

Các dạng bài tập về dòng điện trong chất điện phân

A. Phương pháp & Ví dụ

LOẠI 1: ĐIỆN PHÂN CÓ DƯƠNG CỰC TAN

+ Hiện tượng dương cực tan xảy ra khi điện phân một dung dịch muối mà kim loại anốt làm bằng chính kim loại ấy.

+ Khi có hiện tượng dương cực tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật ôm, giống như đoạn mạch chỉ có điện trở thuần (vì khi đó có một cực bị tan nên bình điện phân xem như một điện trở).

+ Sử dụng định luật Faraday:

♦ Định luật 1: Khối lượng m của các chất được giải phóng ra ở điện cực của bình điện phân tỉ lệ với điện lượng q chạy qua bình đó.

• Biểu thức: $m = kq$ (1) (hệ số tỉ lệ k gọi là đương lượng điện hóa, k phụ thuộc vào bản chất của chất được giải phóng, k có đơn vị là kg/C)

♦ Định luật 2: Đương lượng điện hóa k của một nguyên tố, tỉ lệ với đương lượng

gam của nguyên tố đó

• Biểu thức:

Kết hợp (1) và (2) ta có biểu thức của định luật Fa-ra-đây, biểu thị 2 định luật như sau:

Trong đó:

• k là đương lượng điện hóa của chất được giải phóng ra ở điện cực (đơn vị g/C).

• $F = 96\,500 \text{ C/mol}$: là hằng số Faraday.

• n là hóa trị của chất thoát ra.

• A là khối lượng nguyên tử của chất được giải phóng (đơn vị gam).

• q là điện lượng dịch chuyển qua bình điện phân (đơn vị C).

• I là cường độ dòng điện qua bình điện phân. (đơn vị A).

• t là thời gian điện phân (đơn vị s).

• m là khối lượng chất được giải phóng (đơn vị gam)..

LOẠI 2: ĐIỆN PHÂN KHÔNG CÓ DƯƠNG CỰC TAN

+ Khi không có hiện tượng dương cực tan thì bình điện phân xem như một máy thu điện, nên dòng điện qua bình tuân theo định luật ôm cho đoạn mạch chứa máy thu (vì có hai cực, dòng vào cực dương ra cực âm)

+ Để giải ta cũng sử dụng định luật Faraday:

hay:

Các công thức liên quan: khối lượng riêng:

thể tích: $V = S.d$

Trong đó:

• D (kg/m^3): khối lượng riêng

• d (m): bề dày kim loại bám vào điện cực

• S (m^2): diện tích mặt phủ của tấm kim loại

• V (m^3): thể tích kim loại bám vào điện cực.

Ví dụ 1: Muốn mạ đồng một tấm sắt có diện tích tổng cộng 200 cm^2 , người ta dùng tấm sắt làm catốt của một bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 và anốt là một thanh đồng nguyên chất, rồi cho dòng điện có cường độ $I = 10 \text{ A}$ chạy qua trong thời gian 2 giờ 40 phút 50 giây. Tìm bề dày lớp đồng bám trên mặt tấm sắt. Cho biết đồng có $A = 64$; $n = 2$ và có khối lượng riêng $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Đổi: $S = 200 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$; $t = 2 \text{ giờ } 40 \text{ phút } 50 \text{ giây} = 2 \cdot 3600 + 40 \cdot 60 + 50 = 9650 \text{ giây}$

Sau khi mạ đồng, tấm sắt sẽ bị đồng bám trên bề mặt vì thế cả khối lượng và thể tích của tấm sắt sẽ tăng lên.

Bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 và anốt là một thanh đồng nguyên chất nên xảy ra hiện tượng cực dương tan trong quá trình điện phân.

Ví dụ 2: Cho mạch điện như hình vẽ: Có bộ nguồn ($E = 12 \text{ V}$; $r = 0,4 \Omega$), $R_1 = 9\Omega$, $R_2 = 6\Omega$ và một bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 , anốt bằng đồng Cu và điện trở của bình điện phân $R_p = 4\Omega$. Tính:

a) Cường độ dòng điện qua mạch chính.

b) Khối lượng đồng thoát ra ở cực dương trong 16 phút 5 giây.

