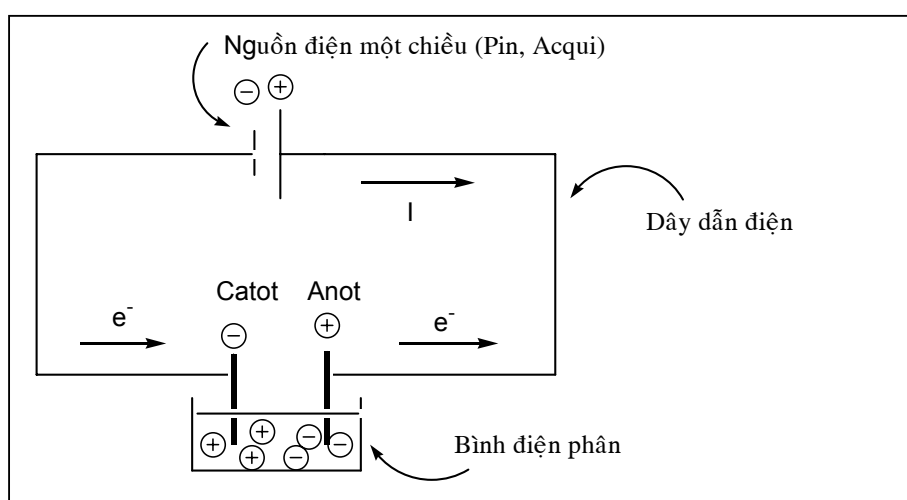


Vấn đề II vô cơ**ĐIỆN PHÂN****I. ĐỊNH NGHĨA**

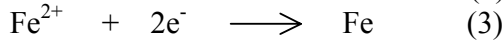
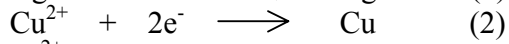
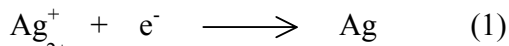
Sự điện phân là quá trình oxi hóa, quá trình khử xảy ra tại bề mặt các điện cực khi có dòng điện một chiều đi qua dung dịch chất điện li hay chất điện li ở trạng thái nóng chảy.



- Điện cực nối với cực âm của máy phát điện (nguồn điện một chiều) gọi là **cực âm** hay **catot (catod)**.
- Điện cực nối với cực dương của máy phát điện gọi là **cực dương** hay **anot (anod)**.
- Tại bề mặt của **catot** luôn luôn có **quá trình khử** xảy ra, là quá trình trong đó chất oxi hóa nhận điện tử để tạo thành chất khử tương ứng.
- Tại bề mặt **anot** luôn luôn có **quá trình oxi hóa** xảy ra, là quá trình trong đó chất khử cho điện tử để tạo thành chất oxi hoá tương ứng.
- Khi có nhiều chất khử khác nhau, thường là các ion kim loại khác nhau (ion dương) cùng về catot thì **chất nào có tính oxi hóa mạnh nhất sẽ bị khử trước**; Khi hết chất oxi hóa mạnh nhất mà còn điện phân tiếp tục, thì chất oxi hóa yếu hơn kế tiếp mới bị khử sau;...

Thí dụ: Có các ion kim loại Cu^{2+} , Ag^+ , Fe^{2+} cùng về catot bình điện phân.

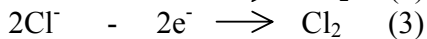
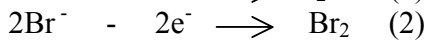
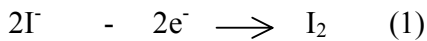
Do độ mạnh tính oxi hóa giảm dần như sau: $\text{Ag}^+ > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$, nên quá trình khử lần lượt xảy ra ở catot là:



- Tương tự, khi có nhiều chất khử khác nhau, thường là các anion phi kim khác nhau, cùng về anot, thì **chất khử nào mạnh nhất sẽ bị oxi hóa trước**; Khi hết chất khử mạnh nhất mà còn điện phân tiếp tục thì chất khử yếu hơn kế tiếp mới bị oxi hóa sau;...

Thí dụ: Có các anion Cl^- , Br^- , I^- cùng về anot trơ.

Do độ mạnh tính khử giảm dần như sau: $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$, nên quá trình oxi hóa lần lượt xảy ra ở anot như sau:



- Trong dãy thế điện hóa (dãy hoạt động hóa học các kim loại, dãy Beketov), người ta sắp các kim loại (trừ H_2 là phi kim) theo thứ tự **từ trước ra sau có độ mạnh tính khử giảm dần**, còn các **ion kim loại tương ứng (ion dương) từ trước ra sau có độ mạnh tính oxi hóa tăng dần**.

K Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Ni Sn Pb H Cu Ag Hg Pt Au
 \longrightarrow Chiều tính khử giảm dần

$\text{K}^+ \text{Ca}^{2+} \text{Na}^+ \text{Mg}^{2+} \text{Al}^{3+} \text{Mn}^{2+} \text{Zn}^{2+} \text{Cr}^{3+} \text{Fe}^{2+} \text{Ni}^{2+} \text{Sn}^{2+} \text{Pb}^{2+} \text{H}^+ \text{Cu}^{2+} \text{Ag}^+ \text{Hg}^{2+} \text{Pt}^{2+} \text{Au}^{3+}$
 \longrightarrow Chiều tính oxi hóa tăng dần

- **Thế điện hóa chuẩn của cặp oxi hóa khử nào càng lớn về đại số thì chất oxi hóa đó càng mạnh và chất khử tương ứng càng yếu.**

$E_{\text{Ox}_1/\text{Kh}_1}^0 > E_{\text{Ox}_2/\text{Kh}_2}^0 \Rightarrow$	Tính oxi hóa: $\text{Ox}_1 > \text{Ox}_2$ Tính khử: $\text{Kh}_1 < \text{Kh}_2$
---	--

- Thực nghiệm cho biết: $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 > E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 > E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 > E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0$

Do đó, tính oxi hóa: $\text{Ag}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$
 tính khử: $\text{Ag} < \text{Fe}^{2+} < \text{Cu} < \text{Fe}$

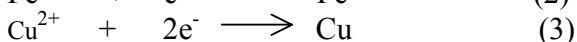
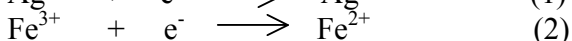
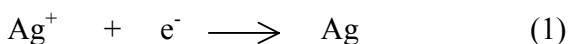
- Độ mạnh tính khử các chất giảm dần như sau: (áp dụng trong điện phân)

Tính khử: Kim loại (trừ Pt) > S²⁻ > I⁻ > Br⁻ > Cl⁻ > OH⁻ > H₂O

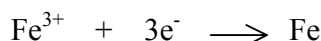
(Do tính oxi hóa: Cl₂ > Br₂ > I₂ > S nên độ mạnh tính khử: Cl⁻ < Br⁻ < I⁻ < S²⁻)

Thí dụ: Hãy viết các quá trình khử lần lượt xảy ra ở catot khi điện phân dung dịch có chứa các cation: Fe³⁺, Ag⁺, Cu²⁺.

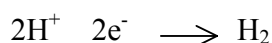
Do tính oxi hóa giảm dần như sau: Ag⁺ > Fe³⁺ > Cu²⁺ > Fe²⁺ > H₂O nên quá trình khử lần lượt xảy ra ở catot là:



Nếu không có Cu²⁺, thì Fe³⁺ bị khử tạo ra Fe mà không xảy ra quá trình (2)



Nếu có sự tạo ion H⁺ ở anot thì H₂O không bị khử (quá trình (5)) mà là ion H⁺ bị khử:



Do ion H⁺ trong nước có nồng độ rất nhỏ nên ion H⁺ của axit dễ bị khử hơn ion H⁺ của H₂O, H₂O tham gia điện phân ở quá trình (5) thực chất là H⁺ của H₂O bị khử).

II. SỰ ĐIỆN PHÂN CHẤT ĐIỆN LI NÓNG CHẢY

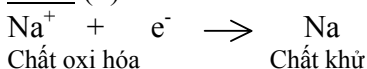
Khi đun nóng ở nhiệt độ cao thì chất điện li nóng chảy (hóa lỏng), các ion dương và ion âm bây giờ linh động hơn so với khi ở trạng thái rắn. Các ion dương (cation) mang điện tích dương nên sẽ di chuyển về cực âm (catot), tại đây có quá trình khử xảy ra; Còn các ion âm (anion) mang điện tích âm nên sẽ di chuyển về cực dương (anot), tại đây có quá trình oxi hóa xảy ra.

