

I. Bản chất dòng điện trong kim loại

1. Cấu trúc mạng tinh thể của kim loại

- Trong kim loại, các nguyên tử bị mất electron hóa trị trở thành các ion dương.
- Các ion dương này liên kết với nhau theo một trật tự nhất định, tạo thành mạng tinh thể.
- Các electron hóa trị sau khi tách khỏi nguyên tử sẽ chuyển động tự do hỗn loạn trong toàn bộ khối kim loại, tạo thành "khí electron" tự do.

2. Bản chất dòng điện trong kim loại

- Khi không có điện trường ngoài, các electron tự do chuyển động hỗn loạn, không tạo ra dòng điện.
- Khi có điện trường ngoài (đặt một hiệu điện thế vào hai đầu vật dẫn), các electron tự do sẽ chịu tác dụng của lực điện, chuyển động có hướng ngược chiều điện trường.
- **Kết luận:** Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các electron tự do ngược chiều điện trường.

Ví dụ: Trong một dây đồng nối với hai cực của pin, các electron tự do sẽ di chuyển từ cực âm sang cực dương của pin, tạo ra dòng điện. Tuy nhiên, chiều dòng điện quy ước lại là từ cực dương sang cực âm.

II. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện trong kim loại

1. Mật độ electron tự do (n)

- **Định nghĩa:** Là số lượng electron tự do trong một đơn vị thể tích của kim loại.
- Đây là một hằng số đặc trưng cho mỗi kim loại. Kim loại dẫn điện càng tốt thì mật độ electron tự do càng lớn.
- *Ví dụ:* Đồng (Cu) có mật độ electron tự do khoảng 8.5×10^{28} electron/m³, trong khi Sắt (Fe) có mật độ khoảng 17.0×10^{28} electron/m³.

2. Tốc độ trôi (v_d)

- **Định nghĩa:** Là vận tốc chuyển động có hướng của các electron tự do dưới tác dụng của điện trường. Tốc độ trôi có giá trị rất nhỏ, chỉ cỡ mm/s.
- **Công thức:** $I = n \cdot e \cdot S \cdot v_d$
- **Trong đó:**
 - **I:** Cường độ dòng điện (A)
 - **n:** Mật độ electron tự do (electron/m³)
 - **e:** Điện tích nguyên tố ($e \approx 1.6 \times 10^{-19}$ C)
 - **S:** Tiết diện của dây dẫn (m²)
 - **v_d :** Tốc độ trôi của electron (m/s)
- **Ví dụ 1:** Một dây đồng có tiết diện 2 mm² mang dòng điện 5 A. Biết mật độ electron tự do của đồng là 8.5×10^{28} electron/m³. Tính tốc độ trôi của

electron.

Giải: Đổi $S = 2 \text{ mm}^2 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$.

Từ công thức $I = n.e.S.v_d$, suy ra $v_d = I / (n.e.S) = 5 / (8.5 \times 10^{28} * 1.6 \times 10^{-19} * 2 \times 10^{-6}) \approx 1.84 \times 10^{-4} \text{ m/s} = 0.184 \text{ mm/s}$.

- **Ví dụ 2:** Tăng cường độ dòng điện lên gấp đôi trong cùng một dây dẫn thì tốc độ trôi của electron thay đổi như thế nào?

Giải: Vì n , e , S không đổi, từ công thức ta thấy v_d tỉ lệ thuận với I . Do đó, khi I tăng gấp đôi thì tốc độ trôi v_d cũng tăng gấp đôi.

III. Sự phụ thuộc của điện trở suất vào nhiệt độ

1. Nguyên nhân

- Khi nhiệt độ tăng, các ion dương trong mạng tinh thể dao động mạnh hơn.
- Sự dao động này làm tăng sự cản trở chuyển động của các electron tự do (tăng số lần va chạm).
- Kết quả là điện trở của kim loại tăng lên khi nhiệt độ tăng.

2. Công thức phụ thuộc vào nhiệt độ

- Sự phụ thuộc của điện trở suất (ρ) và điện trở (R) của kim loại vào nhiệt độ (t) được biểu diễn gần đúng bằng công thức:
- **Công thức:** $\rho = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0)]$ hoặc $R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$
- **Trong đó:**
 - **ρ , R :** Điện trở suất ($\Omega.m$), điện trở (Ω) ở nhiệt độ t .