Hướng dẫn:

Khi điện phân một dung dịch muối mà kim loại anốt làm bằng chính kim loại ấy thì xảy ra hiện tượng cực dương tan (kim loại đề cập trong bài trên chính là Cu). Đến đây bài toán không có gì mới. Ta xem bình điện phân như một điện trở và tính toán bình thường. Riêng bình điện phân thì ta quan tâm tới dòng điện chạy qua bình điện phân, thời gian điện phân và khối lượng kim loại giải phóng ở điện cực. Lưu ý rằng khối lượng này tính bằng gam (g) chứ không phải bằng kilogam (kg)

a) Điện trở tương đương mạch ngoài:

+ Dòng điện trong mạch chính:

b) Khối lượng đồng thoát ra ở cực dương:

Ví dụ 3: Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 13,5 \text{ V}$, $r = 1 \Omega$; $R_1 = 3 \Omega$; $R_3 = R_4 = 4 \Omega$. Bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 , anốt bằng đồng, có điện trở $R_2 = 4 \Omega$. Hãy tính:

a) Điện trở tương đương R_{MN} của mạch ngoài, cường độ dòng điện qua nguồn, qua bình điện phân.

b) Khối lượng đồng thoát ra ở catốt sau thời gian $t = 3 \text{ phút } 13 \text{ giây}$. Cho khối lượng nguyên tử của $\text{Cu} = 64$ và $n = 2$.

c) Công suất của nguồn và công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.

Hướng dẫn:

a) Ta có:

$$\Rightarrow R_{234} = R_2 + R_{34} = 6\Omega$$

+ Điện trở tương đương R_{MN} của mạch ngoài:

+ Cường độ dòng điện qua nguồn:

+ Ta có: $U_{MN} = IR_{MN} = 9V$

b) Khối lượng đồng thoát ra ở catốt sau thời gian $t = 3$ phút 13 giây:

c) Công suất của nguồn: $P_E = E.I = 60,75W$

+ Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P_{MN} = I^2 R_{MN} = 40,5W$

Ví dụ 4: Người ta dùng 36 nguồn giống nhau, mỗi nguồn có suất điện động 1,5 V, điện trở trong 0,9 Ω để cung cấp điện cho một bình điện phân đựng dung dịch $ZnSO_4$ với cực dương bằng kẽm, có điện trở $R = 3,6 \Omega$. Hỏi phải mắc hỗn hợp đối xứng bộ nguồn như thế nào để dòng điện qua bình điện phân là lớn nhất. Tính lượng kẽm bám vào catốt của bình điện phân trong thời gian 1 giờ 4 phút 20 giây. Biết Zn có $A = 65$; $n = 2$.

Hướng dẫn:

+ Giả sử các nguồn được mắc thành m hàng, mỗi hàng có n nguồn nối tiếp nhau:

+ Lại có:

+ Vì số nguồn là 36 nên: $mn = 36$

+ Nhận thấy I_{max} khi $(3,6m + 0,9n) = \min$

+ Theo cô-si:

+ Dấu "=" xảy ra khi: $3,6m = 0,9n \Rightarrow n = 4m$

Mà $mn = 36 \Rightarrow m = 3$; $n = 12$

+ Vậy phải mắc thành 3 hàng, mỗi hàng có 12 nguồn mắc nối tiếp, khi đó I_{max} bằng 2,5 A

Lượng kẽm bám vào catốt của bình điện phân trong thời gian 1 giờ 4 phút 20 giây:

Ví dụ 5: Cho điện như hình vẽ. Trong đó bộ nguồn có n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có suất điện động 1,5 V và điện trở trong 0,5 Ω . Mạch ngoài gồm các điện trở $R_1 = 20 \Omega$; $R_2 = 9 \Omega$; $R_3 = 2 \Omega$; đèn Đ loại 3V - 3W; R_p là bình điện phân đựng dung dịch $AgNO_3$, có cực dương bằng bạc. Điện trở của ampe kế và dây nối không đáng kể; điện trở của vôn kế rất lớn. Biết ampe kế A_1 chỉ 0,6 A, ampe kế A_2 chỉ 0,4 A. Tính:

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở của bình điện phân.

b) Số pin và công suất của bộ nguồn.

c) Số chỉ của vôn kế.

d) Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau 32 phút 10 giây.

e) Đèn Đ có sáng bình thường không? Tại sao?