Các thí dụ, trình bày sự điện phân nóng chảy ứng với các trường hợp (thí dụ) sau đây:

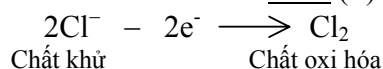
Thí dụ 1: Điện phân muối ăn nóng chảy.

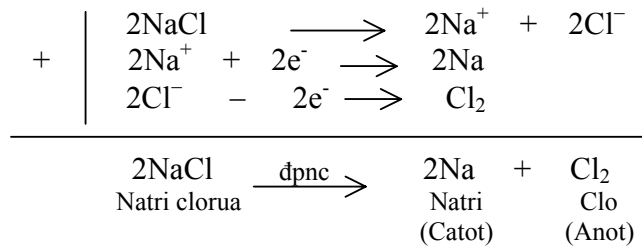
NaCl nóng chảy
(Na⁺, Cl⁻)

Catot (-)



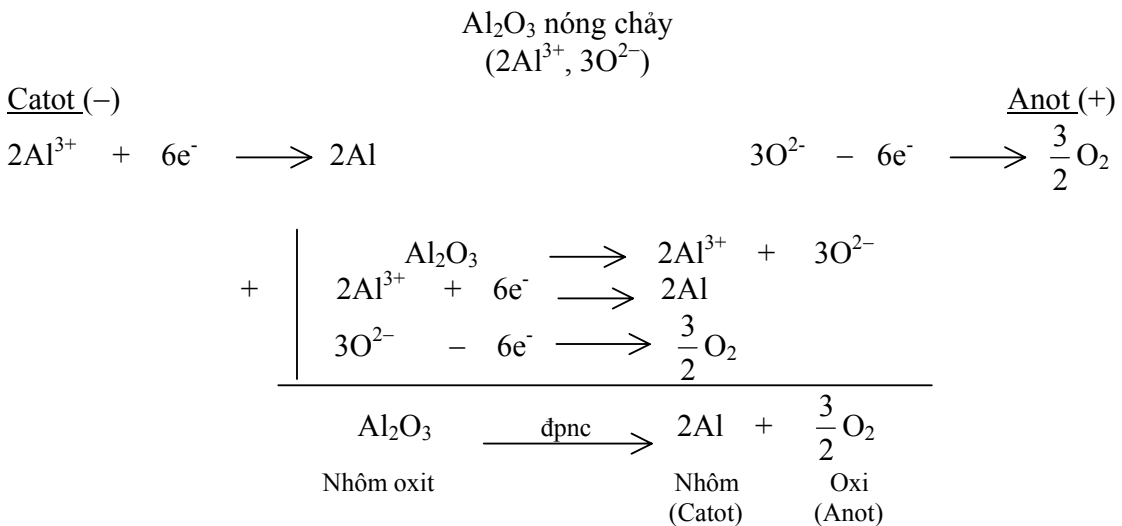
Anot (+)





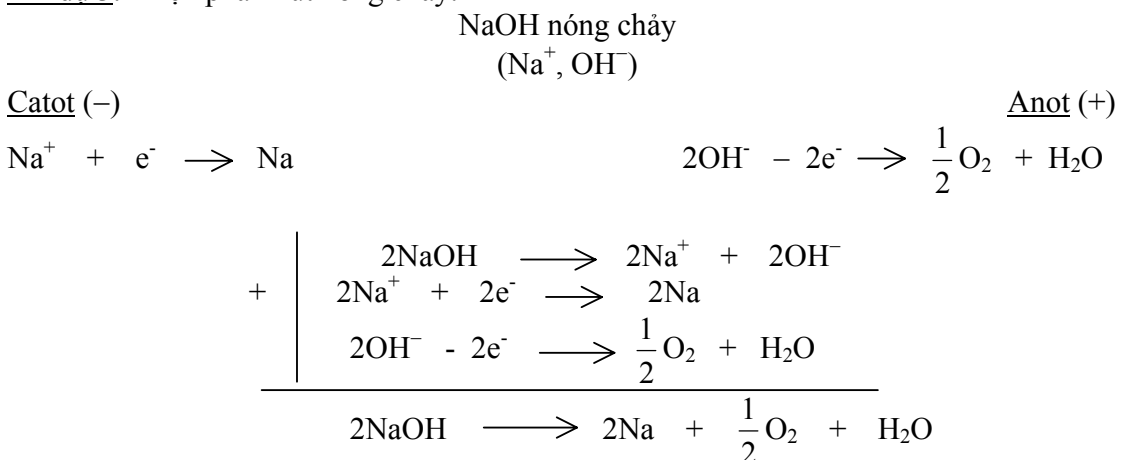
Như vậy khi điện phân muối ăn nóng chảy, ta thu được natri ở catot và khí clo ở anot.

Thí dụ 2: Điện phân nhôm oxit nóng chảy.



Điện phân nóng chảy nhôm oxit thu được kim loại nhôm ở catot, khí oxi ở anot bình điện phân.

Thí dụ 3: Điện phân xút nóng chảy.



Natri hidroxit Natri Oxi Hơi nước

Điện phân xút nóng chảy, thu được natri ở catot, khí oxi và hơi nước ở anot.

Thí dụ 4: Điện phân hỗn hợp muối natri clorua và magie clorua nóng chảy.

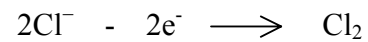
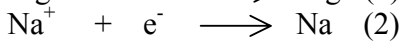
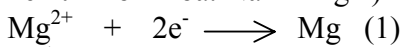
Hỗn hợp NaCl - MgCl₂ nóng chảy
(Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻)

Catot (-)

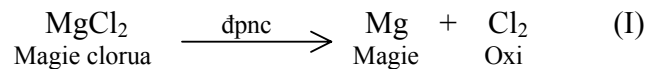
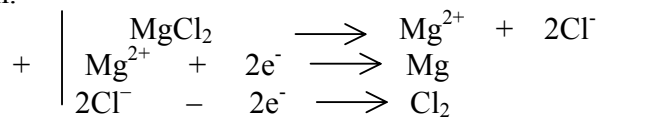
Anot (+)

(Tính khử: Na > Mg

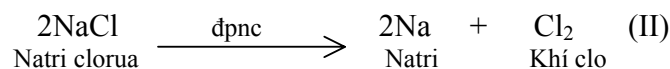
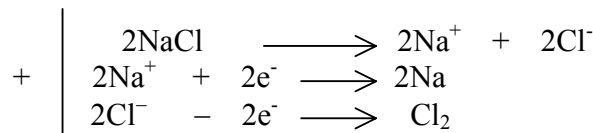
nên tính oxi hóa: Na⁺ < Mg²⁺)



Như vậy coi như MgCl₂ tham gia điện phân trước; Sau khi hết MgCl₂, NaCl mới tham gia điện phân.



Sau khi hết MgCl₂, đến NaCl tham gia điện phân

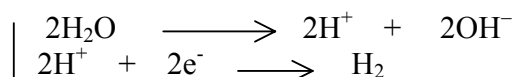


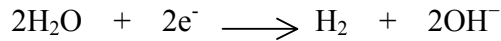
Như vậy khi điện phân hỗn hợp muối NaCl - MgCl₂ thì thu được Mg, Na ở catot, khí clo ở anot.

III. SỰ ĐIỆN PHÂN DUNG DỊCH CHẤT ĐIỆN LI

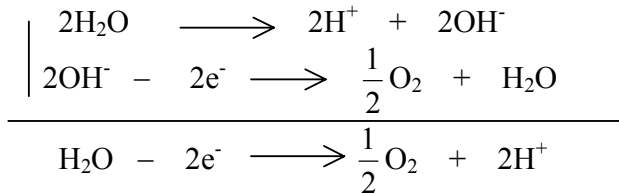
Khi điện phân dung dịch chất điện li thì tùy trường hợp, dung môi nước của dung dịch có thể tham gia điện phân ở catot hay ở anot. Nếu nước tham gia điện phân thì:

- **Ở catot:** Do ở catot có quá trình khử xảy ra nên H₂O sẽ đóng vai trò chất oxi hóa, nó bị khử tạo khí hiđro (H₂) thoát ra, đồng thời phóng thích ion OH⁻ ra dung dịch.



