

19

DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN ĐỊNH LUẬT FA-RA-ĐÂY

Dòng điện có thể chạy qua nước (nước ao, nước máy, nước sông...) không? Tại sao?

1. Thí nghiệm về dòng điện trong chất điện phân

a) Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm được vẽ trên Hình 19.1.

b) Kết quả thí nghiệm

Làm thí nghiệm với nước cất, miliampe kế cho thấy không có dòng điện đi qua, còn với dung dịch NaCl thì có dòng điện đi qua.

c) Kết luận

Nước cất là điện môi.

Dung dịch NaCl là chất dẫn điện.

Làm thí nghiệm tương tự với các dung dịch khác nhau, người ta thấy dòng điện có thể chạy qua dung dịch muối, axit hoặc bazơ.

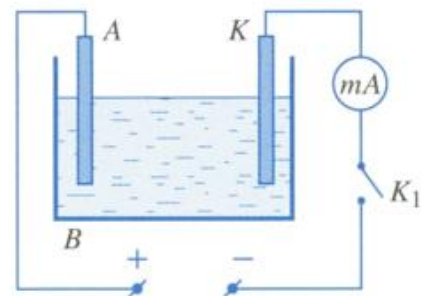
Các dung dịch muối, axit, bazơ được gọi là các chất điện phân. Các muối nóng chảy cũng là chất điện phân.

2. Bản chất dòng điện trong chất điện phân

Khi muối, axit, bazơ được hoà tan vào nước, chúng dễ dàng tách ra thành các ion trái dấu. Ví dụ phân tử NaCl tách ra thành ion Na^+ và Cl^- riêng rẽ (Hình 19.2a). Quá trình này gọi là *sự phân li* của các phân tử chất hoà tan trong dung dịch. Chuyển động nhiệt mạnh trong các muối hoặc bazơ nóng chảy cũng làm các phân tử chất này phân li thành các ion tự do như các dung dịch. Trong khi chuyển động nhiệt hỗn loạn, một số ion dương có thể kết hợp lại với ion âm khi va chạm, để trở thành phân tử trung hoà. Quá trình này gọi là *sự tái hợp*. Do kết quả của hai quá trình nói trên, số lượng phân tử bị

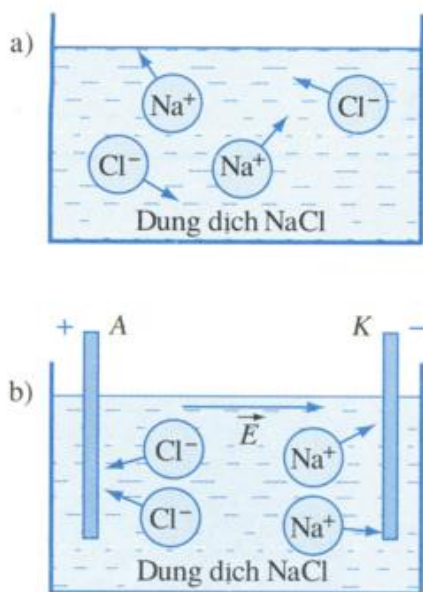


FA-RA-ĐÂY
(Michael Faraday, 1791 – 1867
nhà vật lí người Anh)



Hình 19.1 Sơ đồ thí nghiệm về dòng điện trong chất điện phân.

B là bình thuỷ tinh. A, K là hai điện cực bằng than chì. Đổ nước cất vào bình B, đóng K_1 và đọc số chỉ của miliampe kế. Sau đó, ngắt K_1 , hoà tan vào nước cất một ít NaCl (muối ăn). Đóng K_1 và đọc số chỉ của miliampe kế. Nguồn điện là nguồn một chiều 24 V – 5 A.



Hình 19.2 Chuyển động của các ion trong chất điện phân khi chưa có điện trường a) và khi có điện trường b).

C1 Hãy mô tả rõ hơn chuyển động của ion Na^+ và Cl^- .

phân li có giá trị xác định, phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ của dung dịch. Số cặp ion được tạo thành mỗi giây tăng khi nhiệt độ tăng.

Các ion này chuyển động nhiệt hỗn loạn. Vì vậy, không có dòng điện tích dịch chuyển có hướng khi chưa có tác dụng của điện trường ngoài (Hình 19.2a).