Hướng dẫn:

a) Điện trở của bóng đèn:

$$\Rightarrow R_{2D} = R_2 + R_D = 12\Omega$$

$$+ \text{Ta có: } U_{2D} = U_{3p} = U_{CB} = I_{A2} \cdot R_{2D} = 4,8 \text{ V}; I_{3p} = I_3 = I_p = I_{A1} - I_{A2} = 0,2 \text{ A};$$

+ Lại có:

$$R_p = R_{3p} - R_3 = 22\Omega.$$

$$\text{b) Điện trở mạch ngoài: } R = R_1 + R_{CB} = R_1 + U_{CB} = 28 \Omega;$$

+ Ta có:

$$\Rightarrow 16,8 + 0,3n = 1,5n \Rightarrow n = 14 \text{ nguồn}$$

$$+ \text{Công suất của bộ nguồn: } P_{ng} = I \cdot E_b = 12,6 \text{ W}.$$

$$\text{c) Số chỉ vôn kế: } U_v = U = IR = 16,8 \text{ V}.$$

d) Khối lượng bạc giải phóng:

e)

nên đèn sáng yếu hơn bình thường.

Ví dụ 6: Một mạch điện kín gồm một nguồn điện có suất điện động $E = 6\text{V}$, điện trở trong $r = 0,5\Omega$, cung cấp dòng điện cho bình điện phân dung dịch đồng sunfat với anốt làm bằng chì. Biết suất phản điện của bình điện phân là $E_p = 2\text{V}$, và lượng đồng bám trên catốt là $2,4\text{g}$. Hãy tính:

a) Điện lượng dịch chuyển qua bình điện phân.

b) Cường độ dòng điện qua bình điện phân.

c) Thời gian điện phân.

Hướng dẫn:

Bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 và anốt được làm bằng chì (Pb) nên không xảy ra hiện tượng cực dương tan trong quá trình điện phân. Trong trường hợp này bình điện phân xem như một máy thu điện, nên dòng điện qua bình tuân theo định luật ôm cho đoạn mạch chứa máy thu

a) Điện lượng dịch chuyển qua bình điện phân:

Ta có:

Thay số:

b) Cường độ dòng điện qua bình điện phân:

c) Thời gian điện phân:

B. Bài tập

Bài 1. Một tấm kim loại được đem mạ niken bằng phương pháp điện phân. Biết diện tích bề mặt kim loại là 40cm^2 , cường độ dòng điện qua bình là 2A , niken có khối lượng riêng $D = 8,9 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$, $A = 58$, $n = 2$. Tính chiều dày của lớp niken trên tấm kim loại sau khi điện phân 30 phút. Coi niken bám đều lên bề mặt tấm kim loại.

Lời giải:

+ Sử dụng công thức:

+ Chiều dày của lớp mạ được tính:

Bài 2. Chiều dày của một lớp niken phủ lên một tấm kim loại là $h = 0,05 \text{ mm}$ 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. Biết niken có $A = 58$, $n = 2$ và có khối lượng riêng là $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$.

Lời giải:

+ Khối lượng kim loại đã phủ lên bề mặt tấm niken: $m = \rho V = \rho S h = 1,335 \text{ g}$

+ Lại có:

Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ. $E = 9 \text{ V}$, $r = 0,5 \Omega$. Bình điện phân chứa dung dịch đồng sunfat với hai cực bằng đồng. Đèn có ghi $6 \text{ V} - 9 \text{ W}$; R_x là một biến trở. Điều chỉnh để $R_x = 12 \Omega$ thì đèn sáng bình thường. Cho $\text{Cu} = 64$, $n = 2$. Tính khối lượng đồng bám vào catốt của bình điện phân trong 16 phút 5 giây và điện trở của bình điện phân.

Lời giải:

+ Điện trở của bóng đèn:

+ Cường độ dòng điện định mức của đèn là:

+ Hiệu điện thế hai đầu biến trở là:

+ Dòng điện trong mạch chính là: $I = I_D + I_{R_x} = 2 \text{ A}$

+ Khối lượng Cu bám trên catot:

+ Ta có:

+ Lại có:

Bài 4. Một nguồn gồm 30 pin mắc thành 3 nhóm nối tiếp, mỗi nhóm có 10 pin mắc song song, mỗi pin có suất điện động $0,9 \text{ (V)}$ và điện trở trong $0,6 \text{ (}\Omega\text{)}$. Bình điện phân có anốt làm bằng Cu và dung dịch điện phân là CuSO_4 , điện trở của bình điện phân là 205Ω , mắc bình điện phân vào hai cực của bộ nguồn. Trong thời gian 50 phút khối lượng đồng Cu bám vào catốt là:

Lời giải:

+ Mạch điện như hình

+ Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn là:

+ Cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân là:

+ Khối lượng đồng Cu bám vào catốt là:

Bài 5. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động E và điện trở trong $r = 1 \Omega$. $R_1 = 3 \Omega$; $R_2 = R_3 = R_4 = 4 \Omega$. R_2 là bình điện phân, đựng dung dịch CuSO_4 có anốt bằng đồng. Biết sau 16 phút 5 giây điện phân khối lượng đồng được giải phóng ở catốt là 0,48g.

a) Tính cường độ dòng điện qua bình điện phân và cường độ dòng điện qua các điện trở ?

b) Tính E ?

