

Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ

A. Phương pháp & Ví dụ

+ Dòng điện trong kim loại tuân theo định luật ôm:

+ 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.

Ví dụ 1: Một dây đồng có điện trở $R_1 = 2 \Omega$ ở 20°C. Sau một thời gian có dòng điện đi qua, nhiệt độ của dây đồng là 74°C. Tính điện trở R_2 của dây đồng ở 74°C. Hệ số nhiệt điện trở của đồng $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$.

Hướng dẫn:

Điện trở R_2 của dây đồng ở 74°C: $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 2(1 + 0,004 \cdot 54) = 2,43 \Omega$

Ví dụ 2: Một thanh than và một thanh sắt có cùng tiết diện thẳng mắc nối tiếp. Tìm tỉ số chiều dài của hai thanh để điện trở của mạch này không phụ thuộc nhiệt độ. Than có $\rho_1 = 4 \cdot 10^{-5} \Omega \text{m}$, $\alpha_1 = -0,8 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$; sắt có $\rho_2 = 1,2 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$, $\alpha_2 = -0,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Hướng dẫn:

Ở nhiệt độ t , ta có:

$$R_1 = R_{01}(1 + \alpha_1 t); R_2 = R_{02}(1 + \alpha_2 t).$$

R_1 mắc nối tiếp R_2 , điện trở tương đương:

$$R = R_1 + R_2 = (R_{01} + R_{02}) + (\alpha_1 R_{01} + \alpha_2 R_{02})t.$$

Muốn R không phụ thuộc nhiệt độ thì: $\alpha_1 R_{01} + \alpha_2 R_{02} = 0$

Ví dụ 3: 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 tắt sáng và khi không tắt 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:

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi tắt sáng:

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

$$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

Ví dụ 4: 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:

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

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

$$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

+ Theo đề:

Ví dụ 5: 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:

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

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

B. Bài tập

Bài 1. 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.

Lời giải:

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

+ Vì coi chiều dài l và S là không đổi nên ta có:

+ Mà:

Vậy: $R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$

Bài 2. Dây tóc bóng đèn 220V – 100W khi sáng bình thường ở 2485°C điện trở lớn gấp 12,1 lần so với điện trở của nó ở 20°C. Tính hệ số nhiệt điện trở α và điện trở R_0 của dây tóc đèn ở 20°C. Giả thiết rằng điện trở của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ.

Lời giải:

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

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

+ Theo đề:

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

Lời giải:

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi nhiệt độ là $t_1 = 25^\circ \text{C}$ là:

+ Điện trở của dây tóc bóng đèn khi nhiệt độ là t_2 là:

+ Sự phụ thuộc điện trở của vật dẫn vào nhiệt độ: $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$

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

a) Tính điện trở suất của đồng khi nhiệt độ tăng lên đến 1400°C .

b) Khi điện trở suất của đồng có giá trị $3,1434 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ thì đồng có nhiệt độ bằng bao nhiêu?

Lời giải:

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

Bài 5. Một dây kim loại có điện trở 20Ω khi nhiệt độ là 25°C . Biết khi nhiệt độ tăng thêm 400°C thì điện trở của dây kim loại là $53,6 \Omega$.

a) Tính hệ số nhiệt điện trở của dây kim loại.

b) Điện trở của dây dẫn tăng hay giảm bao nhiêu khi nhiệt độ tăng đến 300°C kể từ 25°C .

Lời giải:

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

$$b) R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)] = 20[1 + 4,2 \cdot 10^{-3}(300 - 25)] = 43,1\Omega \Rightarrow \Delta R = R - R_0 = 23,1\Omega$$

Bài 6. Dây tỏa nhiệt của bếp điện có dạng hình trụ ở 20°C có điện trở suất $\rho = 5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$, chiều dài 10 m , đường kính $0,5 \text{ mm}$.

a) Tính điện trở của sợi dây ở nhiệt độ trên.

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

Lời giải:

a) Điện trở của dây dẫn:

+ Vì dây hình trụ nên:

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