Khi ta đặt một hiệu điện thế vào hai điện cực, trong bình điện phân có một điện trường, thì các ion có thêm chuyển động có hướng theo phương của điện trường (ngoài chuyển động nhiệt hỗn loạn). Chuyển động có hướng đó của các ion tạo nên dòng điện trong chất điện phân (Hình 19.2b).

Dòng điện trong chất điện phân là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm ngược chiều điện trường.

3. Phản ứng phụ trong chất điện phân

Các ion âm dịch chuyển đến anôt, nhường electron cho anôt, còn các ion dương đến catôt và nhận electron từ catôt. Các ion đó trở thành nguyên tử hay phân tử trung hoà, có thể bám vào điện cực, hoặc bay lên dưới dạng khí. Chúng cũng có thể tác dụng với điện cực và dung môi, gây ra các phản ứng hoá học. Các phản ứng hoá học này gọi là *phản ứng phụ* hay *phản ứng thứ cấp*.

4. Hiện tượng dương cực tan

a) Thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm tương tự như ở Hình 19.1, nhưng trong đó anôt (A) bằng đồng, còn catôt (K) có thể bằng than chì hoặc một kim loại khác nào đó; bình B đựng dung dịch đồng sunfat (CuSO_4).

Đóng K_1 trong khoảng thời gian 5 đến 10 phút. Quan sát kĩ catôt ta thấy có một lớp đồng mỏng bám vào.

b) Giải thích

Khi hoà đồng sunfat vào dung môi, trong dung dịch xuất hiện các ion Cu^{2+} và $(\text{SO}_4)^{2-}$. Đặt vào hai cực của bình một hiệu điện thế, thì do tác dụng của điện trường, các ion Cu^{2+}

dịch chuyển đến catôt, nhận hai electron từ nguồn điện đi tới trở thành nguyên tử đồng bám vào catôt : $\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$. Ở anôt, electron bị kéo về cực dương của nguồn điện, tạo điều kiện hình thành ion Cu^{2+} trên bề mặt anôt tiếp xúc với dung dịch : $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$. Khi $(\text{SO}_4)^{2-}$ chạy về anôt, nó kéo ion Cu^{2+} này vào dung dịch. Đồng ở anôt sẽ tan vào trong dung dịch gây ra hiện tượng dương cực tan (Hình 19.3).

Kết quả là cực dương làm bằng đồng bị hao dần đi, còn ở catôt lại có đồng bám vào. **Hiện tượng dương cực tan xảy ra khi điện phân một dung dịch muối kim loại mà anôt làm bằng chính kim loại ấy.**

c) Định luật Ôm đối với chất điện phân

Trong thí nghiệm ở mục a, đo các giá trị của cường độ dòng điện I qua bình khi thay đổi hiệu điện thế U đặt vào bình, người ta thu được các kết quả ghi ở Bảng 19.1. Đặc tuyến vôn-ampe được vẽ như trên Hình 19.4. Như vậy, **khi có hiện tượng dương cực tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm, giống như đối với đoạn mạch chỉ có điện trở thuần.**

Nếu bình điện phân chứa dung dịch muối kim loại mà anôt không làm bằng chính kim loại ấy (không có hiện tượng dương cực tan) thì bình điện phân là một máy thu điện. Khi đó, dòng điện chạy qua bình điện phân tuân theo định luật Ôm đối với máy thu điện (công thức (14.6)).

5. Định luật Fa-ra-đây về điện phân

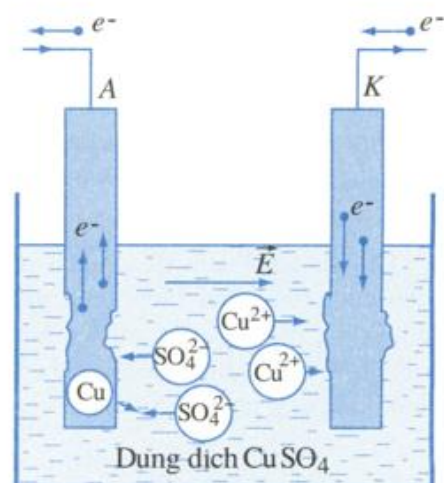
a) Định luật I Fa-ra-đây

Khối lượng m của chất được giải phóng ra ở điện cực của bình điện phân tỉ lệ với điện lượng q chạy qua bình đó.

