

PHẦN III : DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Dòng điện trong kim loại

a. Đặc điểm dòng điện trong kim loại

- Hạt tải điện trong kim loại là các electron tự do. Mật độ của các electron tự do trong kim loại rất cao nên kim loại dẫn điện rất tốt
- Bản chất dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các electron dưới tác dụng của điện trường.
- Chuyển động nhiệt của mạng tinh thể cản trở chuyển động của hạt tải điện làm cho điện trở kim loại phụ thuộc vào nhiệt độ. Đến gần 0^0 K, điện trở của kim loại rất nhỏ.

b. Sự phụ thuộc của điện trở suất của kim loại theo nhiệt độ

Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$$

- Vật liệu siêu dẫn có điện trở đột ngột giảm đến bằng 0 khi nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ tới hạn $T \leq T_C$.
- Cặp nhiệt điện là hai dây kim loại khác bản chất, hai đầu hàn vào nhau. Khi nhiệt độ hai mối hàn T_1, T_2 khác nhau, trong mạch có suất điện động nhiệt điện $E = \alpha_T(T_1 - T_2)$.

2. Dòng điện trong chất điện phân

a. Đặc điểm dòng điện trong chất điện phân

- Các dung dịch muối, axit, bazơ hay các muối nóng chảy được gọi là các chất điện phân.
- Hạt tải điện trong chất điện phân là các ion dương, ion âm bị phân li từ các phân tử muối, axit, bazơ.
- Chất điện phân không dẫn điện tốt bằng kim loại vì mật độ các ion trong chất điện phân nhỏ hơn mật độ các electron trong kim loại, khối lượng và kích thước của các ion lớn hơn khối lượng và kích thước của các electron nên tốc độ chuyển động có hướng của chúng nhỏ hơn.
- Dòng điện trong chất điện phân là dòng ion dương và ion âm chuyển động có hướng theo hai chiều ngược nhau trong điện trường.
- Hiện tượng dương cực tan xảy ra khi các anion đi tới anốt kéo các ion kim loại của điện cực vào trong dung dịch.
- Dòng điện trong chất điện phân không chỉ tải điện lượng mà còn tải cả vật chất đi theo. Tới điện cực chỉ có electron có thể đi tiếp, còn lượng vật chất đọng lại ở điện cực, gây ra hiện tượng điện phân.
- Hiện tượng điện phân được áp dụng trong các công nghệ luyện kim, hóa chất, mạ điện, ...

b. Các định luật Fa – ra - đây

❖ Định luật FA – ra - đây thứ nhất

Khối lượng vật chất được giải phóng ở điện cực của bình điện phân tỉ lệ thuận với điện lượng chạy qua bình đó

$$m = k.q$$

❖ Định luật Fa – ra - đây thứ hai

Đương lượng điện hóa k của một nguyên tố tỉ lệ với đương lượng gam $\frac{A}{n}$ của nguyên tố đó. Hệ số tỉ lệ là $\frac{1}{F}$, trong đó F gọi là số Fa – ra - đây

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

- Khối lượng chất thoát ra ở cực của bình điện phân tính ra gam:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} It \quad \text{với } F = 96500 \text{ C/mol.}$$

II. CÁC DẠNG TOÁN

Dạng 1. DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

A. PHƯƠNG PHÁP GIẢI

- + Dòng điện trong kim loại tuân theo định luật ôm: $I = \frac{U}{R}$
- + Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất: $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$. Với ρ_0 là điện trở suất của kim loại ở t_0 °C.
- + Điện trở của kim loại tăng theo nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất: $R_t = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$. Với R_0 : điện trở ở t_0 °C; α (K⁻¹): hệ số nhiệt của điện trở.
- + Biểu thức suất điện động nhiệt điện: $E = \alpha_T (T_1 - T_2) = \alpha_T (t_1^\circ - t_2^\circ)$, α_T : hệ số nhiệt điện động (μV/K), T_1 và T_2 lần lượt là nhiệt độ của đầu nóng và đầu lạnh.

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một đường ray xe điện bằng thép có diện tích tiết diện bằng 56 cm². Hỏi điện trở của đường ray dài 10 km bằng bao nhiêu ? cho biết điện trở suất của thép bằng 3.10⁻⁷ Ω.m

Hướng dẫn giải

Ta có: $R = \rho \frac{l}{S} = 3.10^{-7} \cdot \frac{10.10^3}{56.10^{-4}} = 0,54 \Omega$

Ví dụ 2: Một dây dẫn có đường kính 1mm, chiều dài 2m và điện trở 50 mΩ. Hỏi điện trở suất của vật liệu?

Hướng dẫn giải

Trước tiên ta tính diện tích tiết diện của dây dẫn: $S = \frac{\pi d^2}{4}$

$$\text{Mà } R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{4l}{\pi d^2} \Rightarrow \rho = \frac{\pi d^2 R}{4l} = \frac{\pi \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 2} = 1,96 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

Ví dụ 3: Đường kính của một dây sắt bằng bao nhiêu để nó có cùng điện trở như một dây đồng có đường kính 1,20 mm và cả hai dây có cùng chiều dài. Cho biết điện trở suất của đồng và sắt lần lượt là $9,68 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$; $1,69 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Hướng dẫn giải

Gọi d_1 và d_2 là đường kính của dây sắt và dây đồng.

Gọi S_1 và S_2 là diện tích tiết diện của dây sắt và dây đồng.

Điện trở của hai dây lần lượt là:
$$\begin{cases} R_1 = \rho_1 \frac{l_1}{S_1} = \rho_1 \frac{4l_1}{\pi d_1^2} & (1) \\ R_2 = \rho_2 \frac{l_2}{S_2} = \rho_2 \frac{4l_2}{\pi d_2^2} & (2) \end{cases}$$

Hai dây có cùng điện trở và chiều dài nên:
$$\begin{cases} R_1 = R_2 = R \\ l_1 = l_2 = l \end{cases}$$

Từ (1) và (2) ta có:
$$\frac{\rho_1}{d_1^2} = \frac{\rho_2}{d_2^2} \Rightarrow d_1 = d_2 \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{9,68 \cdot 10^{-8}}{1,69 \cdot 10^{-8}}} = 2,87 \text{ mm}$$

Ví dụ 4: Một bóng đèn 220V – 100W khi sáng bình thường thì nhiệt độ của dây tóc là 2000°C . Xác định điện trở của đèn khi thấp sáng và khi không thấp sáng, biết rằng nhiệt độ môi trường là 20°C và dây tóc đèn làm bằng Vonfram có $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Hướng dẫn giải

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi thấp sáng:
$$R = \frac{U_d^2}{P_d} = \frac{220^2}{100} = 484 \Omega$$

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi không thấp sáng:

$$R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \Rightarrow R_0 = \frac{R}{1 + \alpha(t - t_0)} = \frac{484}{1 + 4,5 \cdot 10^{-3}(2000 - 20)} = 48,8 \Omega$$

Ví dụ 5: Dây tóc bóng đèn 220V – 200W khi sáng bình thường ở 2500°C có điện trở lớn gấp 10,8 lần so với điện trở của nó ở 100°C . Tính hệ số nhiệt điện trở α và điện trở R_0 của nó ở 100°C . Coi rằng điện trở của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ.

Hướng dẫn giải

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi đèn sáng bình thường:

$$R = \frac{U_d^2}{P_d} = \frac{220^2}{200} = 242 \Omega$$

Theo bài ra: Coi rằng điện trở của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ nên ta có:

$$R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \Rightarrow \alpha = \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right) \cdot \frac{1}{(t - t_0)}$$

+ Theo đề: $\frac{R}{R_0} = 1,08$

$$\Rightarrow \begin{cases} \alpha = (10,8 - 1) \cdot \frac{1}{(2500 - 100)} = \alpha = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \\ R_0 = \frac{R}{10,8} = \frac{242}{10,8} = 22,4 \Omega \end{cases}$$

Ví dụ 6: Một bóng đèn loại 220V – 40W làm bằng vonfram. Điện trở của dây tóc đèn ở 20°C là $R_0 = 121 \Omega$. Tính nhiệt độ t của dây tóc khi đèn sáng bình thường. Coi điện trở suất của vonfram trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Hướng dẫn giải

+ Điện trở của bóng đèn khi đèn sáng bình thường: $R = \frac{U_d^2}{P_d} = \frac{220^2}{40} = 1210 \Omega$

+ Ta có: $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \Rightarrow t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right) + t_0 = 2020^\circ \text{C}$

Ví dụ 7: Một mối hàn của cặp nhiệt điện có hệ số nhiệt điện động $\alpha_T = 6,5 \mu\text{V/K}$ được đặt trong không khí ở $t_1 = 20^\circ \text{C}$, còn đầu kia được nung nóng ở nhiệt độ t_2 .