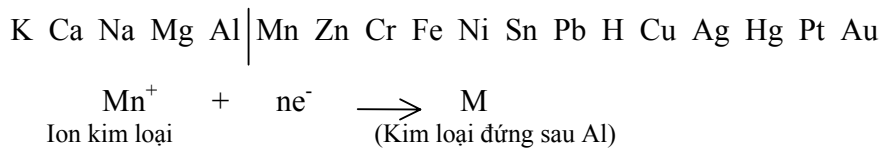


- **Ở anot:** Do ở anot có quá trình oxi hóa xảy ra nên nước sẽ đóng vai trò *chất khử*, nó bị oxi hóa tạo khí oxi (O_2) thoát ra, đồng thời phóng thích ion H^+ ra dung dịch.

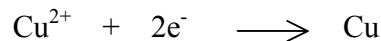


III.1. Ở catot

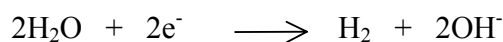
Thực nghiệm cho thấy khi điện phân dung dịch chứa các *ion kim loại đứng sau nhôm (Al) trong dãy thế điện hóa thì các ion kim loại này bị khử tạo thành kim loại bám vào điện cực catot*. Ion nào càng đứng sau thì có tính oxi hóa càng mạnh nên càng bị khử trước ở catot. (Hiệu là kim loại đứng sau nhôm có tính khử yếu, do đó ion các kim loại này (ion dương) có tính oxi hóa mạnh. Chúng có tính oxi hóa mạnh hơn nước nên các ion dương này bị khử trước nước.



Thí dụ: Ion Cu^{2+} về catot bình điện phân khi điện phân dung dịch có chứa ion Cu^{2+} thì ion này bị khử ở catot:



Còn khi điện phân dung dịch chứa *ion kim loại từ nhôm trở về trước (ion kim loại Al^{3+} , Mg^{2+} , ion kim loại kiềm thổ, ion kim loại kiềm) thì các ion kim loại này không bị khử ở catot mà là H_2O của dung dịch bị khử tạo H_2 bay ra và phóng thích ion OH^- trong dung dịch (ion OH^- kết hợp ion kim loại tạo hydroxit kim loại tương ứng). Có thể hiểu là các kim loại từ Al trở về trước có tính khử mạnh rất mạnh, nên các ion kim loại này có tính oxi hóa rất yếu, yếu hơn H_2O . Do đó H_2O bị khử trước ở catot. Và một khi nước bị khử ở catot thì đây cũng là giai đoạn chót ở catot, vì khi hết nước thì cũng không còn dung dịch nữa, nên sự điện phân sẽ ngừng. Các ion kim loại từ Al trở về trước chỉ bị khử tạo kim loại tương ứng khi điện phân nóng chảy chất điện có chứa các ion này.*

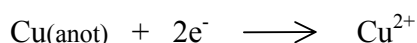


III.2. Ở Anot

Quá trình oxi hóa ở anot phụ thuộc vào *bản chất của chất làm điện cực anot* và *bản chất của anion* đi về phía anot.

- Nếu *anot tan* (không trơ, không bền): *Anot được làm bằng các kim loại thông thường* (trừ Pt) (như Ag, Cu, Fe, Ni, Zn, Al...) thì *kim loại dùng làm anot oxi hóa (bị hòa tan) còn các anion đi về anot không bị oxi hóa*. Có thể hiểu một cách gần đúng là kim loại được dùng làm kim loại có tính khử mạnh hơn các chất khử khác đi về anot trong dung dịch, nên kim loại được dùng làm điện cực anot bị oxi hóa trước. Và một khi điện cực anot bị oxi hóa (bị ăn mòn) thì đây cũng là giai đoạn cuối ở anot. Bởi vì khi hết điện cực anot, thì sẽ có sự cách điện và sự điện phân sẽ dừng.

Thí dụ: Anot được làm bằng kim loại đồng (Cu)



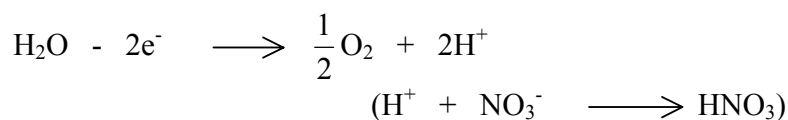
- Nếu *anot không tan (trơ, bền)*: anot được làm bằng bạch kim (Platin, Pt) hay than chì (Carbon graphit).
- + Nếu anion đi về anot là các *anion không chứa O* như Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} ... thì các anion này *bị oxi hóa ở anot*.

Thí dụ: Anion Cl^- đi về anot trơ, thì ion Cl^- bị oxi hóa ở anot



- + Nếu anion đi về anot là *anion có chứa O* như NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} ... thì các anion này *không bị oxi hóa ở anot mà là H_2O của dung dịch bị oxi hóa tạo O_2 thoát ra*, đồng thời phóng thích ion H^+ ra dung dịch (ion H^+ kết hợp với anion tạo thành axit tương ứng). Và một khi nước đã bị oxi hóa ở anot thì đây cũng là giai đoạn chót ở anot. Vì khi hết nước mới đến các chất khử khác bị oxi hóa, lúc này không còn là dung dịch nữa, nên sự điện phân dừng.

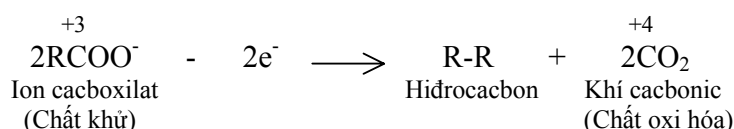
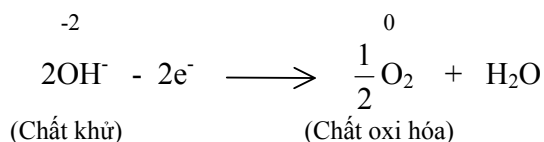
Thí dụ: anion NO_3^- đi về anot trơ trong dung dịch, thì anion này không bị oxi hóa mà là nước của dung dịch bị oxi hóa.



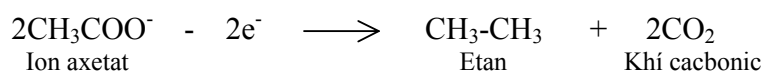
Lưu ý

L.1 Khi đầu bài cho điện phân mà *không cho biết dùng điện cực gì thì hiểu là điện cực không tan (trơ, bền)*.

L.2 Các ion OH^- (hidroxit), RCOO^- (cacboxilat) tuy là các anion có chứa O, nhưng chúng vẫn bị oxi hóa ở anot khi điện phân dung dịch chứa các anion này với điện cực trơ.



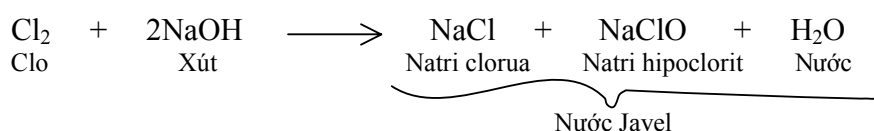
Thí dụ: Khi điện phân dung dịch chứa ion axetat (CH_3COO^-) dùng điện cực trơ, thì ion axetat bị oxi hóa ở anot.



L.3. Thứ tự các chất bị oxi hóa ở anot trơ: $\text{S}^{2-} > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{RCOO}^- > \text{OH}^- > \text{H}_2\text{O}$

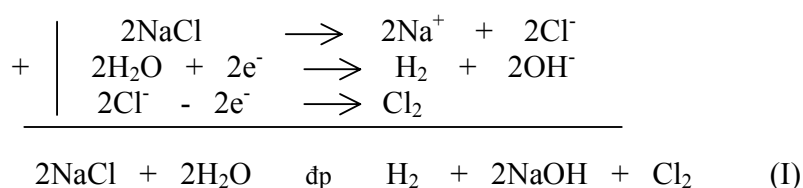
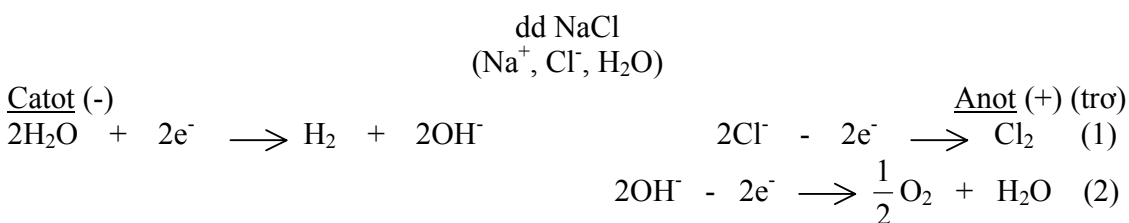
L.4. Nếu bình điện phân không có vách ngăn xếp giữa catot với anot thì có thể xảy ra phản ứng phụ giữa các chất vừa tạo ra ở hai bên điện cực catot, anot.