$$m = kq \quad (19.1)$$

Hệ số tỉ lệ k được gọi là **đương lượng điện hoá**, phụ thuộc vào bản chất của chất được giải phóng ra ở cực. Đơn vị đương lượng điện hoá là g/C. Ví dụ với bạc :

$$k = 1,118 \cdot 10^{-3} \text{ g/C}$$

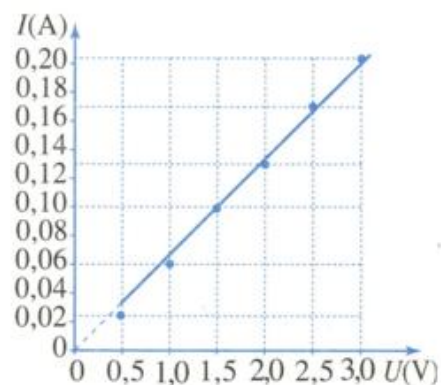


Hình 19.3 Hiện tượng dương cực tan.

Bảng 19.1

Kết quả thí nghiệm

U (V)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
I (A)	0,025	0,060	0,100	0,130	0,170	0,210



Hình 19.4 Đặc tuyến vôn-ampe của bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 với anôt bằng đồng.

C2 Dựa vào lập luận ở mục 2, hãy chứng tỏ điện trở của dung dịch điện phân giảm khi nhiệt độ tăng.

**Giải thích các định luật Fa-ra-đây.
Điện tích của ion**

Dựa vào sự dẫn điện của chất điện phân và vào thuyết điện li, ta có thể giải thích các định luật Fa-ra-đây.

Giả sử có N ion di chuyển tới điện cực. Nếu khối lượng của mỗi ion là m_0 , thì khi N ion đó được trung hoà ở điện cực, khối lượng của chất được giải phóng ra là :

$$m = m_0 N$$

Điện tích của mỗi ion là ne (với e là điện tích nguyên tố, n là hoá trị của nguyên tố). Khi có N ion tới điện cực thì điện lượng đã chuyển qua dung dịch điện phân là :

$$q = Nne$$

Từ đó :

$$m = Nm_0 = \frac{m_0}{ne} q$$

Đó chính là hệ thức của định luật I Fa-ra-đây. Từ hệ thức đó, ta thấy đương lượng điện hoá là :

$$k = \frac{m_0}{ne}$$

Mật khác khối lượng mol của chất được giải phóng ra ở điện cực :

$$A = N_A m_0$$

(N_A là số A-vô-ga-đrô). Do đó đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của chất đó bằng :

$$\frac{A}{n} = \frac{N_A m_0}{n}$$

Từ đó :

$$k = \frac{m_0}{ne} = \frac{A}{n} \cdot \frac{1}{F}$$

Đó chính là hệ thức của định luật II Fa-ra-đây.

b) Định luật II Fa-ra-đây

Fa-ra-đây đã nhận xét rằng, đương lượng điện hoá k của các chất khác nhau luôn luôn tỉ lệ thuận với khối lượng mol nguyên tử A của chất thu được ở điện cực và tỉ lệ nghịch với hoá trị n của chất ấy. Do đó định luật II Fa-ra-đây được phát biểu như sau :

Đương lượng điện hoá k của một nguyên tố tỉ lệ với đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của nguyên tố đó.

$$k = c \frac{A}{n} \quad (19.2)$$

Thí nghiệm chứng tỏ hệ số tỉ lệ c có cùng một trị số đối với tất cả các chất. Người ta thường kí hiệu $\frac{1}{c} = F$, trong đó F cũng là một hằng số đối với mọi chất và gọi là *số Fa-ra-đây*. Kết quả thí nghiệm cho :

$$F \approx 96\,500 \text{ C/mol}$$

khi m đo bằng gam.

c) Công thức Fa-ra-đây về điện phân

Kết hợp các hệ thức (19.1) và (19.2) ta rút ra công thức biểu thị cả hai định luật Fa-ra-đây :

$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q \quad (19.3)$$

hay
$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It \quad (19.4)$$

với I là cường độ dòng điện không đổi đi qua bình điện phân (tính bằng ampe), t là thời gian dòng điện chạy qua bình (tính bằng giây) và m đo bằng gam.