- Tìm suất điện động nhiệt điện khi $t_2 = 200^\circ \text{C}$
- Để suất điện động nhiệt điện là 2,6 mV thì nhiệt độ t_2 là bao nhiêu?

Hướng dẫn:

a) Suất điện động nhiệt điện khi $t_2 = 200^\circ \text{C}$:

$$E = \alpha_T (T_2 - T_1) = 6,5 \cdot (200 - 20) = 1170 (\mu\text{V}) = 1,17 (\text{mV})$$

b) Ta có: $E = \alpha_T (T_2 - T_1) = \alpha_T (t_2^\circ - t_1^\circ) \Rightarrow t_2^\circ = \frac{E}{\alpha_T} + t_1^\circ = 420^\circ \text{C}$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Hai vật được chế tạo cùng một vật liệu và có chiều dài bằng nhau. Vật dẫn A là một dây đặc có đường kính 1 mm. Vật dẫn B là một ống rỗng có đường kính ngoài 2 mm và đường kính trong 1 mm. Hỏi tỉ số điện trở R_A / R_B đo được giữa hai đầu của chúng là bao nhiêu?

Bài 2. Để mắc đường dây tải điện từ địa điểm A đến địa điểm B ta cần 1000 kg dây đồng có điện trở suất $1,69 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Muốn thay dây đồng bằng dây nhôm

$2,82 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ mà vẫn đảm bảo chất lượng truyền điện thì phải dùng bao nhiêu kg nhôm ? Cho biết khối lượng riêng của đồng là 8900 kg/m^3 và của nhôm là 2700 kg/m^3 .

Bài 3. Dựa vào quy luật phụ thuộc nhiệt độ của điện trở suất của dây kim loại, tìm công thức xác định sự phụ thuộc nhiệt độ của điện trở R của một dây kim loại có độ dài l và tiết diện S . Giả thiết trong khoảng nhiệt độ ta xét, độ dài và tiết diện của dây kim loại không thay đổi.

Bài 4. Dây tóc bóng đèn $220V - 100W$ khi sáng bình thường ở $2485^\circ C$ điện trở lớn gấp 12,1 lần so với điện trở của nó ở $20^\circ C$. Tính hệ số nhiệt điện trở α và điện trở R_0 của dây tóc đèn ở $20^\circ C$. Giả thiết rằng điện trở của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ.

Bài 5. Khi hiệu điện thế giữa hai cực bóng đèn là $U_1 = 20mV$ thì cường độ dòng điện chạy qua đèn là $I_1 = 8mA$, nhiệt độ dây tóc bóng đèn là $t_1 = 25^\circ C$. Khi sáng bình thường, hiệu điện thế giữa hai cực bóng đèn là $U_2 = 240V$ thì cường độ dòng điện chạy qua đèn là $I_2 = 8A$. Coi điện trở suất của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$. Nhiệt độ t_2 của dây tóc đèn khi sáng bình thường là:

Bài 6. Đồng có điện trở suất ở $20^\circ C$ là $1,69 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ và có hệ số nhiệt điện trở là $4,3 \cdot 10^{-3} (K^{-1})$.

- Tính điện trở suất của đồng khi nhiệt độ tăng lên đến $140^\circ C$.
- Khi điện trở suất của đồng có giá trị $3,1434 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ thì đồng có nhiệt độ bằng bao nhiêu?

Bài 7. Một dây kim loại có điện trở 20Ω khi nhiệt độ là $25^\circ C$. Biết khi nhiệt độ tăng thêm $400^\circ C$ thì điện trở của dây kim loại là $53,6\Omega$.

- Tính hệ số nhiệt điện trở của dây kim loại.
- Điện trở của dây dẫn tăng hay giảm bao nhiêu khi nhiệt độ tăng đến $300^\circ C$ kể từ $25^\circ C$.

Bài 8. Dây tỏa nhiệt của bếp điện có dạng hình trụ ở $20^\circ C$ có điện trở suất $\rho = 5 \cdot 10^{-7} \Omega m$, chiều dài 10 m, đường kính 0,5 mm.

- Tính điện trở của sợi dây ở nhiệt độ trên.
- Biết hệ số nhiệt của điện trở của dây trên là $\alpha = 5 \cdot 10^{-5} K^{-1}$. Tính điện trở ở $200^\circ C$.

Bài 9. Một mối hàn của một cặp nhiệt điện có hệ số nhiệt điện động là $32,4 \mu V/K$ được đặt trong không khí, còn mối hàn kia được nung nóng đến nhiệt độ $330^\circ C$ thì suất điện động nhiệt điện của cặp nhiệt điện này có giá trị là 10,044 mV.

- Tính nhiệt độ của đầu mối hàn trong không khí.
- Để suất nhiệt động nhiệt điện có giá trị 5,184 mV thì phải tăng hay giảm nhiệt độ của mối hàn đang nung một lượng bao nhiêu ?

Bài 10. Cặp nhiệt điện Sắt – Constantan có hệ số nhiệt điện động $\alpha_T = 50,4 \mu\text{V/K}$ và điện trở trong $r = 0,5\Omega$. Nối cặp nhiệt điện này với điện kế G có điện trở $R_G = 19,5 \Omega$. Đặt mỗi hàn thứ nhất vào trong không khí ở nhiệt $t_1 = 27^\circ\text{C}$, nhúng mỗi hàn thứ hai vào trong bếp điện có nhiệt độ 327°C . Cường độ dòng điện chạy qua điện kế G là

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Điện trở của hai dây lần lượt là:
$$\begin{cases} R_A = \rho_A \frac{l_A}{S_A} = \rho_A \frac{4l_A}{\pi d_A^2} & (1) \\ R_B = \rho_B \frac{l_B}{S_B} = \rho_B \frac{4l_B}{\pi (d_2^2 - d_1^2)} & (2) \end{cases}$$

Hai dây dẫn cùng vật liệu và chiều dài nên:
$$\begin{cases} \rho_A = \rho_B = \rho \\ l_A = l_B = l \end{cases}$$

Từ (1) và (2) ta có:
$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{d_2^2 - d_1^2}{d_A^2} = \frac{4 - 1}{1} = 3$$

Bài 2.

Đường dây tải truyền từ A đến B nên có cùng chiều dài: $l_1 = l_2 = l$

Khối lượng dây đồng cần để truyền từ A đến B: $m_1 = D_1 V_1 = D_1 l_1 S_1$ (1)

Khối lượng dây nhôm cần để truyền từ A đến B: $m_2 = D_2 V_2 = D_2 l_2 S_2$ (2)

Từ (1) và (2) ta có:
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{D_1 l_1 S_1}{D_2 l_2 S_2} = \frac{D_1 S_1}{D_2 S_2} \quad (3)$$

Điện trở của dây đồng: $R_1 = \rho_1 \frac{l}{S_1}$

Điện trở của dây nhôm: $R_2 = \rho_2 \frac{l}{S_2}$

Muốn thay dây đồng bằng dây nhôm mà vẫn đảm bảo chất lượng truyền điện thì điện trở trên đường dây truyền từ A đến B phải bằng nhau.

$$R_1 = R_2 \Leftrightarrow \frac{\rho_1}{S_1} = \frac{\rho_2}{S_2} \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (4)$$

Thay (4) vào (3) ta được:
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{D_1 \cdot \rho_1}{D_2 \cdot \rho_2} \Rightarrow m_2 = m_1 \cdot \frac{D_2 \cdot \rho_2}{D_1 \cdot \rho_1}$$

Thay số ta được:
$$m_2 = 1000 \cdot \frac{2700 \cdot 2,82 \cdot 10^{-8}}{8900 \cdot 1,69 \cdot 10^{-8}} = 506 \text{kg}$$

Bài 3.