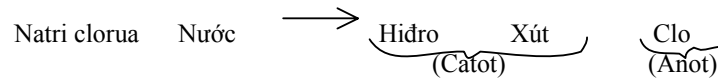
Thí dụ: Điện phân dung dịch NaCl bằng điện cực trơ mà không có vách ngăn, thì Cl_2 tạo ở anot sẽ tác dụng với dung dịch NaOH ở catot để tạo nước Javel.



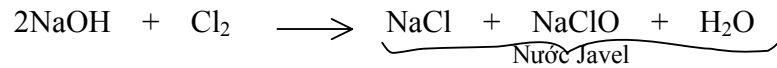
III.3. Các thí dụ

Thí dụ 1: Điện phân dung dịch NaCl, dùng điện cực trơ.

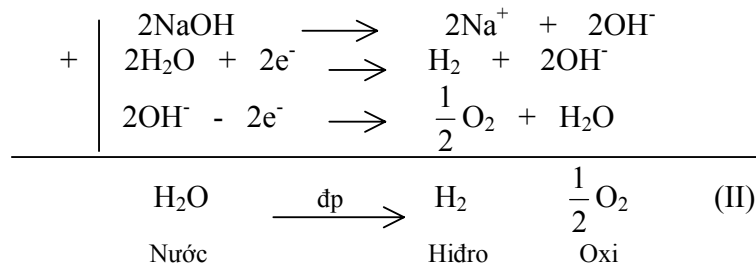




Nếu không có màng ngăn xốp giữa catot với anot thì có phản ứng phụ:



Nếu bình điện phân có vách ngăn, sau khi điện phân hết NaCl, thu được dung dịch gồm: NaOH, H₂O. Nếu tiếp tục điện phân, tức điện phân dung dịch NaOH.

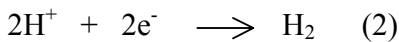
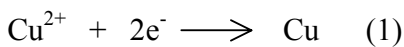


Như vậy khi điện phân dung dịch muối ăn, điện cực trơ, có vách ngăn xốp giữa catot với anot, thì ở giai đoạn đầu, NaCl bị điện phân trước, thu được khí hidro ở catot, khí clo ở anot, dung dịch xút bên ngăn catot. Sau khi hết muối ăn, đến điện phân dung dịch xút, thực chất là nước của dung dịch bị điện phân, tạo khí hidro ở catot, khí oxi ở anot, thể tích H₂ gấp đôi thể tích khí O₂. Còn NaOH còn nguyên trong dung dịch, có lượng không đổi, nhưng nồng độ ngày càng tăng dần (là do dung môi nước ngày càng mất đi).

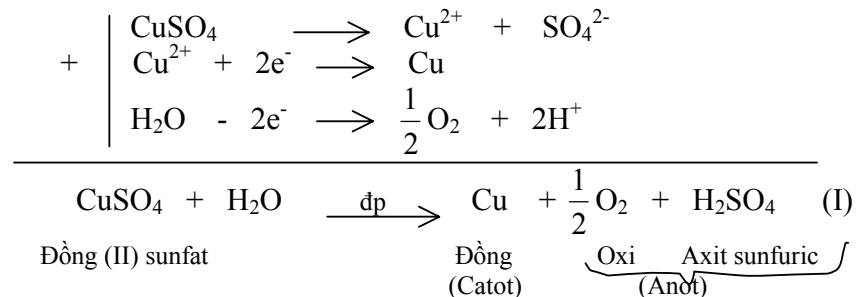
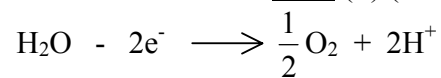
Thí dụ 2: Điện phân dung dịch CuSO₄, điện cực không tan.



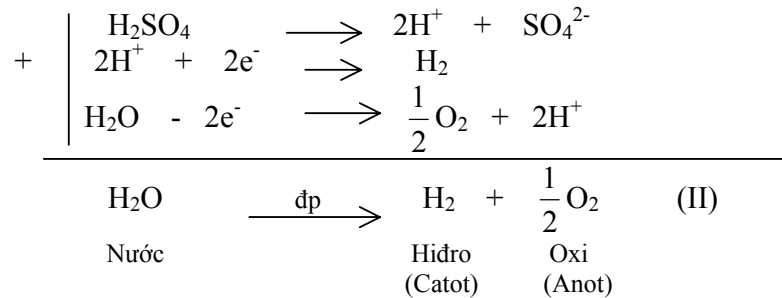
Catot (-)



Anot (+) (Tro)

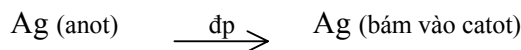
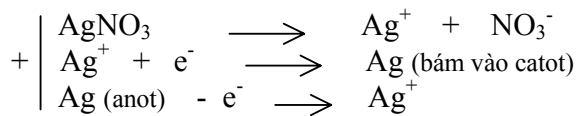
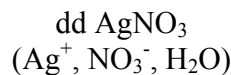


Sau khi điện phân hết CuSO_4 , thu được dung dịch gồm: H_2SO_4 , H_2O . Nếu tiếp tục điện phân, tức điện phân dung dịch H_2SO_4 .



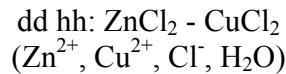
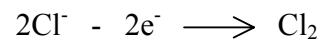
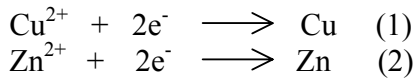
Khi điện phân dung dịch đồng (II) sunfat, điện cực trơ, thu được đồng kim loại ở catot, khí oxi ở anot, dung dịch H_2SO_4 bên ngăn anot. Sau khi điện phân hết CuSO_4 , thu được dung dịch gồm H_2SO_4 và H_2O . Nếu tiếp tục điện phân, tức điện phân dung dịch H_2SO_4 , thực chất là H_2O của dung dịch bị điện phân, thu được khí hiđro (H_2) ở catot, khí oxi (O_2) ở anot, thể tích khí hiđro gấp đôi thể tích khí oxi. Còn H_2SO_4 luôn luôn nằm trong dung dịch, có lượng không đổi, nhưng nồng độ càng lúc càng cao (là do dung môi nước càng lúc càng mất đi). Tuy nhiên nếu không có hiện diện H_2SO_4 hay NaOH , nghĩa là chỉ có nước nguyên chất thì nước không tham gia điện phân. Bởi vì nồng độ ion H^+ , ion OH^- của nước quá nhỏ nên không đủ để dẫn điện nên sự điện phân không xảy ra.

Thí dụ 3: Điện phân dung dịch AgNO_3 , điện cực bằng bạc (Ag).

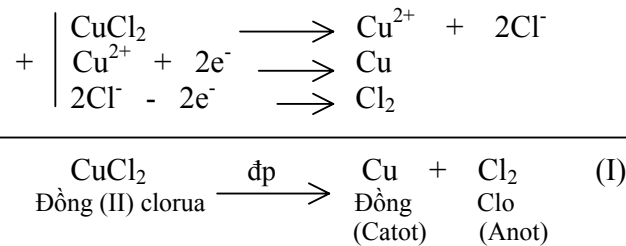


Như vậy khi điện phân dung dịch bạc nitrat, điện cực anot bằng bạc, thực chất là anot bằng bạc bị oxi hóa (bị ăn mòn). Lượng bạc bị hòa tan ở anot được đem cho bám vào catot. Còn AgNO_3 trong dung dịch không đổi. Người ta thường áp dụng hiện tượng này để *mạ kim loại*, cũng như để *tinh chế kim loại*. Trong các phương pháp tinh chế kim loại thì phương pháp điện phân là phương pháp tạo kim loại tinh khiết nhất.

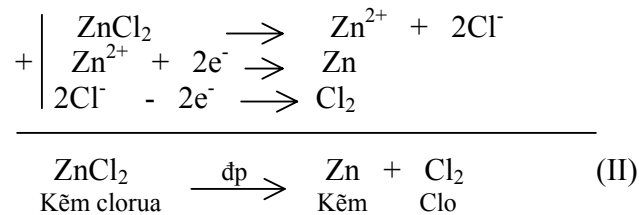
Thí dụ 4: Điện phân dung dịch hỗn hợp muối ZnCl_2 và CuCl_2 . Dùng điện cực trơ.