6. Ứng dụng của hiện tượng điện phân

Hiện tượng điện phân được ứng dụng để điều chế hoá chất, để tinh chế kim loại, mạ điện, đúc điện...

a) Điều chế hoá chất

Clo, hiđrô và xút (NaOH) là những nguyên liệu quan trọng của công nghiệp hoá chất. Việc điều chế các nguyên liệu này được thực hiện bằng cách điện phân dung dịch muối ăn (NaCl) tan trong nước với điện cực bằng graphit hoặc bằng kim loại không bị ăn mòn. Kết quả điện phân cho ta xút tan vào dung dịch và các khí hiđrô và clo bay ra.

b) Luyện kim

Người ta dựa vào hiện tượng dương cực tan để tinh chế kim loại. Người ta đúc đồng nấu từ quặng ra (còn chứa nhiều tạp chất) thành các tấm. Dùng các tấm này làm cực dương trong bình điện phân đựng dung dịch đồng sunfat. Khi điện phân, cực dương tan dần, đồng nguyên chất bám vào cực âm, còn tạp chất lắng xuống đáy.

Các kim loại khác (như nhôm, magiê...) và nhiều hoá chất được điều chế trực tiếp bằng phương pháp điện phân.

c) Mạ điện

Mạ điện là dùng phương pháp điện phân để phủ một lớp kim loại (thường là kim loại không gỉ như crôm, niken, vàng, bạc...) lên những đồ vật bằng kim loại khác. Khi đó vật cần được mạ dùng làm cực âm, kim loại dùng để mạ làm cực dương, còn chất điện phân là dung dịch muối của kim loại dùng để mạ.

Từ đó tìm được số Fa-ra-đây :

$$F = N_A e$$

Điện tích nguyên tố e lại bằng :

$$e = \frac{F}{N_A}$$

Vì $N_A = 6,023 \cdot 10^{26}/\text{kmol}$, nên biết F ta tìm được $e \approx 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.



Hình 19.5 Dây chuyền mạ điện trong công nghiệp.

Nguyên tắc của *đúc điện* cũng giống như mạ điện. Trước tiên, người ta làm khuôn của vật định đúc bằng sáp ong hay bằng một chất khác dễ nặn, rồi quét lên khuôn một lớp than chì (graphit) mỏng để cho bề mặt khuôn trở thành dẫn điện. Khuôn này được dùng để làm cực âm, còn cực dương thì bằng kim loại mà ta muốn đúc và dung dịch điện phân là muối của kim loại đó. Khi đặt một hiệu điện thế vào hai điện cực đó, kim loại sẽ kết thành một lớp trên khuôn đúc, dày hay mỏng là tùy thuộc vào thời gian điện phân. Sau đó người ta tách lớp kim loại ra khỏi khuôn và được vật cần đúc.

Đúc điện là phương pháp đúc chính xác, do đó các bản in trước đây thường được chế tạo bằng phương pháp này.

CÂU HỎI

1. Chất điện phân là gì ? Cho ví dụ về chất điện phân.
2. Hạt tải điện trong chất điện phân là các hạt nào ? Bản chất dòng điện trong chất điện phân là gì ?
Tại sao dòng điện qua chất điện phân lại gây ra sự vận chuyển các chất, còn dòng điện qua kim loại không gây ra hiện tượng đó ?
3. Hãy phát biểu định luật Fa-ra-đây về hiện tượng điện phân.

BÀI TẬP

1. Chọn phát biểu đúng.
 - A. Khi hoà tan axit, bazơ hoặc muối vào trong nước, tất cả các phân tử của chúng đều bị phân li thành các ion.
 - B. Số cặp ion được tạo thành trong dung dịch điện phân không thay đổi theo nhiệt độ.
 - C. Bình điện phân nào cũng có suất phản điện.
 - D. Khi có hiện tượng dương cực tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm.
2. Chọn đáp số đúng.

Đương lượng điện hoá của niken là $k = 3 \cdot 10^{-4}$ g/C. Khi cho một điện lượng 10 C chạy qua bình điện phân có anốt bằng niken thì khối lượng niken bám vào catốt là :

A. $0,3 \cdot 10^{-4}$ g. B. $3 \cdot 10^{-3}$ g. C. $0,3 \cdot 10^{-3}$ g. D. $3 \cdot 10^{-4}$ g.
3. Chiều dày của lớp niken phủ lên một tấm kim loại là $D = 0,05$ mm sau khi điện phân trong 30 phút. Diện tích mặt phủ của tấm kim loại là 30 cm^2 . Xác định cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân. Cho biết niken có khối lượng riêng là $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $A = 58$ và $n = 2$.