+ Ta có:
$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$$

+ Vì coi chiều dài l và S là không đổi nên ta có: $\rho \frac{l}{S} = \rho_0 \frac{l}{S} [1 + \alpha(t - t_0)]$

+ Mà: $R = \rho \frac{l}{S}$; $R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$. Vậy: $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$

Bài 4.

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi đèn sáng bình thường:

$$R = \frac{U_d^2}{P_d} = \frac{220^2}{100} = 484 \Omega$$

+ Ta có: $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \Rightarrow \alpha = \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right) \cdot \frac{1}{(t - t_0)}$

+ Theo đề: $\frac{R}{R_0} = 12,1 \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1} \\ R_0 = 40 \Omega \end{cases}$

Bài 5.

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi nhiệt độ là $t_1 = 25^\circ \text{C}$ là: $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 2,5 \Omega$

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi nhiệt độ là t_2 là: $R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 30 \Omega$

+ Sự phụ thuộc điện trở của vật dẫn vào nhiệt độ:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \Rightarrow t_2 = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right) + t_1 = 2644^\circ \text{C}$$

Bài 6.

a) Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)] = 1,69 \cdot 10^{-8} [1 + 4,3 \cdot 10^{-3} (140 - 20)]$$

$$\Rightarrow \rho = 2,56 \cdot 10^{-8} (\Omega \cdot \text{m})$$

b) Ta có: $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)] \Rightarrow t = \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) \frac{1}{\alpha} + t_0 = 220^\circ \text{C}$

Bài 7.

a) Ta có: $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$

$$\Rightarrow \alpha = \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right) \cdot \frac{1}{(t - t_0)} = \left(\frac{53,6}{20} - 1 \right) \frac{1}{400} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

b) Ta có: $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] = 20 [1 + 4,2 \cdot 10^{-3} (300 - 25)] = 43,1 \Omega$

$$\Rightarrow \Delta R = R - R_0 = 43,1\Omega$$

Bài 8.

a) Điện trở của dây dẫn: $R_0 = \rho \frac{\ell}{S}$

+ Vì dây hình trụ nên: $S = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow R_0 = \rho \frac{4\ell}{\pi d^2} = 5 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{4 \cdot 10}{\pi \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^2} \approx 25,46\Omega$

b) Ta có: $R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] = 25,46 [1 + 5 \cdot 10^{-5} (200 - 20)] = 25,69\Omega$

Bài 9.

a) Ta có: $E = \alpha_T (T_2 - T_1) = \alpha_T (t_2^\circ - t_1^\circ) \Rightarrow t_1^\circ = t_2^\circ - \frac{E}{\alpha_T} = 20^\circ \text{C}$

b) Ta có: $E' = \alpha_T (T_2 - T_1) = \alpha_T (t_2^\circ - t_1^\circ) \Rightarrow t_2^\circ = \frac{E'}{\alpha_T} + t_1^\circ = 180^\circ \text{C}$

+ Vậy phải giảm nhiệt độ mỗi hàn nung nóng một lượng là:

$$\Delta t^\circ = 330^\circ - 180^\circ = 150^\circ$$

Bài 10.

+ Suất nhiệt điện động:

$$E_T = \alpha_T |T_2 - T_1| = 50,4(327 - 27) = 15120(\mu\text{V}) = 15,120(\text{mV})$$

+ Dòng điện qua điện kế: $I = \frac{E_T}{R_G + r} = \frac{15,12}{19,5 + 0,5} = 0,756(\text{mA})$

Dạng 2. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

Dạng toán này có 2 loại bài toán

LOẠI 1: ĐIỆN PHÂN CÓ DƯƠNG CỰC TAN

Phương pháp giải:

- + 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 $\frac{A}{n}$ của nguyên tố đó

- Biểu thức: $k = c \frac{A}{n} = \frac{A}{Fn}$ (2) ($F = \frac{1}{c} = 96500 \text{ C/mol}$)

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

$$m = kq = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q = \frac{A \cdot I \cdot t}{96500n}$$

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

Phương pháp giải:

- + 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) $I = \frac{E - E_p}{r + r_p}$.

+ Để giải ta cũng sử dụng định luật Faraday: $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q$ Hay: $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It$

Các công thức liên quan cần thiết để giải dạng toán này:

✓ Khối lượng riêng: $D = \frac{m}{V}$.

✓ 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.

B. VÍ DỤ MẪU

Trong phần này tôi chỉ chủ yếu tập trung vào các ví dụ điện phân có cực dương tan.

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 $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Hướng dẫn giải

Trước tiên ta chuyển đổi các đơn vị của các đại lượng về đơn vị chuẩn:

Diện tích: $S = 200 \text{ cm}^2 = 200 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

Thời gian: $t = 2 \text{ giờ } 40 \text{ phút } 50 \text{ giây} = 2 \cdot 3600 + 40 \cdot 60 + 50 = 96500 \text{ giây}$

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.

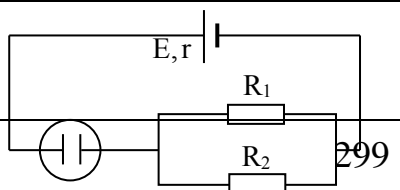
+ Áp dụng định luật Faraday: $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It$

Khối lượng đồng bám vào sắt: $m = \frac{1}{96500} \cdot \frac{64 \cdot 10 \cdot 96500}{2} = 320 (\text{g}) = 0,32 (\text{kg})$

+ Chiều dày của lớp mạ được tính:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{m}{S \cdot \rho} = \frac{0,32}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 8,9 \cdot 10^3} = 0,0018 (\text{m}) = 1,8 (\text{mm})$$

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 ,



anôt bằng đồng Cu và điện trở của bình điện

phân $R_p = 4\Omega$. Tính:

- Cường độ dòng điện qua mạch chính.
- Khối lượng đồng thoát ra ở cực dương trong 16 phút 5 giây.

Hướng dẫn giải

Khi điện phân một dung dịch muối mà kim loại anôt làm bằng chính kim loại ấy thì xảy ra hiện tượng cực dương ta (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:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_p = \frac{9.6}{9+6} + 4 = 7,6\Omega$$

+ Dòng điện trong mạch chính: $I = \frac{E}{R + r} = \frac{12}{8} = 1,5A$

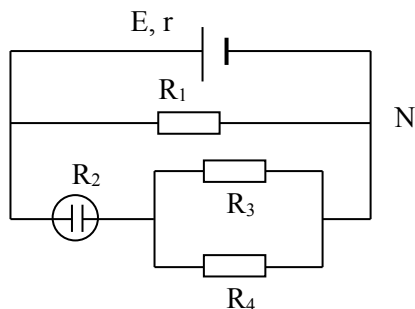
b) Khối lượng đồng thoát ra ở cực dương:

$$m = \frac{AIt}{96500n} = \frac{64.1,5.(16.60+5)}{96500.2} = 0,48g$$

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 , anôt bằng đồng, có điện trở $R_2\text{ M}$ $= 4\Omega$. Hãy tính

- Điện trở tương đương R_{MN} của mạch ngoài, cường độ dòng điện qua nguồn, qua bình điện phân.
- Khối lượng đồng thoát ra ở catôt sau thời gian $t = 3\text{ phút } 13\text{ giây}$. Cho khối lượng nguyên tử của Cu = 64 và $n = 2$.
- Công suất của nguồn và công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.