Catot (-)Anot (+) (Trơ)

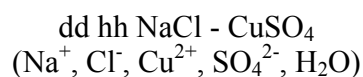
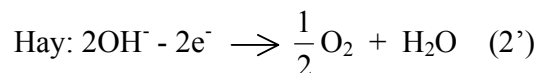
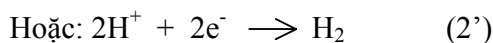
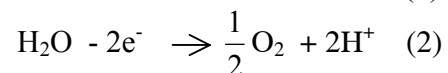
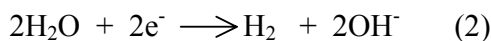
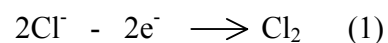
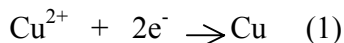
Coi như CuCl_2 tham gia điện phân trước (Vì Cu^{2+} bị khử trước ở catot, Cl^- bị oxi hóa trước ở anot).



Sau khi điện phân hết CuCl_2 , đến ZnCl_2 điện phân.



Thí dụ 5: Điện phân dung dịch hỗn hợp NaCl , CuSO_4 . Điện cực trơ. Có vách ngăn.

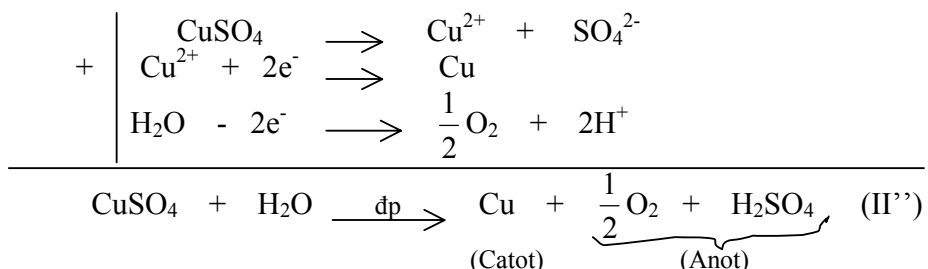
Catot (-)Anot (+) (Trơ)

Coi như cả CuSO_4 lẫn NaCl đều tham gia điện phân đồng thời (Do Cu^{2+} bị khử trước ở catot, còn ion Cl^- bị oxi hóa trước ở anot).



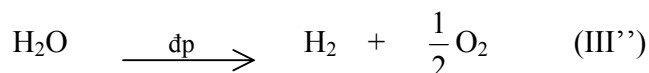
Sau khi điện phân vừa hết NaCl, thu được dung dịch gồm: CuSO_4 còn dư; Na_2SO_4 ; H_2O

Nếu tiếp tục điện phân, tức điện phân dung dịch này. CuSO_4 tiếp tục bị điện phân:

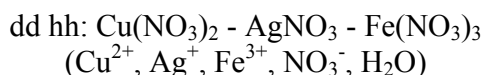


Sau khi điện phân vừa hết CuSO_4 , thu được dung dịch gồm: Na_2SO_4 ; H_2SO_4 ; H_2O .

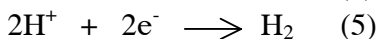
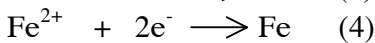
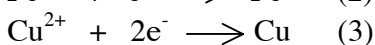
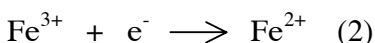
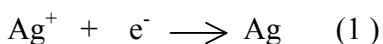
Nếu tiếp tục điện phân, tức điện phân dung dịch trên, thực chất là H_2O của dung dịch bị điện phân. Thu được H_2 ở catot, O_2 ở anot, thể tích H_2 gấp đôi O_2 . Còn Na_2SO_4 và H_2SO_4 luôn luôn nằm trong dung dịch, có lượng không đổi, nhưng nồng độ càng lúc càng tăng (do dung môi nước càng lúc càng mất đi). Trên nguyên tắc, cuối cùng thu được Na_2SO_4 và H_2SO_4 khan.



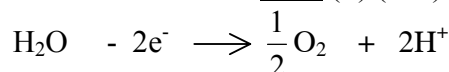
Thí dụ 6: Điện phân dung dịch hỗn hợp gồm: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, AgNO_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Điện cực trơ.



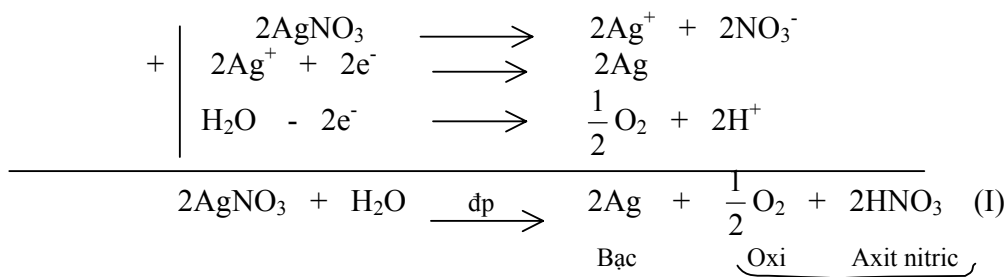
Catot (-)



Anot (+) (Trơ)



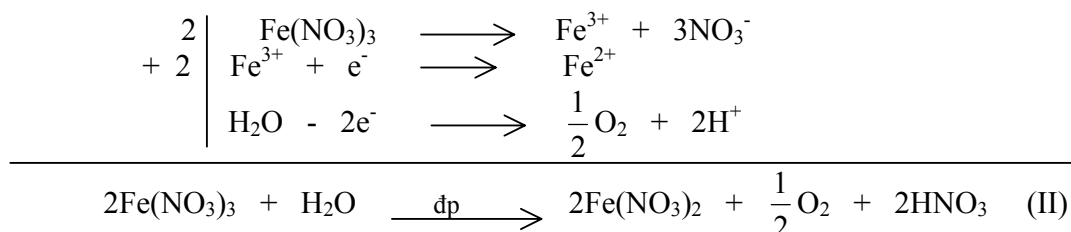
Coi như AgNO_3 tham gia điện phân trước.



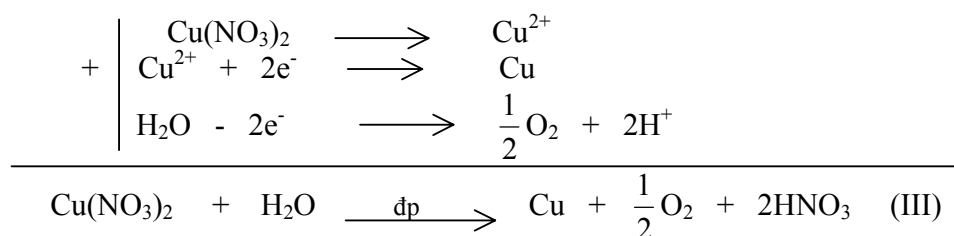
(Catot)

(Anot)

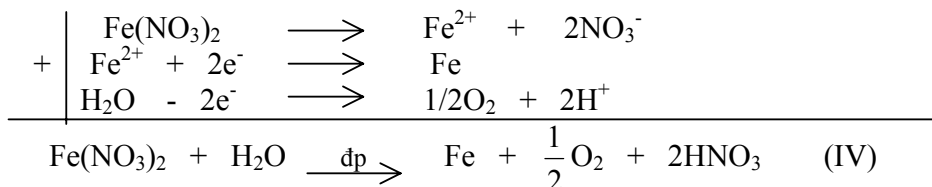
Sau khi điện phân hết AgNO_3 , đến $\text{Fe(NO}_3)_3$ tham gia điện phân.



Sau khi điện phân hết $\text{Fe(NO}_3)_3$, đến $\text{Cu(NO}_3)_2$ tham gia điện phân.

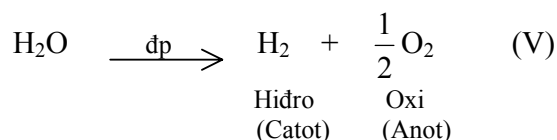


Sau khi điện phân hết $\text{Cu(NO}_3)_2$, đến $\text{Fe(NO}_3)_2$ tham gia điện phân.