- **ρ_0, R_0 :** Điện trở suất ($\Omega \cdot m$), điện trở (Ω) ở nhiệt độ ban đầu t_0 (thường là $20^\circ C$).
 - **α :** Hệ số nhiệt điện trở (K^{-1}), đặc trưng cho sự thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ của vật liệu.
- **Ví dụ 1:** Một dây tóc bóng đèn làm bằng vonfram ở $20^\circ C$ có điện trở 50Ω . Tính điện trở của nó khi đèn sáng ở $2500^\circ C$. Biết hệ số nhiệt điện trở của vonfram là $\alpha = 4.5 \times 10^{-3} K^{-1}$.
Giải: Áp dụng công thức $R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)] = 50[1 + 4.5 \times 10^{-3}(2500 - 20)] = 50[1 + 4.5 \times 10^{-3} * 2480] \approx 608 \Omega$.
 - **Ví dụ 2:** Điện trở của một dây đồng ở $0^\circ C$ là 100Ω . Xác định nhiệt độ của dây đồng khi điện trở của nó là 117.2Ω . Cho $\alpha = 4.3 \times 10^{-3} K^{-1}$.
Giải: Từ $R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$, suy ra $t - t_0 = (R/R_0 - 1)/\alpha$.
 $t - 0 = (117.2/100 - 1) / (4.3 \times 10^{-3}) = 0.172 / (4.3 \times 10^{-3}) = 40$. Vậy nhiệt độ của dây đồng là $40^\circ C$.

IV. Hiện tượng siêu dẫn

1. Định nghĩa

- Là hiện tượng điện trở của một số vật liệu (kim loại, hợp kim) giảm đột ngột xuống bằng 0 khi nhiệt độ của nó giảm xuống dưới một giá trị nhiệt độ tới hạn T_c .

2. Đặc điểm và ứng dụng

- **Nhiệt độ tới hạn (T_c):** Mỗi vật liệu siêu dẫn có một nhiệt độ tới hạn riêng, thường rất thấp (gần 0 K hay -273°C).
- **Ứng dụng:**
 - Chế tạo nam châm điện cực mạnh (trong máy chụp cộng hưởng từ MRI, máy gia tốc hạt).
 - Truyền tải điện năng không hao phí (đang trong giai đoạn nghiên cứu).
 - Tàu đệm từ trường.
- **Ví dụ:** Thủy ngân (Hg) trở thành chất siêu dẫn ở nhiệt độ dưới 4.2 K (-268.95°C).

V. Hiện tượng nhiệt điện

1. Cặp nhiệt điện

- **Cấu tạo:** Gồm hai dây dẫn kim loại khác bản chất, hai đầu hàn vào nhau.
- **Hoạt động (Hiệu ứng Seebeck):** Khi giữ hai mối hàn ở hai nhiệt độ khác nhau ($T_1 \neq T_2$), trong mạch sẽ xuất hiện một suất điện động. Suất điện động này được gọi là suất điện động nhiệt điện (E_T).

2. Suất điện động nhiệt điện

- **Công thức:** $E_T = \alpha_T(T_1 - T_2)$
- **Trong đó:**
 - E_T : Suất điện động nhiệt điện (V).

- α_T : Hệ số nhiệt điện động (V/K), phụ thuộc vào vật liệu làm cặp nhiệt điện.
- T_1, T_2 : Nhiệt độ của hai mối hàn (đo bằng K hoặc °C, vì đây là độ chênh lệch nhiệt độ).

- **Ví dụ 1:** Một cặp nhiệt điện Đồng-Constantan có hệ số $\alpha_T = 42.5 \mu\text{V/K}$. Một mối hàn được giữ ở 0°C , mối hàn còn lại được nung nóng đến 300°C . Tính suất điện động nhiệt điện.

Giải: $E_T = \alpha_T(T_1 - T_2) = (42.5 \times 10^{-6})(300 - 0) = 0.01275 \text{ V} = 12.75 \text{ mV}$.

- **Ví dụ 2:** Một cặp nhiệt điện có $\alpha_T = 65 \mu\text{V/K}$, một mối hàn đặt trong không khí ở 25°C , mối hàn kia nhúng vào lò nung. Suất điện động đo được là 48.75 mV . Tính nhiệt độ của lò nung.

Giải: $E_T = 48.75 \text{ mV} = 0.04875 \text{ V}$.

$T_1 - T_2 = E_T / \alpha_T = 0.04875 / (65 \times 10^{-6}) = 750^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ lò nung $T_1 = 750 + T_2 = 750 + 25 = 775^\circ\text{C}$.

3. Ứng dụng

- Chế tạo nhiệt kế để đo nhiệt độ, đặc biệt là nhiệt độ rất cao hoặc rất thấp (gọi là pin nhiệt điện).
- Nguồn điện trong các thiết bị tự động và thiết bị đo lường.

VI. Bảng so sánh các loại vật liệu

Đặc điểm	Vật dẫn (Kim loại)	Chất bán dẫn	Điện môi (Cách điện)
Điện trở suất (ρ) ở điều kiện thường	Rất nhỏ ($\sim 10^{-8} \Omega.m$)	Trung gian ($10^{-4} - 10^7 \Omega.m$)	Rất lớn ($\sim 10^{10} - 10^{16} \Omega.m$)
Mật độ hạt tải điện tự do	Rất lớn	Nhỏ, phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ và tạp chất	Hầu như không có
Sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ	Tăng khi nhiệt độ tăng	Giảm khi nhiệt độ tăng	Giảm khi nhiệt độ tăng (nhưng vẫn rất lớn)