Hướng dẫn giải

a) Ta có: $R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 2\Omega \Rightarrow R_{2,34} = R_2 + R_{34} = 6\Omega$

+ Điện trở tương đương R_{MN} của mạch ngoài: $R_{MN} = \frac{R_1 \cdot R_{2,34}}{R_1 + R_{2,34}} = 2\Omega$

+ Cường độ dòng điện qua nguồn: $I = \frac{E}{R_{MN} + r} = \frac{13,5}{2 + 1} = 4,5A$

+ Ta có: $U_{MN} = IR_{MN} = 9V \Rightarrow I_2 = \frac{U_{MN}}{R_{234}} = \frac{9}{6} = 1,5A$

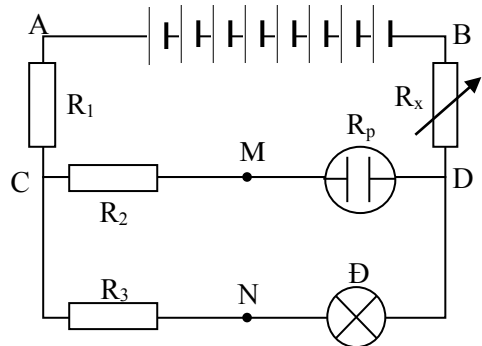
b) Khối lượng đồng thoát ra ở catôt sau thời gian $t = 3$ phút 13 giây:

$$m = \frac{AIt}{96500n} = \frac{64.1,5.(3.60 + 13)}{96500.2} = 0,096g$$

c) Công suất của nguồn: $P_E = EI = 60,75W$

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

Ví dụ 4: Cho mạch điện như hình. Trong đó mỗi nguồn có suất điện động $E = 5V$; điện trở trong $r = 0,25 \Omega$ mắc nối tiếp; đèn Đ loại (4V - 8W); các điện trở $R_1 = 3 \Omega$; $R_2 = R_3 = 2 \Omega$; $R_p = 4 \Omega$ và là bình điện phân dung dịch $Al_2(SO_4)_3$ có cực dương bằng Al. Điều chỉnh biến trở R_x để đèn Đ sáng bình thường. Tính:



- Điện trở của biến trở tham gia trong mạch.
- Lượng Al giải phóng ở cực âm của bình điện phân trong thời gian 1 giờ 4 phút 20 giây. Biết Al có $n = 3$ và có $A = 27$.
- Hiệu điện thế giữa hai điểm A và M.

Hướng dẫn giải

+ Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn: $\begin{cases} E_b = 8.5 = 40V \\ r_b = 8.0,25 = 2\Omega \end{cases}$

+ Điện trở của bóng đèn: $R_D = \frac{U_D^2}{P_D} = 2\Omega$

a) Đèn sáng bình thường nên dòng điện qua bóng đèn là:

$$I_D = \frac{P_D}{U_D} = 2(A) \Rightarrow I_{3,D} = I_3 = I_D = 2(A)$$

+ Ta có: $R_{3,D} = R_3 + R_D = 4\Omega$ và $R_{2,p} = R_2 + R_p = 6\Omega$

+ Lại có: $U_{3,D} = I_{3,D}.R_{3,D} = 8V \Rightarrow U_{CD} = U_{3,D} = U_{2,p} = 8V$

+ Dòng điện qua R_2 và bình điện phân: $I_{2,p} = \frac{U_{2,p}}{R_{2,p}} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}(A)$

+ Dòng điện qua mạch: $I = I_{3,D} + I_{2,p} = \frac{10}{3} \text{ (A)}$

+ Mà: $E_b = U_{AB} + I.r_b = U_{CD} + I.(R_1 + R_x) + I.r_b \Rightarrow I = \frac{E_b - U_{CD}}{R_1 + R_x + r_b}$

$$\frac{10}{3} = \frac{40 - 8}{3 + R_x + 2} \Rightarrow R_x = 4,6\Omega$$

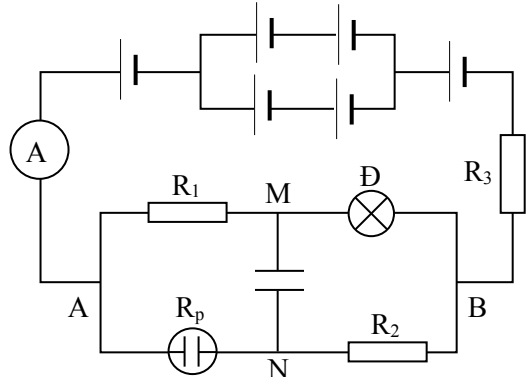
b) Khối lượng nhôm bám vào catốt:

$$m = \frac{A.I_p.t}{96500n} = \frac{27 \cdot \frac{4}{3} \cdot (1.60.60 + 4.60 + 20)}{96500 \cdot 3} = 0,48 \text{ (g)}$$

c) Hiệu điện thế giữa hai điểm A, M:

$$U_{AM} = U_1 + U_2 = I.R_1 + I_2.R_2 = \frac{38}{3} \text{ V} = 12,67 \text{ V}$$

Ví dụ 5: Cho mạch điện như hình vẽ. Biết bộ nguồn gồm 6 nguồn giống nhau, mỗi nguồn có suất điện động $E = 2,25 \text{ V}$, điện trở trong $r = 0,5\Omega$. Bình điện phân có điện trở R_p chứa dung dịch CuSO_4 , anốt làm bằng Cu . Tụ điện có điện dung $C = 6 \mu\text{F}$. Đèn Đ có ghi số $(4 \text{ V} - 2 \text{ W})$, các điện trở có giá trị $R_1 = 0,5\Omega$, $R_2 = R_3 = 1\Omega$. Ampe kế có điện trở không đáng kể, bỏ qua điện trở của dây nối. Biết đèn Đ sáng bình thường. Tính:



- Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.
- Hiệu điện thế U_{AB} và số chỉ của ampe kế.
- Khối lượng đồng bám vào catốt sau 32 phút 10 giây và điện trở R_p của bình điện phân.
- Điện tích và năng lượng của tụ điện.

Hướng dẫn giải

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:
$$\begin{cases} E_b = 4 \cdot 2,25 = 9 \text{ V} \\ r_b = 0,5 + \frac{0,5 \cdot 2}{2} + 0,5 = 1,5\Omega \end{cases}$$

b) Vì dòng một chiều không qua tụ nên mạch gồm:

$$\left[(R_1 \text{ nt } R_D) // (R_p \text{ nt } R_2) \right] \text{ nt } R_3$$

+ Điện trở của bóng đèn: $R_D = \frac{U_D^2}{P_D} = 8\Omega$

+ Ta có: $R_{1,D} = R_1 + R_D = 9\Omega$

+ Đèn sáng bình thường nên dòng điện qua bóng đèn là: $I_D = \frac{P_D}{U_D} = 0,5(A)$

+ Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là: $U_{AB} = I_{1,D} \cdot R_{1,D} = 4,5V$

+ Ta có: $E_b = U_N + I \cdot r_b = U_{AB} + I \cdot R_3 + I \cdot r_b \Rightarrow I = \frac{E_b - U_{AB}}{R_3 + r_b} = 1,8(A)$

Số chỉ ampe kế là: $I_A = I = 1,8 A$

c) Dòng điện qua bình điện phân: $I_p = I - I_D = 1,3(A)$

+ Khối lượng đồng bám vào catốt: $m = \frac{A \cdot I_p \cdot t}{96500n} = 0,832(g)$

+ Ta có: $U_{AN} = U_{AB} - U_{NB} = U_{AB} - I_p \cdot R_2 = 4,5 - 1,3 \cdot 2 = 1,9V$

+ Điện trở bình điện phân: $R_p = \frac{U_p}{I_p} = \frac{1,9}{1,3} \approx 1,5\Omega$

d) Ta có: $U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = -U_1 + U_{AN} = -0,5 \cdot 1 + 1,9 = 1,4V$

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện: $U_C = U_{MN} = 1,4 V$

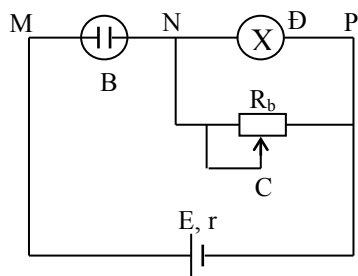
+ Điện tích mà tụ tích được: $Q = CU_C = 8,4 \cdot 10^{-6} C$

+ Năng lượng của tụ: $W = \frac{CU_C^2}{2} = 8,232 \cdot 10^{-6} (J)$

Ví dụ 6: Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 9V$, $r = 0,5\Omega$, B là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ với các điện cực bằng đồng. Đ là đèn $6V - 9W$, R_b là biến trở.

a) C ở vị trí $R_b = 12\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tính khối lượng đồng bám vào catot bình điện phân trong 1 phút, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn.

b) Từ vị trí trên của con chạy C, nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào catot trong 1 phút thay đổi như thế nào?



Hướng dẫn giải

Ta có: + Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{6^2}{9} = 4\Omega$.

+ Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{9}{6} = 1,5A$.

a) Khối lượng đồng bám vào catot, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn

– Cường độ dòng điện qua biến trở: $I_b = \frac{U_{NP}}{R_b} = \frac{6}{12} = 0,5A$.

– Cường độ dòng điện qua bình điện phân: $I = I_{dm} + I_b = 1,5 + 0,5 = 2A$.

– Khối lượng đồng bám vào catot trong 1 phút = 60s là:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{64}{2} \cdot 2 \cdot 60 = 0,0398g = 39,8mg$$

– Công suất tiêu thụ của mạch ngoài: $P_N = UI = (E - rI)I = (9 - 0,5 \cdot 2) \cdot 2 = 16W$

– Công suất của nguồn: $P = EI = 9 \cdot 2 = 18W$.

Vậy: Khối lượng đồng bám vào catot là 39,8mg, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là 16W, công suất của nguồn là 18W.

b) Độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào catot thay đổi như thế nào?

– Nếu con chạy C sang trái thì R_b tăng $\Rightarrow R_{NP}$ tăng $\Rightarrow$ điện trở mạch ngoài tăng $\Rightarrow$

$$I = \frac{E}{R+r} \text{ giảm nên lượng đồng bám vào catot giảm.}$$

– Hiệu điện thế hai đầu đèn là:

$$U_{NP} = IR_{NP} = \frac{E}{R + \frac{R_d R_b}{R_d + R_b}} \cdot \frac{R_d R_b}{R_d + R_b} = \frac{ER_d R_b}{R_d(R + R_b) + RR_b}$$

– Cường độ dòng điện qua đèn:

$$I_d = \frac{U_{NP}}{R_d} = \frac{ER_b}{R_d(R + R_b) + RR_b} = \frac{E}{R + R_d + \frac{RR_d}{R_b}}$$

– Khi R_b tăng $\Rightarrow (R + R_d + \frac{RR_d}{R_b})$ giảm nên I_d tăng, nghĩa là độ sáng của đèn tăng.

Vậy: Nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn tăng và lượng đồng bám vào catot giảm.

Ví dụ 7: 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 catot của bình điện phân trong thời gian 1 giờ 4 phút 20 giây. Biết Zn có $A = 65$; $n = 2$.

Hướng dẫn giải

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

+ Ta có:
$$\begin{cases} E_b = nE = 1,5n \\ r_b = \frac{nr}{m} = \frac{0,9n}{m} \end{cases}$$

+ Lại có:
$$I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5n}{3,6 + \frac{0,9n}{m}} = \frac{1,5 \cdot m \cdot n}{3,6m + 0,9n}$$

+ Vì số nguồn là 36 nên: $mn = 36 \Rightarrow I = \frac{54}{3,6m + 0,9n}$

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

+ Theo cô-si: $3,6m + 0,9n \geq 2\sqrt{3,6 \cdot 0,9 \cdot mn} = 2\sqrt{3,6 \cdot 0,9 \cdot 36} = 21,6$

$$\Rightarrow (3,6m + 0,9n)_{\min} = 21,6 \Rightarrow I_{\max} = \frac{54}{21,6} = 2,5(A)$$

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

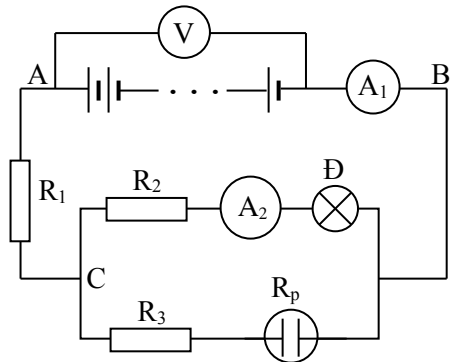
Mà $mn = 36 \Rightarrow m = 3, n = 12$

+ 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 catôt của bình điện phân trong thời gian 1 giờ 4 phút 20 giây.

$$m = \frac{A \cdot I \cdot t}{96500 \cdot n} = \frac{65 \cdot 2,5 \cdot (3600 + 40 \cdot 60 + 20)}{96500 \cdot 2} = 3,25(g)$$

Ví dụ 8: 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:



- Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở của bình điện phân.
- Số pin và công suất của bộ nguồn.
- Số chỉ của vôn kế.
- Khối lượng bạc giải phóng ở catôt sau 32 phút 10 giây.
- Đèn Đ có sáng bình thường không? Tại sao?

Hướng dẫn giải

a) Điện trở của bóng đèn: $R_D = \frac{U_D^2}{P_D} = 3\Omega \Rightarrow R_{2D} = R_2 + R_D = 12\Omega$

+ 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: $R_{3p} = \frac{U_{3p}}{I_{3p}} = 24\Omega$; $R_p = R_{3p} - R_3 = 22 \Omega$.

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

+ Ta có: $I = \frac{nE}{R + n \cdot r} \Rightarrow 16,8 + 0,3n = 1,5n \Rightarrow n = 14$ nguồn

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

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

d) Khối lượng bạc giải phóng: $m = \frac{A \cdot I_p \cdot t}{96500n} = 0,432(\text{g})$

e) $I_D = I_{A2} = 0,4 \text{ A} < I_{dm} = \frac{P_D}{U_D} = 1 \text{ A}$ nên đèn sáng yếu hơn bình thường.

Ví dụ 9: 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 $E_p = 2\text{V}$, $r_p = 1,5\Omega$, và lượng đồng bám trên ca tốt là $2,4\text{g}$. Hãy tính:

- Điện lượng dịch chuyển qua bình điện phân.
- Cường độ dòng điện qua bình điện phân.
- Thời gian điện phân.

Hướng dẫn giải

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 $I = \frac{E - E_p}{r + r_p}$.

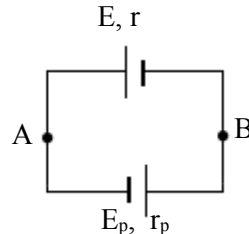
Ta có thể coi mạch điện như hình vẽ

- a) Điện lượng dịch chuyển qua bình điện phân:

Ta có: $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q \Rightarrow q = \frac{m \cdot F \cdot n}{A}$

Thay số: $q = \frac{2,4 \cdot 96500 \cdot 2}{64} = 7237,5\text{C}$

- b) Cường độ dòng điện qua bình điện phân:



$$I = \frac{E - E_p}{r + r_p} = \frac{6 - 2}{0,5 + 1,5} = 2A$$

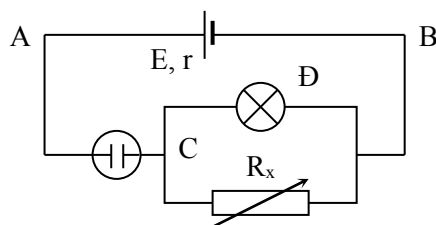
c) Thời gian điện phân: $t = \frac{q}{I} = \frac{7237,5}{2} = 3618,75s$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

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.

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 $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$.

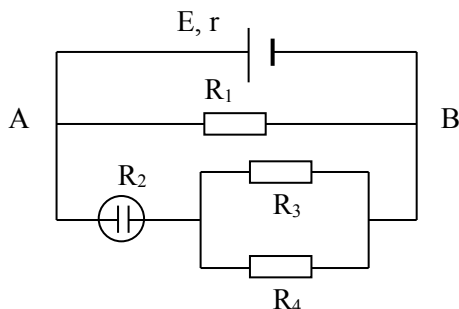
Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ. $E = 9 \text{ V}$, $r = 0,5 \Omega$. Bình điện phân chứa dung dịch đồng sunfat với hai cực bằng đồng. Đèn có ghi $6 \text{ V} - 9 \text{ W}$; R_x là một biến trở. Điều chỉnh để $R_x = 12 \Omega$ thì đèn sáng bình thường. Cho $Cu = 64$, $n = 2$. Tính khối lượng đồng bám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



bình điện phân trong 16 phút 5 giây và điện trở của bình điện phân.