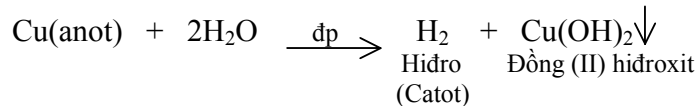
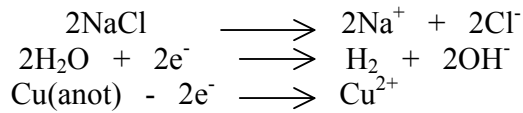
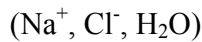
Sau khi điện phân hết $\text{Fe(NO}_3)_2$, thu được dung dịch gồm: HNO_3 , H_2O .

Nếu tiếp tục điện phân dung dịch HNO_3 , thực chất là nước của dung dịch tham gia điện phân, tạo khí hydro ở catot, khí oxi ở anot, thể tích H_2 gấp đôi thể tích O_2 . Còn HNO_3 luôn luôn nằm trong dung dịch có lượng không đổi, nhưng nồng độ càng lúc càng tăng, do dung môi nước càng lúc càng mất đi.



Thí dụ 7: Điện phân dung dịch NaCl , điện cực bằng đồng (Cu).

dd NaCl



Khi điện phân dung dịch muối ăn, điện cực bằng đồng thì thực chất là anot đồng bị hòa tan (bị oxi hóa), nước của dung dịch tham gia điện phân, có hidro thoát ra ở catot, có tạo đồng (II) hidroxit không tan lắng xuống đáy bình điện phân, còn NaCl coi như vẫn nằm trong dung dịch, có lượng không đổi.

IV. Định luật Faraday

Khối lượng của chất tạo ra ở điện cực bình điện phân tỉ lệ với đương lượng của chất đó, với cường độ dòng điện và thời gian điện phân (hay khối lượng của chất tạo ra ở điện cực tỉ lệ với đương lượng của chất đó và điện lượng qua bình điện phân).

$$m_A = \frac{1}{96500} \times \frac{M_A}{n_A} \times I \times t$$

m_A : Khối lượng của chất A tạo ở điện cực (catot hoặc anot), tính bằng gam.

M_A : Khối lượng phân tử (nguyên tử, ion) của A. Nếu chất A tạo ở điện cực là phân tử thì M_A là khối lượng phân tử của A; nếu chất A tạo ở điện cực là nguyên tử thì M_A là khối lượng nguyên tử của A; còn nếu chất A tạo ở điện cực là ion thì M_A là khối lượng ion của ion đó (ion lợng, ion khối).

n_A : Hóa trị của A (chất tạo ở điện cực). Cụ thể n_A bằng số điện tử trao đổi ở điện cực để tạo ra 1 phân tử A (hoặc 1 nguyên tử A hoặc 1 ion A).

$\frac{M_A}{n_A}$ là đương lượng của chất A (chất tạo ở điện cực).

I: Cường độ dòng điện tính bằng Ampe (Ampère).

t: Thời gian điện phân, tính bằng giây.

$I \times t = q$: Điện lượng qua bình điện phân, tính bằng Coulomb.

Công thức Faraday còn viết dưới dạng số mol của A thu được ở điện cực (Trong tính toán hóa học thường dùng số mol để dễ liên hệ hơn)

$$n'_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{n_A} \times I \times t$$

n'_A : Số mol của chất A tạo ở điện cực bình điện phân.

n_A : Hóa trị của A, nó bằng số điện tử trao đổi ở điện cực để tạo ra 1 phân tử (1 nguyên tử, 1 ion) A.

I: Cường độ dòng điện, tính bằng Ampère.

t: Thời gian điện phân, tính bằng giây.

Thí dụ:



Số gam kim loại sắt thu được ở catot: $m_{\text{Fe}} = \frac{1}{96500} \times \frac{M_{\text{Fe}}}{n_{\text{Fe}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{56}{2} \times It$

Số mol sắt thu được ở catot: $n'_{\text{Fe}} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{n_{\text{Fe}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{2} \times It$



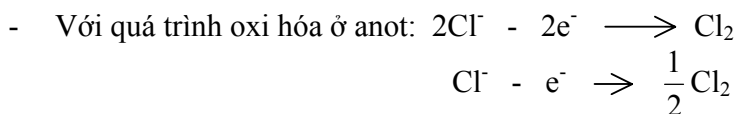
Khối lượng sắt (gam) thu được ở catot là: $m_{\text{Fe}} = \frac{1}{96500} \times \frac{M_{\text{Fe}}}{n_{\text{Fe}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{56}{3} \times It$

Số mol sắt thu được ở catot là: $n'_{\text{Fe}} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{n_{\text{Fe}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{3} \times It$



Khối lượng (g) ion Fe^{2+} thu được ở catot: $m_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{1}{96500} \times \frac{M_{\text{Fe}^{2+}}}{n_{\text{Fe}^{2+}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{56}{1} \times It$

Số mol ion Fe^{2+} thu được ở catot: $n'_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{1}{96500} \times \frac{M_{\text{Fe}^{2+}}}{n_{\text{Fe}^{2+}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{1} \times It$

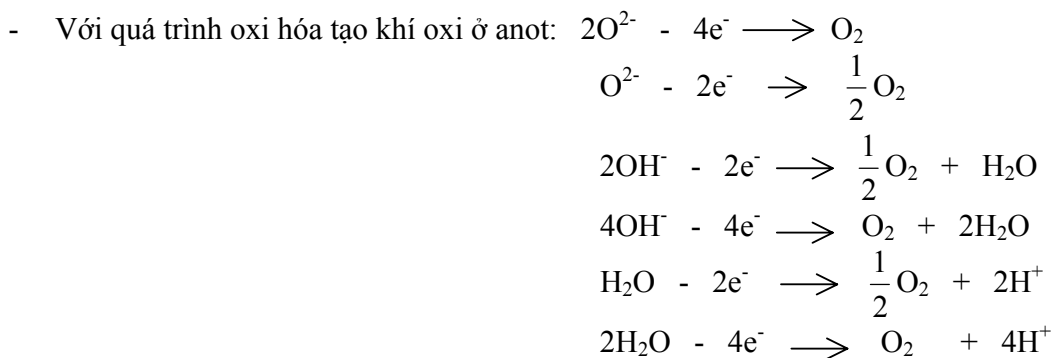


Khối lượng (g) Cl_2 thu được ở anot: $m_{\text{Cl}_2} = \frac{1}{96500} \times \frac{M_{\text{Cl}_2}}{n_{\text{Cl}_2}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{71}{2} \times It$

Số mol Cl_2 thu được ở anot: $n'_{\text{Cl}_2} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{n_{\text{Cl}_2}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{2} \times It$

Khối lượng (g) Cl thu được ở anot: $m_{\text{Cl}} = \frac{1}{96500} \times \frac{M_{\text{Cl}}}{n_{\text{Cl}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{35,5}{1} \times It$

Số mol Cl thu được ở anot: $n'_{\text{Cl}} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{n_{\text{Cl}}} \times It = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{1} \times It$



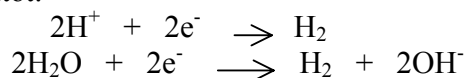
Khối lượng O_2 (g) thu được ở anot: $m_{\text{O}_2} = \frac{1}{96500} \times \frac{32}{4} \times It$

Khối lượng O (g) thu được ở anot: $m_{\text{O}} = \frac{1}{96500} \times \frac{16}{2} \times It$

Số mol O_2 thu được ở anot: $n'_{\text{O}_2} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{4} \times It$

Số mol O thu được ở anot: $n'_{\text{O}} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{2} \times It$

- Với quá trình khử tạo khí hidro ở catot:



$$\text{Khối lượng H}_2 \text{ (gam) thu được ở catot: } m_{\text{H}_2} = \frac{1}{96500} \times \frac{2}{2} \times It$$

$$\text{Khối lượng H (gam) thu được ở catot: } m_{\text{H}} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{1} \times It$$

$$\text{Số mol H}_2 \text{ thu được ở catot: } n'_{\text{H}_2} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{2} \times It$$

$$\text{Số mol H thu được ở catot: } n'_{\text{H}} = \frac{1}{96500} \times \frac{1}{1} \times It$$

Bài tập 69

Hòa tan hỗn hợp hai muối rắn gồm 4 gam $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ và 1,56 gam Ag_2SO_4 vào nước để thu được 500 ml dung dịch D chứa hai chất tan trên. Điện phân 500 ml dung dịch D với điện cực trơ, cường độ dòng điện 0,5 Ampère trong thời gian 2 giờ 8' 40''.