Lời giải:

a) Ta có:

+ Ta có:

$$\Rightarrow R_{234} = R_2 + R_3$$

$$+ \text{ Lại có: } U_{34} = I_{34} \cdot R_{34} = 3(\text{V}) \Rightarrow U_3 = U_4 = 3\text{V}$$

$$\Rightarrow I_4 = I_{34} - I_3 = 0,75(\text{A})$$

+ Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B:

+ Dòng điện qua điện trở R_1 :

b) Dòng điện trong mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 4,5\text{V}$

+ Điện trở tương đương R_{MN} của mạch ngoài:

+ Cường độ dòng điện qua nguồn:

Bài 6. Cho mạch điện như hình vẽ: Mỗi nguồn $E = 4,5\text{V}$, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_3 = 6\Omega$; R_2 : Đèn (6V - 6W), $R_4 = 2\Omega$, $R_5 = 4\Omega$ (với R_5 là bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4/Cu . Cho biết $A = 64$, $n = 2$. Tính:

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.

b) Nhiệt lượng tỏa ra trên bóng đèn trong thời gian 10 phút.

c) Khối lượng Cu bám vào catốt trong thời gian 16 phút 5 giây.

d) Hiệu điện thế giữa hai điểm C và M.

Lời giải:

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:

b) Ta có:

+ Dòng điện trong mạch chính:

+ Ta có: $U_{23} = U_{45} = IR_{23,45} = 12V$

+ Dòng điện qua bóng đèn: $I_2 = I_{23} = 1(A)$

+ Nhiệt lượng tỏa ra trên bóng đèn trong thời gian 10 phút: $Q = I_2^2 R_2 t = 3600J$

c) Dòng điện chạy qua bình điện phân: $I_5 = I_{45} = 2(A)$

+ Khối lượng Cu bám trên catot:

d) Ta có: $U_{CM} = E + E - I_{CB}.2r - I_{23}R_3 = 1,5V$

Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ. Bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có: $E = 1,5V$, $r_0 = 0,5\Omega$. Mạch ngoài $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 9\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, đèn R_3 : $3V - 3W$, R_5 là bình điện phân dung dịch $AgNO_3$ có dương cực tan. Biết ampe kế A_1 chỉ $0,6A$, ampe kế A_2 chỉ $0,4A$, $RA = 0$, RV rất lớn. Tìm:

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân.

b) Số pin và công suất mỗi pin.

c) Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn.

d) Khối lượng bạc được giải phóng ở catot sau 16 phút 5 giây điện phân.

e) Độ sáng của đèn R_3 ?

Lời giải:

Với bộ nguồn: $E_b = nE = 1,5n$; $r_b = nr_0 = 0,5n$.

Điện trở của đèn:

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân

– Hiệu điện thế 2 đầu R_4 , R_5 : $U_{45} = I_2(R_2 + R_3) = 0,4(9 + 3) = 4,8V$

– Cường độ dòng điện qua bình điện phân:

$I_4 = I_5 = I_1 - I_2 = 0,6 - 0,4 = 0,2A$

– Hiệu điện thế 2 đầu R_4 : $U_4 = I_4 R_4 = 0,2.4 = 0,8V$.

– Hiệu điện thế 2 đầu R_5 : $U_5 = U_{45} - U_4 = 4,8 - 0,8 = 4V$.

– Điện trở của bình điện phân:

b)

$\Leftrightarrow 1,5n = 6 + 0,3n \Leftrightarrow n = 5$.

$P = E_b I = 1,5.5.0,6 = 4,5W$, .

c) Số chỉ của vôn kế hai đầu bộ nguồn: $U = E_b - r_b I = 1,5.5 - 0,5.5.0,6 = 6V$.

d)

e)

Ta thấy: $I_2 = 0,4A < I_{dm}$: đèn Đ3 sáng tối hơn bình thường.