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:

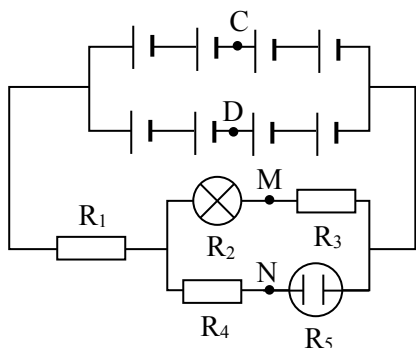
Bài 5. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động E và điện trở trong $r = 1 \Omega$. $R_1 = 3 \Omega$; $R_2 = R_3 = R_4 = 4 \Omega$. R_2 là bình điện phân, đựng dung dịch $CuSO_4$ có anốt bằng đồng. Biết sau 16 phút 5 giây điện phân khối lượng đồng được giải phóng ở catốt là $0,48g$.



- Tính cường độ dòng điện qua bình điện phân và cường độ dòng điện qua các điện trở ?
- Tính E ?

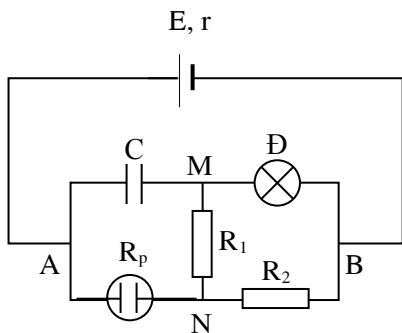
Bài 6. Cho mạch điện như hình vẽ: Mỗi nguồn $E = 4,5\text{V}$, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_3 = 6\Omega$; R_2 : Đèn ($6\text{V} - 6\text{W}$), $R_4 = 2\Omega$, $R_5 = 4\Omega$ (với R_5 là bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4/Cu). Cho biết $A = 64$, $n = 2$. Tính:

- Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.
- Nhiệt lượng tỏa ra trên bóng đèn trong thời gian 10 phút.
- Khối lượng Cu bám vào catốt trong thời gian 16 phút 5 giây.
- Hiệu điện thế giữa hai điểm C và M.



Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ. Nguồn có suất điện động $E = 24\text{V}$, $r = 1\Omega$, điện dung tụ $C = 4\mu\text{F}$. Đèn Đ có ghi ($6\text{V} - 6\text{W}$). Các điện trở $R_1 = 6\Omega$; $R_2 = 4\Omega$; $R_p = 2\Omega$ và là bình điện phân đựng dung dịch CuSO_4 có cực dương bằng Cu.

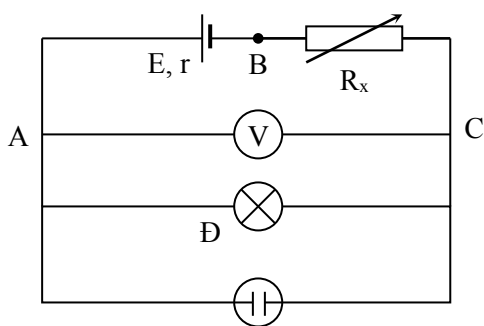
- Tính điện trở tương đương của đoạn mạch.
- Tính lượng Cu giải phóng ra ở cực âm của bình điện phân trong thời gian 16 phút 5 giây. Biết Cu có hóa trị 2 và có nguyên tử lượng 64.
- Tính điện tích trên tụ C.



Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ.

Bộ nguồn gồm 12 pin giống nhau mắc thành hai dãy, mỗi dãy gồm 6 pin mắc nối tiếp. Mỗi pin có suất điện động $E = 4,5\text{V}$, điện trở trong $r = 0,01\Omega$. Đèn Đ có ghi $12\text{V} - 6\text{W}$. Bình điện phân đựng dung dịch AgNO_3 có anốt bằng bạc và điện trở $R_p = 1\Omega$. Điện trở của vôn kế vô cùng lớn và của các dây nối không đáng kể. Điều chỉnh biến trở R_x cho vôn kế chỉ 12V . Hãy tính:

- Cường độ dòng điện qua đèn và qua bình điện phân.
- Khối lượng bạc giải phóng ở catốt trong 16 phút 5 giây, biết $\text{Ag} = 108$, hóa trị $n = 1$.

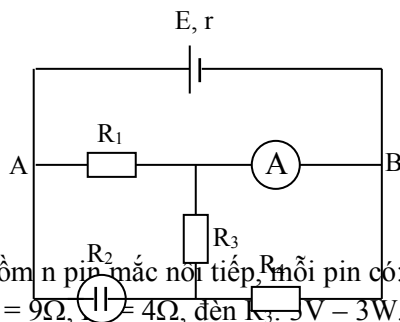


c) Giá trị R_x tham gia vào mạch điện.

Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 13,5V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_3 = R_4 = 4\Omega$, $R_A = 0$, R_2 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng.

Biết sau 16 phút 5 giây điện phân, khối lượng đồng được giải phóng ở catot là 0,48g. Tính:

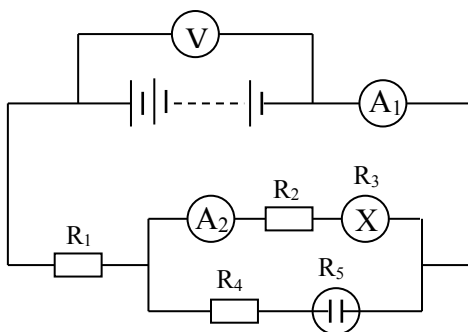
- Cường độ dòng điện qua bình điện phân.
- Điện trở bình điện phân.
- Số chỉ của ampe kế.
- Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.



Bài 10. 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 $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 9\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, 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, $R_A = 0$, R_V rất lớn. Tìm:

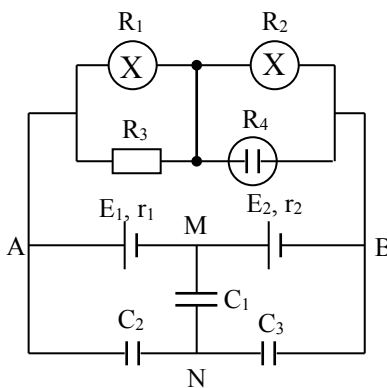
- Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân.
- Số pin và công suất mỗi pin.
- Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn.
- Khối lượng bạc được giải phóng ở catot sau 16 phút 5 giây điện phân.
- Độ sáng của đèn R_3 ?



Bài 11. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = r_2 = 0,5\Omega$, đèn R_1 : 2V – 1,5W, đèn R_2 : 4V – 3W, R_3 là điện trở, R_4 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng, tụ $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = C_3 = 2\mu F$.

Biết các đèn sáng bình thường.

- Tính khối lượng đồng được giải phóng ở catot bình điện phân trong thời gian 16 phút 5 giây và điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên.
- Tính R_3 và R_4 .
- Tính điện tích trên mỗi bản tụ nối với N.



D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

+ Sử dụng công thức: $m = \frac{A.I.t}{96500.n}$

+ Chiều dày của lớp mạ được tính: $d = \frac{V}{S} = \frac{m}{S.D} = \frac{A.I.t}{F.n.S.D} = 0,03\text{mm}$

Bài 2.

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

+ Lại có: $m = \frac{Alt}{96500n} \Rightarrow I = \frac{96500.m.n}{A.t} = 2,47(\text{A})$

Bài 3.

+ Điện trở của bóng đèn:

$$R_d = \frac{U_D^2}{P_D} = 4\Omega$$

+ Cường độ dòng điện định mức của đèn

là: $I_D = \frac{P_D}{U_D} = 1,5(\text{A})$

+ Hiệu điện thế hai đầu biến trở là:

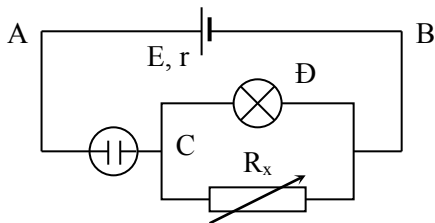
$$U_{R_x} = 6\text{ V} \Rightarrow I_{R_x} = \frac{6}{12} = 0,5(\text{A})$$

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

+ Khối lượng Cu bám trên catot: $m = \frac{A.I.t}{96500n} = 0,64(\text{g})$

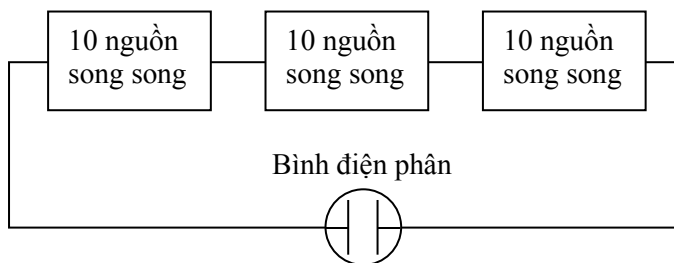
+ Ta có: $I = \frac{E}{R_N + r} \Leftrightarrow 2 = \frac{9}{R_N + 0,5} \Rightarrow R_N = 4\Omega$

+ Lại có: $R_N = \frac{R_D \cdot R_x}{R_D + R_x} + R_b \Leftrightarrow 4 = \frac{4.12}{4 + 12} + R_b \Rightarrow R_b = 1\Omega$



Bài 4.

