khi điện phân cần dùng 100 ml dung dịch NaOH 0,1M. Thời gian điện phân và nồng độ mol của dung dịch CuSO_4 ban đầu là:

- A. 965 s và 0,025 M** B. 1930 s và 0,05 M
C. 965 s và 0,05 M D. 1930 s và 0,025 M

Hướng dẫn: $n_{\text{NaOH}} = 0,01$ mol

- Khi ở catot bắt đầu có bọt khí (H_2) thoát ra chứng tỏ CuSO_4 đã bị điện phân hết theo phương trình:



- $n_{\text{NaOH}} = n_{\text{OH}^-} = 0,01$ mol $\rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,5 \cdot n_{\text{H}^+} = 0,5 \cdot n_{\text{OH}^-} = 0,005$ (mol) $\rightarrow n_{\text{Cu}} = n_{\text{CuSO}_4} = 0,005$

(mol) $\rightarrow \frac{1 \cdot t}{2 \cdot 96500} = 0,005 \rightarrow t = 965$ s và $C_{\text{M}(\text{CuSO}_4)} = \frac{0,005}{0,2} = 0,025$ M (hoặc có thể dựa vào các phản ứng thu hoặc nhường electron ở điện cực để tính) \rightarrow **đáp án A**

Ví dụ 6: Điện phân 200 ml dung dịch hỗn hợp AgNO_3 0,1 M và $\text{Cu(NO}_3)_2$ 0,2 M với điện cực trơ và cường độ dòng điện bằng 5A. Sau 19 phút 18 giây dừng điện phân, lấy catot sấy khô thấy tăng m gam. Giá trị của m là:

- A. 5,16 gam B. 1,72 gam C. 2,58 gam **D. 3,44 gam**

Hướng dẫn: $n_{\text{Ag}^+} = 0,02$ mol ; $n_{\text{Cu}^{2+}} = 0,04$ mol

$$\frac{I \cdot t}{F} = \frac{5 \cdot (19 \cdot 60 + 18)}{96500} = 0,06$$

- Ta có $n_e = \frac{I \cdot t}{F} = 0,06$ mol

- Thứ tự các ion bị khử tại catot:

$\text{Ag}^+ + 1e \rightarrow \text{Ag}$ (1) → sau (1) còn $0,06 - 0,02 = 0,04$ mol electron

0,02 0,02 0,02

$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Cu}$ (2) → sau (2) còn dư $0,02$ mol Cu^{2+}

0,02 0,04 0,02

$m(\text{catot tăng}) = m(\text{kim loại bám vào}) = 0,02 \cdot (108 + 64) = 3,44 \text{ gam} \rightarrow \text{đáp án D}$

Ví dụ 7: Hòa tan 50 gam tinh thể $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ vào 200 ml dung dịch HCl 0,6 M thu được dung dịch X. Đem điện phân dung dịch X (các điện cực trơ) với cường độ dòng điện 1,34A trong 4 giờ. Khối lượng kim loại thoát ra ở catot và thể tích khí thoát ra ở anot (ở đktc) lần lượt là (Biết hiệu suất điện phân là 100 %):

A. 6,4 gam và 1,792 lít

B. 10,8 gam và 1,344 lít

C. 6,4 gam và 2,016 lít

D. 9,6 gam và 1,792 lít

Hướng dẫn: $n\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = n\text{CuSO}_4 = 0,2 \text{ mol}$; $n\text{HCl} = 0,12 \text{ mol}$

$$\frac{I t}{F} = \frac{1,34 \cdot 4}{26,8} = 0,2$$

- Ta có $n_e = 0,2 \text{ mol}$

- Thứ tự điện phân tại catot và anot là:

Tại catot: $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ chưa bị điện phân hết → $m(\text{kim loại ở catot}) = 0,1 \cdot 64 = 6,4 \text{ gam}$

Tại anot:

$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e \rightarrow n_e(\text{do Cl}^- \text{ nhường}) = 0,12 < 0,2 \text{ mol} \rightarrow$ tại anot Cl^- đã bị điện phân hết và đến nước bị điện phân → $n_e(\text{do H}_2\text{O} \text{ nhường}) = 0,2 - 0,12 = 0,08 \text{ mol}$

$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e$

$V(\text{khí thoát ra ở anot}) = (0,06 + 0,02) \cdot 22,4 = 1,792 \text{ lít} \rightarrow \text{đáp án A}$

Ví dụ 8: Có 200 ml dung dịch hỗn hợp $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ và AgNO_3 , để điện phân hết ion kim loại trong dung dịch cần dùng cường độ dòng điện 0,402A trong 4 giờ. Sau khi điện phân xong thấy có 3,44 gam kim loại bám ở catot. Nồng độ mol của $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ và AgNO_3 trong hỗn hợp đầu lần lượt là:

A. 0,2 M và 0,1 M

B. 0,1 M và 0,2 M

C. 0,2 M và 0,2 M

D. 0,1 M và 0,1 M

Hướng dẫn:

$$\frac{I t}{F} = \frac{0,402 \cdot 4}{26,8} = 0,06$$

- Ta có $n_e = 0,06 \text{ mol}$

- Tại catot: $\text{Ag}^+ + 1e \rightarrow \text{Ag}$

Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} 2x + y = 0,06 \\ 64x + 108y = 3,44 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 0,02 \\ y = 0,02 \end{cases}$$

$\begin{matrix} x & & x \text{ (mol)} \\ \text{Cu}^{2+} + 2e & \rightarrow & \text{Cu} \\ y & & y \text{ (mol)} \end{matrix}$

→ $C_M \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = C_M \text{AgNO}_3 = 0,1 \text{ M} \rightarrow \text{đáp án D}$

Ví dụ 9: Hòa tan 4,5 gam tinh thể $\text{MSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ vào nước được dung dịch X. Điện phân dung dịch X với điện cực trơ và cường độ dòng điện 1,93A. Nếu thời gian điện phân là t (s) thì thu được kim loại M ở catot và 156,8 ml khí tại anot. Nếu thời gian điện phân là $2t$ (s) thì thu được 537,6 ml khí. Biết thể tích các khí đo ở đktc. Kim loại M và thời gian t lần lượt là:

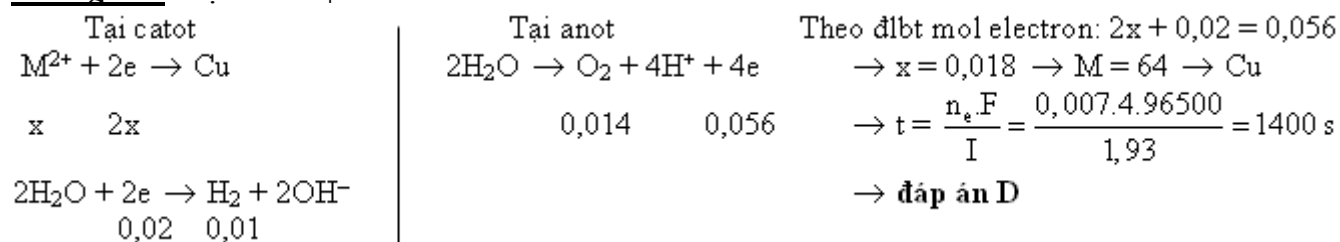
A. Ni và 1400 s

B. Cu và 2800 s

C. Ni và 2800 s

D. Cu và 1400 s

Hướng dẫn: Gọi $n\text{MSO}_4 = n\text{M}^{2+} = x \text{ mol}$



Ví dụ 10: Mắc nối tiếp hai bình điện phân: bình (1) chứa dung dịch MCl_2 và bình (2) chứa dung dịch AgNO_3 . Sau 3 phút 13 giây thì ở catot bình (1) thu được 1,6 gam kim loại còn ở catot bình (2) thu được 5,4 gam kim loại. Cả hai bình đều không thấy khí ở catot thoát ra. Kim loại M là:

- A. Zn B. Cu C. Ni D. Pb

Hướng dẫn: - Do hai bình mắc nối tiếp nên ta có:

$$Q = I.t = \frac{1,6 \cdot 2 \cdot F}{M} = \frac{5,4 \cdot 1 \cdot F}{108} \rightarrow M = 64 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{đáp án B}$$

Ví dụ 11: Điện phân nóng chảy Al_2O_3 với anot than chì (hiệu suất điện phân 100 %) thu được m kg Al ở catot và $67,2 \text{ m}^3$ (ở đktc) hỗn hợp khí X có tỉ khối so với hydro bằng 16. Lấy $2,24 \text{ lít}$ (ở đktc) hỗn hợp khí X sục vào dung dịch nước vôi trong (dư) thu được 2 gam kết tủa. Giá trị của m là:

- A. 54,0 kg B. 75,6 kg C. 67,5 kg D. 108,0 kg

Hướng dẫn: $2\text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{đpnc}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2$ (1); $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} \text{CO}_2$ (2); $2\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} 2\text{CO}$ (3)

- Do $\bar{M}_X = 32 \rightarrow$ hỗn hợp X có CO_2 ; CO (x mol) và O_2 dư (y mol)

- $2,24 \text{ lít X} + \text{Ca(OH)}_2 \text{ dư} \rightarrow 0,02 \text{ mol kết tủa} = n\text{CO}_2 \rightarrow$ trong $67,2 \text{ m}^3 \text{ X}$ có 0,6 CO_2

$$\frac{44 \cdot 0,6 + 28x + 32y}{3} = 32$$

- Ta có hệ phương trình: $\frac{3}{2,14 \cdot 27} = 75,6$ và $0,6 + x + y = 3 \rightarrow x = 1,8$ và $y = 0,6$

Từ (1); (2); (3) $\rightarrow m\text{Al} = \frac{2,14 \cdot 27}{3} = 75,6 \text{ kg} \rightarrow$ **đáp án B**