- Tính khối lượng kim loại thu được ở catot.
- Tính thể tích khí thu được ở anot (đktc).
- Tính nồng độ mol các chất tan trong dung dịch sau điện phân. Coi thể tích dung dịch sau điện phân vẫn là 500 ml.
- Nếu điện phân 500 ml D trên với điện cực đồng cho đến khi vừa hết ion Ag^+ thì khối lượng mỗi điện cực tăng hay giảm bao nhiêu gam? Cho biết ở anot bằng đồng có quá trình: $\text{Cu} - 2e^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}$

Hiệu suất sự điện phân 100%.

$$(\text{Fe} = 56; \text{S} = 32; \text{O} = 16; \text{Ag} = 108; \text{Cu} = 64)$$

- ĐS: a. 1,08g Ag; 0,56g Fe b. 0,224 lít O_2 c. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,01M; H_2SO_4 0,04M
d. Catot tăng 1,08g; Anot giảm 0,32g

Bài tập 69'

Lấy 1,6 gam CuSO_4 và 4 gam $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ hòa tan vào nước để thu được 1 lít dung dịch D. Dem điện phân lượng dung dịch D trên trong thời gian 3 giờ 13 phút, cường độ dòng điện 0,5 A, điện cực trơ.

- Tính khối lượng kim loại bám vào catot.
- Tính thể tích khí thu được ở anot trong điều kiện tiêu chuẩn.
- Tính nồng độ mol của mỗi chất tan thu được trong dung dịch sau điện phân. Coi thể tích dung dịch không đổi trong quá trình điện phân.
- Nếu dem điện phân 1 lít dung dịch D trên với điện cực bằng sắt cho đến khi dung dịch vừa hết Cu^{2+} thì khối lượng mỗi điện cực tăng hay giảm bao nhiêu gam? Cho biết quá trình oxi hóa ở anot là: $\text{Fe} - 2e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$.

Quá trình điện phân có hiệu suất 100%.

$$(\text{Fe} = 56; \text{Cu} = 64; \text{S} = 32; \text{O} = 16; \text{H} = 1)$$

- ĐS: a. 0,64g Cu; 0,56g Fe b. 0,336 lít O_2 c. FeSO_4 0,01M; H_2SO_4 0,03M
d. Catot tăng 0,64g; Anot giảm 1,12g

Bài tập 70

Tiến hành điện phân (với điện cực trơ, màng ngăn xốp) một dung dịch chứa m gam hỗn hợp CuSO_4 và NaCl cho đến khi H_2O bắt đầu bị điện phân ở cả hai điện cực thì dừng lại. Ở anot thu được 6,72 lít khí (đktc). Dung dịch sau điện phân có thể hòa tan tối đa 20,4 gam Al_2O_3 .

- Tính m.
- Tính độ tăng khối lượng của catot.
- Tính độ giảm khối lượng của dung dịch sau điện phân. Coi nước bay hơi không đáng kể.

(Na = 23; Al = 27; O = 16; S = 32; Cl = 35,5; Cu = 64)
 ĐS: m = 51,1g; Catot tăng 6,4g; Dung dịch giảm 28,1g

Bài tập 70' (Bộ đề TSDH môn hóa)

Tiến hành điện phân (điện cực trơ, màng ngăn xốp) một dung dịch chứa m gam hỗn hợp gồm CuSO_4 và NaCl cho đến khi nước bắt đầu bị điện phân ở cả hai điện cực thì ngừng. Ở anot thu được 0,448 lít khí (đktc). Dung dịch sau điện phân có thể hòa tan tối đa 0,68 gam Al_2O_3 .

- Tính m.
- Tính độ tăng khối lượng của catot sau khi điện phân.
- Tính độ giảm khối lượng của dung dịch sau điện phân.

Coi nước bay hơi không đáng kể trong quá trình điện phân.

(Na = 23; Al = 27; O = 16; S = 32; Cl = 35,5; Cu = 64)
 ĐS: m = 4,473g; Catot tăng 0,853g; Dung dịch giảm 2,286g
 m = 5,97g; Catot tăng 1,92g; Dung dịch giảm 2,95g

Bài tập 71 (Bộ đề TSDH môn Hóa, đề 2)

Hòa tan 150 gam tinh thể $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ vào 600 ml dung dịch HCl 0,6 mol/l ta thu được dung dịch A (gồm hai chất tan CuSO_4 và HCl, coi như *không* có phản ứng giữa CuSO_4 với HCl để tạo $\text{Cu}(\text{HSO}_4)_2$). Chia dung dịch A thành ba phần bằng nhau:

1. Tiến hành điện phân phần 1 với dòng điện cường độ 1,34 ampe trong vòng 4 giờ. Tính khối lượng kim loại thoát ra ở catot và thể tích khí (ở đktc) thoát ra ở anot, biết hiệu suất điện phân là 100%.
2. Cho 5,4 gam nhôm kim loại vào phần 2. Sau một thời gian ta thu được 1,344 lít khí (ở đktc), dung dịch B và chất rắn C. Cho dung dịch B tác dụng với xút dư rồi lấy kết tủa nung ở nhiệt độ cao cho đến khối lượng không đổi thì thu được 4 gam chất rắn. Tính khối lượng chất rắn C.
3. Cho 13,7 gam bari kim loại vào phần thứ 3. Sau khi kết thúc tất cả các phản ứng, lọc lấy kết tủa, rửa sạch và đem nung ở nhiệt độ cao cho đến khối lượng không đổi thì thu được bao nhiêu gam chất rắn? Biết rằng khi tác dụng với bazơ, Cu^{2+} chỉ tạo thành $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

(H = 1; O = 16; Al = 27; S = 32; Cu = 64; Ba = 137)

ĐS: 1. 6,4g Cu; 1,344 lít Cl_2 ; 0,448 lít O_2 2. 11,22g (Cu, Al) 3. 26,5g (BaSO_4 , CuO)

Bài tập 72 (Bộ đề TSDH môn hóa, đề 5)

Hòa tan 10,65 gam hỗn hợp A gồm một oxit kim loại kiềm và một oxit kim loại kiềm thổ bằng dung dịch HCl ta thu được dung dịch B. Cô cạn dung dịch B và điện phân nóng chảy hoàn toàn hỗn hợp muối thì thu được ở anot 3,696 lít khí C (ở 27,3⁰C và 1atm) và hỗn hợp kim loại D ở catot.

- Tính khối lượng của D.
- Lấy m gam D cho tác dụng hết với nước ta thu được dung dịch E và V lít khí (ở đktc). Cho từ từ Al vào dung dịch E cho đến ngừng thoát khí, thấy hết p gam Al và có V₁ lít khí thoát ra (đktc).
 - So sánh V₁ và V.
 - Tính p theo m.
- Nếu lấy lượng hỗn hợp kim loại D (ở câu 1) rồi luyện thêm 1,37 gam Ba thì thu được một hợp kim trong đó Ba chiếm 23,077% về số mol. Hỏi hỗn hợp đầu là oxit của các kim loại kiềm, kiềm thổ nào?
(O = 16; Li = 7; Na = 23; K = 39; Rb = 85,5; Al = 27; Ca = 40; Sr = 87,6; Ba = 137)

$$\text{ĐS: 1. } 8,25\text{g} \quad 2. V_1 = 3V; p = \frac{27m}{27,5} \quad 3. \text{Li}_2\text{O; BaO}$$

Bài tập 73 (Bộ đề TSDH môn hoá)

- Nêu sự khác nhau về quá trình cho - nhận electron trong phản ứng điện phân và trong phản ứng oxi hóa khử?
- Viết các phương trình phản ứng điện phân xảy ra khi điện phân (với điện cực trơ, màng ngăn xốp) dung dịch chứa a mol CuSO₄ và b mol NaCl trong ba trường hợp: b = 2a; b < 2a và b > 2a.

Bài tập 74 (Bộ đề TSDH môn hóa, đề 24)

Điện phân nóng chảy hoàn toàn a gam muối A được tạo bởi kim loại M và halogen X ta thu được 0,96 gam kim loại M ở catot và 0,896 lít khí (ở đktc) ở anot. Mặt khác hòa tan a gam muối A vào nước, sau đó cho tác dụng với AgNO₃ dư thì thu được 11,48 gam kết tủa.