+ Mạch điện như hình



+ Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn là:
$$\begin{cases} E_b = 3.0,9 = 2,7\text{V} \\ r_b = \frac{3.0,6}{10} = 0,18\Omega \end{cases}$$

+ Cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân là: $I = \frac{E_b}{R + r_b} = 0,0132(\text{A})$

+ Khối lượng đồng Cu bám vào catốt là: $m = \frac{A \cdot I \cdot t}{96500n} = 0,013(\text{g})$

Bài 5.

a) Ta có: $m = \frac{A I t}{96500n}$

$\Rightarrow I_2 = \frac{96500 \cdot m \cdot n}{A \cdot t} = 1,5(\text{A}) \Rightarrow I_{34} = 1,5(\text{A})$

+ Ta có: $R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 2\Omega$

$\Rightarrow R_{2,34} = R_2 + R_{34} = 6\Omega$

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

$\Rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} = 0,75(\text{A}) \Rightarrow I_4 = I_{34} - I_3 = 0,75(\text{A})$

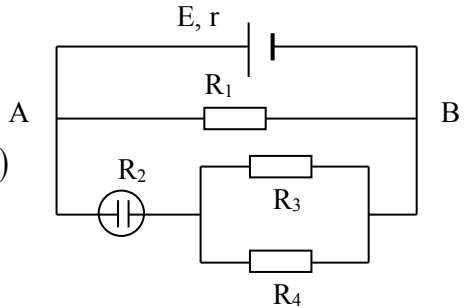
+ Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B: $U_{AB} = U_{2,34} = I_2 \cdot R_{2,34} = 9(\text{V})$

+ Dòng điện qua điện trở R_1 : $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = 3(\text{A})$

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

+ Điện trở tương đương R_{MN} của mạch ngoài: $R_{MN} = \frac{R_1 \cdot R_{2,34}}{R_1 + R_{2,34}} = 2\Omega$

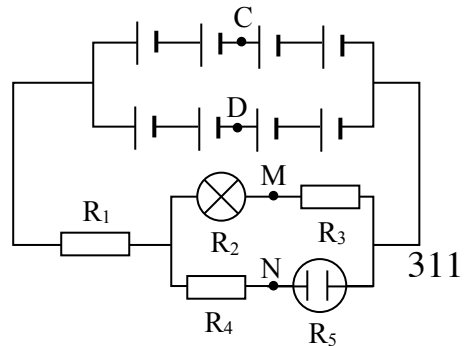
+ Cường độ dòng điện qua nguồn: $I = \frac{E}{R_{MN} + r} \Leftrightarrow 4,5\text{A} = \frac{E}{2+1} \Rightarrow E = 13,5(\text{V})$



Bài 6.

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ

nguồn: $\begin{cases} E_b = 4,5 \cdot 4 = 18\text{V} \\ r_b = \frac{0,5 \cdot 4}{2} = 1\Omega \end{cases}$



$$\text{b) Ta có: } \begin{cases} R_2 = \frac{U_d^2}{P_d} = 6\Omega \Rightarrow R_{23} = 12\Omega \\ R_{45} = 6\Omega \Rightarrow R_{23,45} = 4\Omega \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_N = \frac{R_{23} \cdot R_{45}}{R_{23} + R_{45}} + R_1 = 5\Omega$$

$$+ \text{ Dòng điện trong mạch chính: } I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{18}{5+1} = 3A$$

$$+ \text{ Ta có: } U_{23} = U_{45} = IR_{23,45} = 3 \cdot 4 = 12V \Rightarrow \begin{cases} I_{23} = \frac{U_{23}}{R_{23}} = 1A \\ I_{45} = \frac{U_{45}}{R_{45}} = 2A \end{cases}$$

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

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

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

$$+ \text{ Khối lượng Cu bám trên catot: } m = \frac{A \cdot I_5 \cdot t}{96500n} = 0,64(g)$$

$$\text{d) Ta có: } U_{CM} = E + E - I_{CB} \cdot 2r - I_{23} R_3 = 4,5 + 4,5 - 1,5 \cdot 1 - 1 \cdot 6 = 1,5V$$

Bài 7.

a) Dòng điện một chiều không qua tụ điện nên đoạn AM được bỏ đi và mạch điện vẽ lại như hình.

$$+ \text{ Lúc này: } [(R_1 \text{ nt } R_D) // R_2] \text{ nt } R_p$$

$$+ \text{ Điện trở của bóng đèn: } R_D = \frac{U_D^2}{P_D} = 6\Omega$$

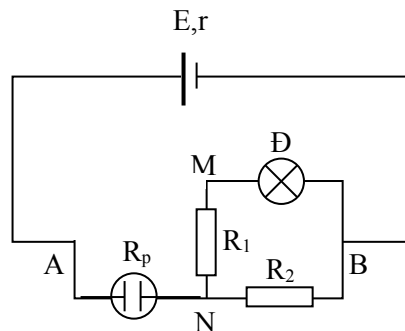
$$+ \text{ Ta có: } R_{NB} = \frac{(R_1 + R_D) \cdot R_2}{(R_1 + R_D) + R_2} = 3\Omega$$

$$+ \text{ Tổng trở mạch ngoài: } R_N = R_p + R_{NB} = 5\Omega$$

b) Dòng điện chạy trong mạch chính:

$$I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{24}{5+1} = 4A \Rightarrow I_p = 4A$$

$$+ \text{ Khối lượng Cu bám trên catot: } m = \frac{A \cdot I_p \cdot t}{96500n} = 1,28(g)$$



c) Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện là $U_{AM} = U_p + U_1$

+ Ta có: $U_{NB} = I \cdot R_{NB} = 12 \text{ V} \Rightarrow U_{1D} = 12 \text{ V} \Rightarrow I_1 = \frac{U_{1D}}{R_{1D}} = \frac{12}{12} = 1(\text{A})$

$\Rightarrow U_C = U_{AM} = I_p \cdot R_p + I_1 \cdot R_1 = 4.2 + 1.6 = 14 \text{ V}$

+ Điện tích của tụ điện tích được: $Q = C \cdot U_C = 56 \mu\text{C}$

Bài 8.

a) Điện trở của bóng đèn: $R_d = \frac{U_D^2}{P_D} = 24\Omega$

+ Ta có: $U_{AC} = U_D = U_p = 12\text{V}$

+ Dòng điện qua bóng đèn và bình điện phân là:
$$\begin{cases} I_D = \frac{12}{24} = 0,5(\text{A}) \\ I_p = \frac{12}{1} = 12(\text{A}) \end{cases}$$

b) Khối lượng bạc giải phóng ở điện cực: $m = \frac{A \cdot I_p \cdot t}{96500n} = 12,96(\text{g})$

c) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:
$$\begin{cases} E_b = 6E = 27\text{V} \\ r_b = \frac{6r}{2} = 0,03\Omega \end{cases}$$

+ Dòng điện trong mạch chính: $I = I_p + I_D = 12,5 \text{ A}$

+ Ta có: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} \Leftrightarrow 12,5 = \frac{27}{R_N + 0,03} \Rightarrow R_N = 2,13\Omega$

+ Lại có: $R_N = \frac{R_D \cdot R_p}{R_D + R_p} + R_x \Leftrightarrow 2,13 = \frac{24 \cdot 1}{24 + 1} + R_x \Rightarrow R_x = 1,17\Omega$

Bài 9.

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân:

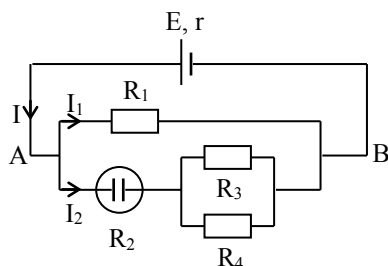
Vì $R_A = 0$ nên mạch điện được vẽ lại như sau:

Theo định luật Faraday, ta có: $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} I_2 t$

$\Rightarrow I_2 = \frac{mFn}{At} = \frac{0,48 \cdot 96500 \cdot 2}{64(16 \cdot 60 + 5)} = 1,5\text{A}$

Vậy: Cường độ dòng điện qua bình điện phân là 1,5A.

b) Điện trở bình điện phân



Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_2(R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}) = 1,5(R_2 + \frac{4.4}{4+4}) = 1,5(R_2 + 2)$

Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{1,5(R_2 + 2)}{3} = 0,5R_2 + 1$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = I_1 + I_2 = 1,5 + 0,5R_2 + 1 = 2,5 + 0,5R_2$$

Ta có: $U_{AB} = E - rI = 13,5 - 1.(2,5 + 0,5R_2) = 1,5(R_2 + 2)$

$$\Leftrightarrow 11 - 0,5R_2 = 1,5R_2 + 3 \Rightarrow R_2 = 4\Omega.$$

Vậy: Điện trở bình điện phân là $R_2 = 4\Omega$.

c) Số chỉ của ampe kế

Ta có: $I_1 = 0,5.4 + 1 = 3A$.

Hiệu điện thế 2 đầu R_3 : $U_3 = U_4 = I_2 R_{34} = 1,5.2 = 3V$.

Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{3}{4} = 0,75A$.

Số chỉ của ampe kế: $I_A = 3 + 0,75 = 3,75A$.

Vậy: Ampe kế chỉ $3,75A$.

d) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài

Ta có: $U = U_{AB} = 1,5(R_2 + 2) = 1,5.(4 + 2) = 9V$

và $I = 2,5 + 0,5R_2 = 2,5 + 0,5.4 = 4,5A$.

$$\Rightarrow P = UI = 9.4,5 = 40,5W.$$

Vậy: Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là $P = 40,5W$.

Bài 10.

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

+ Điện trở của đèn: $R_3 = R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{3^2}{3} = 3\Omega$

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:

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

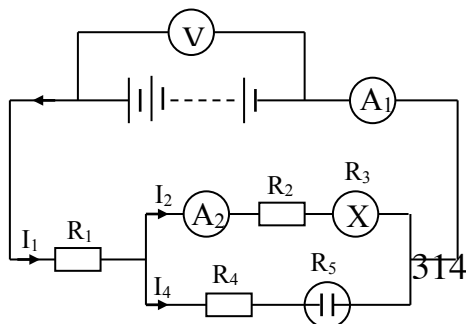
– Hiệu điện thế 2 đầu R_4 : $U_4 = I_4 R_4 = 0,2.4 = 0,8V$.

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

– Điện trở của bình điện phân:

$$R_5 = \frac{U_5}{I_5} = \frac{4}{0,2} = 20\Omega$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua bình điện phân là $0,2A$; điện trở bình điện phân là 20Ω .



b) Số pin và công suất mỗi pin

– Điện trở tương đương của mạch ngoài:

$$R = R_1 + \frac{(R_2 + R_3)(R_4 + R_5)}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = 2 + \frac{(9 + 3) \cdot (4 + 20)}{9 + 3 + 4 + 20} = 10\Omega$$

– Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5n}{10 + 0,5n} = 0,6$.

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

– Công suất của bộ nguồn: $P = E_b I = 1,5 \cdot 5 \cdot 0,6 = 4,5W$.

– Công suất của mỗi nguồn: $P' = \frac{P}{5} = \frac{4,5}{5} = 0,9W$.

Vậy: Số pin là 5, công suất mỗi pin là 0,9W.

c) Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn

Ta có:

$$\text{Số chỉ của vôn kế hai đầu bộ nguồn: } U = E_b - r_b I = 1,5 \cdot 5 - 0,5 \cdot 5 \cdot 0,6 = 6V.$$

d) Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau $t = 16p5s = 965s$

$$\text{Ta có: } m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{108}{1} \cdot 0,2 \cdot 965 = 0,216g$$

Vậy: Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau $t = 16p5s$ là $m = 0,216g$.

e) Độ sáng của đèn Đ₃?

– Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{3}{3} = 1A$

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

Bài 11.

$$+ \text{ Điện trở của đèn 1: } R_1 = \frac{U_{dm1}^2}{P_{dm1}} = \frac{2^2}{1,5} = \frac{8}{3}\Omega.$$

$$+ \text{ Điện trở của đèn 2: } R_2 = \frac{U_{dm2}^2}{P_{dm2}} = \frac{4^2}{3} = \frac{16}{3}\Omega.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện định mức qua đèn 1: } I_{dm1} = \frac{P_{dm1}}{U_{dm1}} = \frac{1,5}{2} = 0,75A.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện định mức qua đèn 2: } I_{dm2} = \frac{P_{dm2}}{U_{dm2}} = \frac{3}{4} = 0,75A.$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế 2 đầu A, B: } U_{AB} = U_1 + U_2 = 2 + 4 = 6V.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mạch chính: Ta có: } U_{AB} = (E_1 - E_2) - (r_1 - r_2)I.$$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1 + E_2 - U_{AB}}{r_1 + r_2} = \frac{6 + 3 - 6}{0,5 + 0,5} = 3A$$

+ Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = I - I_{dm_2} = 3 - 0,75 = 2,25A$.

a) Khối lượng đồng được giải phóng ở catot bình điện phân và điện năng bình tiêu thụ

Khối lượng đồng giải phóng ở catốt trong thời gian $t = 16p5s = 965s$ là:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{64}{2} \cdot 2,25 \cdot 965 = 0,72g$$

Điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên: $A = UIt = 4,2 \cdot 2,25 \cdot 965 = 8,685kJ$

b) Tính R_3 và R_4

– Điện trở của bình điện phân: $R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{4}{2,25} = \frac{16}{9} \Omega$.

– Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = I - I_{dm_1} = 3 - 0,75 = 2,25A$.

– Điện trở R_3 : $R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{2}{2,25} = \frac{8}{9} \Omega$.

c) Điện tích trên mỗi bản tụ nối với N

– Hiệu điện thế 2 đầu AM: $U_{AM} = E_1 - r_1 I = 6 - 0,5 \cdot 3 = 4,5V$.

– Hiệu điện thế 2 đầu MB: $U_{MB} = E_2 - r_2 I = 3 - 0,5 \cdot 3 = 1,5V$.

– Vì $E_1 > E_2$ nên bản của C_1 nối với M là cực âm, nối với N là cực dương.

– Tại N: $q_1 - q_2 + q_3 = 0$

$$\Leftrightarrow C_1 U_{NM} - C_2 U_{AN} + C_3 U_{NB} = 0$$

$$\Leftrightarrow U_{NM} - 2U_{AN} + 2U_{NB} = 0$$

– Mặt khác:

$$U_{NM} = U_{NA} + U_{AM} = U_{NA} + 4,5 = 4,5 - U_{AN} \quad (2)$$

– Thay (2) vào (1): $4,5 - U_{AN} - 2U_{AN} + 2U_{NB} = 0$

$$\Leftrightarrow 3U_{AN} - 2U_{NB} = 4,5 \quad (3)$$

– Mặt khác: $U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = 6$

$$\Leftrightarrow 2U_{AN} + 2U_{NB} = 12 \quad (4)$$

– Lấy (3) + (4): $5U_{AN} = 16,5$

$$\Rightarrow U_{AN} = 3,3V; U_{NB} = 2,7V; U_{NM} = 4,5 - 3,3 = 1,2V.$$

– Điện tích trên mỗi bản tụ nối với N:

$$Q_1 = C_1 U_{NM} = 1,1 \cdot 1,2 = 1,2 \mu C.$$

$$Q_2 = -C_2 U_{AN} = -2 \cdot 3,3 = -6,6 \mu C.$$

$$Q_3 = C_3 U_{NB} = 2 \cdot 2,7 = 5,4 \mu C.$$