- Hỏi X là halogen nào?
- Trộn 0,96 gam kim loại M với 2,242 gam kim loại M' có cùng hóa trị duy nhất, rồi đốt hết hỗn hợp bằng oxi thì thu được 4,162 gam hỗn hợp hai oxit. Để hòa tan hoàn toàn hỗn hợp oxit này cần 500 ml dung dịch H₂SO₄ nồng độ c mol/l.
 - Tính % số mol của các oxit trong hỗn hợp của chúng.
 - Tính tỉ lệ khối lượng nguyên tử của M và M'.
 - Tính c (nồng độ dung dịch H₂SO₄).

$$(F = 19; Cl = 35,5; Br = 80; I = 127; Ag = 108; O = 16)$$

$$\text{ĐS: 1. Cl} \quad 2. \text{a. } 66,67\% \text{ oxit M; } 33,33\% \text{ oxit M'} \quad \text{b. } M : M' = 12 : 56,05 \quad \text{c. } 0,12 \text{ mol/l}$$

Bài tập 75 (Bộ đề TSDH môn hóa)

Viết phương trình phản ứng có thể xảy ra khi điện phân dung dịch hỗn hợp gồm HCl, CuCl₂, NaCl với điện cực trơ, có màng ngăn.

Bài tập 76 (Bộ đề TSDH môn hóa, đề 35)

Hòa tan 1,12 gam hỗn hợp Ag và Cu trong 19,6 gam dung dịch H₂SO₄ đặc, nóng (dung dịch A) thu được SO₂ và dung dịch B. Cho SO₂ thoát ra hấp thụ hết vào nước Br₂, sau đó

thêm $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ dư thì thu được 1,864 gam kết tủa. Cô cạn dung dịch B, lấy muối khan hòa tan thành 500 ml dung dịch, sau đó điện phân 100 ml trong thời gian 7 phút 43 giây với điện cực trơ và cường độ dòng điện $I = 0,5\text{A}$.

- Tính khối lượng Ag và Cu trong hỗn hợp đầu.
 - Tính nồng độ % của axit H_2SO_4 trong A, biết rằng chỉ có 10% H_2SO_4 đã phản ứng với Ag và Cu.
 - Nếu lấy $\frac{1}{2}$ dung dịch A pha loãng để có $\text{pH} = 2$ thì thể tích dung dịch sau khi pha loãng là bao nhiêu? (Coi axit H_2SO_4 điện li hoàn toàn tạo 2H^+ , SO_4^{2-} trong dung dịch)
 - Tính khối lượng kim loại thoát ra ở catot.
 - Nếu điện phân với anot bằng Cu cho đến khi trong dung dịch không còn ion Ag^+ thì khối lượng catot tăng bao nhiêu gam và khối lượng anot giảm bao nhiêu gam? Biết rằng ở anot xảy ra quá trình: $\text{Cu} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}$.
(Cu = 64; Ag = 108; Ba = 137; O = 16; S = 32)
ĐS: 1. 0,864g Ag; 0,0256g Cu 2. a. H_2SO_4 80% b. 16 lít
3. a. 0,1728g Ag; 0,256g Cu b. Catot tăng 0,1728g; Anot giảm 0,0512g

Bài tập 77 (Bộ đề TSDH môn hóa)

- Hãy nêu bản chất của quá trình điện phân.
- Những quá trình nào xảy ra trên bề mặt của điện cực platin khi điện phân dung dịch AgNO_3 ? Viết sơ đồ điện phân và phương trình dạng tổng quát.
- Nếu môi trường của dung dịch sau điện phân có $\text{pH} = 3$, hiệu suất điện phân là 80% (so với lượng AgNO_3 lúc đầu), thể tích dung dịch được coi như không đổi (1 lít) thì nồng độ các chất trong dung dịch sau điện phân là bao nhiêu? Khối lượng AgNO_3 trong dung dịch ban đầu là bao nhiêu?

(Ag = 108; N = 14; O = 16)

ĐS: HNO_3 0,001M; AgNO_3 0,00025M; 0,2125g AgNO_3

Bài tập 78 (Bộ đề TSDH môn hóa)

Điện phân nóng chảy muối AX (A là kim loại kiềm, X là Cl, Br hoặc I) ta thu được chất rắn A và khí B. Cho A tác dụng với nước được dung dịch A' và khí B'. Cho B' tác dụng với B được khí D. Cho D tác dụng với A' được dung dịch E. Cho một ít quì tím vào dung dịch E.

Viết các phương trình phản ứng xảy ra và giải thích quì tím có màu gì?

Các quá trình điện phân cũng như các phản ứng xảy ra với hiệu suất 100%.

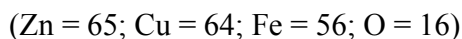
Bài tập 79 (Bộ đề TSDH môn hóa, đề 61)

Cho 9,16 gam bột A gồm Zn, Fe, Cu vào cốc đựng 170 ml dung dịch CuSO_4 1M. Sau khi phản ứng hoàn toàn, thu được dung dịch B và kết tủa C'. Nung C' trong không khí ở nhiệt độ cao đến khối lượng không đổi, được 12 gam chất rắn. Chia B thành hai phần bằng nhau:

- Thêm dung dịch NaOH dư vào phần 1, lọc kết tủa, rửa, nung trong không khí đến khối lượng không đổi, thu được 5,2 gam chất rắn D.

- Điện phân phần 2 với điện cực trơ trong 10 phút với dòng điện cường độ 10 ampe.
- a. Tính khối lượng các chất thoát ra ở bề mặt các điện cực.
- b. Tính thể tích dung dịch HNO_3 5M để hòa tan hết hỗn hợp A, biết rằng phản ứng chỉ tạo ra khí NO duy nhất.

Các phản ứng xảy ra hoàn toàn.



ĐS: 1,9896g Cu; 0,4974g O_2 ; 96 ml dd HNO_3 5M

CÂU HỎI ÔN PHẦN ĐIỆN PHÂN

1. Điện phân là gì? Sự điện phân khác với sự điện ly thế nào? Cho thí dụ cụ thể để minh họa.
2. So sánh sự giống và khác nhau của quá trình oxi hóa, quá trình khử trong phản ứng oxi hóa và trong sự điện phân. Cho thí dụ minh họa.
3. Tại sao khi điện phân nước cần dung dịch axit, dung dịch bazơ hoặc dung dịch muối (như dung dịch H_2SO_4 ; dung dịch NaOH; dung dịch KNO_3)? Viết các quá trình xảy ra tại mỗi điện cực khi điện phân các dung dịch trên (dùng điện cực trơ).
4. Trình bày sự điện phân các dung dịch sau đây (điện cực không tan, có vách ngăn): KCl; KOH; CuCl_2 ; FeSO_4 ; HCl; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; AgNO_3 ; NaBr; NiSO_4 ; ZnCl_2 .
5. Sự điện phân dung dịch với sự điện phân nóng chảy, sự điện phân nào tốn kém hơn? Tại sao? Sự điện phân nóng chảy thường được dùng để làm gì? Trình bày sự điện phân nóng chảy các chất sau đây: KCl; KOH; Al_2O_3 .
6. Trong sự điện phân Al_2O_3 nóng chảy nhằm thu được kim loại nhôm (Al) ở catot, người dùng thêm chất criolit (Na_3AlF_6 , $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$) để làm gì?
7. Phát biểu định luật Faraday. Viết biểu thức của định luật Faraday và nêu ý nghĩa của từng đại lượng trong biểu thức này.
8. Theo dõi sự điện phân dung dịch hỗn hợp gồm HCl và NaCl, dùng điện cực trơ, có vách ngăn. pH của dung dịch thay đổi như thế nào trong quá trình điện phân dung dịch hỗn hợp trên?
9. Tại sao khi điện phân mà dùng điện cực anot tan, thì ở anot chỉ có quá trình oxi hóa điện cực mà không có các quá trình oxi hóa khác? Cho một thí dụ minh họa.
10. Tại sao khi điện phân dung dịch NaCl; dung dịch K_2SO_4 ; dung dịch CaCl_2 ; dung dịch $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ thì ở catot chỉ có quá trình nước bị khử mà không có các quá trình khử khác?

11. Tại sao một khi đã có nước bị khử ở catot hay nước bị oxi hóa ở anot thì không có quá trình nào khác khi điện phân dung dịch?
12. Cho vài giọt dung dịch chất chỉ thị màu phenolptalein vào dung dịch KI rồi đem điện phân dung dịch này bằng điện cực than chì (carbon graphit), ta thấy có sủi bọt khí ở một điện cực, và vùng dung dịch quanh điện cực này có màu tím hồng, còn vùng dung dịch quanh điện cực còn lại thấy có màu vàng. Hãy giải thích hiện tượng này. Cho biết phenolptalein không có màu trong môi trường axit và trung tính, nhưng nó có màu tím hồng trong môi trường kiềm.