

## DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

### A. LÝ THUYẾT

#### 1. Bản chất của dòng điện trong kim loại

- Trong kim loại, các nguyên tử bị mất electron hoá trị trở thành các ion dương.
  - Các ion dương liên kết với nhau một cách trật tự tạo nên mạng tinh thể kim loại.
  - Chuyển động nhiệt của các ion càng mạnh, mạng tinh thể càng trở nên mất trật tự.
- Các electron hoá trị tách khỏi nguyên tử, trở thành các electron tự do với mật độ  $n$  không đổi ( $n =$  hằng số). Chúng chuyển động hỗn loạn tạo thành khí electron tự do chiếm toàn bộ thể tích của khối kim loại và không sinh ra dòng điện nào.
- Điện trường do nguồn điện ngoài sinh ra, đẩy khí electron trôi ngược chiều điện trường, tạo ra dòng điện.
- Sự mất trật tự của mạng tinh thể cản trở chuyển động của electron tự do, là nguyên nhân gây ra điện trở kim loại. Các loại mất trật tự thường gặp là chuyển động nhiệt của các ion trong mạng tinh thể, sự méo mạng tinh thể do biến dạng cơ học và các nguyên tử lạ lẫn trong kim loại. Điện trở của kim loại rất nhạy cảm với các yếu tố trên.
- Thuyết electron về tính dẫn điện của kim loại cho thấy hạt tải điện trong kim loại là electron tự do. Mật độ của chúng rất cao nên kim loại dẫn điện rất tốt. Nhiều tính chất khác của dòng điện trong kim loại cũng có thể suy ra từ thuyết này. Vậy, dòng điện trong kim loại là chuyển dời có hướng của các electron tự do dưới tác dụng của điện trường.

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

Thí nghiệm chứng tỏ điện trở suất  $\rho$  của kim loại tăng theo nhiệt độ gần đúng theo hàm bậc nhất:

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

Trong đó:

$\rho_0$  là điện trở suất ở nhiệt độ  $t_0^\circ\text{C}$  (thường ở  $20^\circ\text{C}$ )

$\rho$  là điện trở suất ở nhiệt độ  $t^\circ\text{C}$

$\alpha$  là hệ số nhiệt điện trở ( $\text{K}^{-1}$ )

Hệ số nhiệt điện trở không những phụ thuộc vào nhiệt độ mà vào cả độ sạch và chế độ gia công của vật liệu đó.

#### 3. Điện trở của kim loại ở nhiệt độ thấp

- Khi nhiệt độ giảm, điện trở suất của kim loại giảm liên tục. Đến gần  $0^\circ\text{K}$  điện trở của kim loại sạch đều rất bé.
- Một số kim loại và hợp kim, khi nhiệt độ thấp hơn một nhiệt độ tới hạn  $T_c$  thì điện trở suất đột ngột giảm xuống bằng 0. Ta nói rằng các vật liệu ấy đã chuyển sang trạng thái siêu dẫn.
- Ứng dụng của hiện tượng siêu dẫn: Các cuộn dây siêu dẫn được dùng để tạo ra các từ trường rất mạnh. Dự kiến dùng dây siêu dẫn để tải điện và tổn hao năng lượng trên đường dây sẽ không còn nữa.

#### 4. Hiện tượng nhiệt điện

- Thuyết electron về tính dẫn điện của kim loại còn cho thấy, nếu sợi dây kim loại có một đầu nóng và một đầu lạnh, thì chuyển động nhiệt của electron sẽ làm cho một phần electron tự do ở đầu nóng dồn về đầu lạnh. Đầu nóng sẽ tích điện dương, đầu lạnh tích điện âm.
- Giữa đầu nóng và đầu lạnh có một hiệu điện thế nào đấy. Nếu lấy hai dây kim loại khác loại nhau và hàn hai đầu với nhau, một mối hàn giữa ở nhiệt độ cao, một mối hàn ở nhiệt độ thấp, thì hiệu điện thế ở đầu nóng và đầu lạnh của từng dây không giống nhau, khiến trong mạch có một suất điện động  $\xi$ .  $\xi$  được gọi là suất điện động nhiệt điện, và bộ hai dây dẫn hàn hai đầu và nhau gọi là cặp nhiệt điện:

$$\xi = \alpha_t \cdot (T_1 - T_2)$$

Trong đó:

$T_1 - T_2$  là hiệu nhiệt điện ở đầu nóng và đầu lạnh.

$\alpha_t$  là hệ số nhiệt điện động, phụ thuộc vào bản chất của hai loại vật liệu dùng làm cặp nhiệt điện.

Suất điện động nhiệt điện tuy nhỏ nhưng rất ổn định theo thời gian và điều kiện thí nghiệm, nên cặp nhiệt điện được dùng phổ biến để đo nhiệt độ.

## **B. BÀI TẬP**

### **B1. TRẮC NGHIỆM**

**Câu 1:** Trong các nhận định sau, nhận định nào về dòng điện trong kim loại là không đúng?

- A. Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các electron tự do.
- B. Nhiệt độ của kim loại càng cao thì dòng điện qua nó bị cản trở càng nhiều.
- C. Nguyên nhân điện trở của kim loại là do sự mất trật tự trong mạng tinh thể.
- D. Khi trong kim loại có dòng điện thì electron sẽ chuyển động cùng chiều điện trường.

**Câu 2:** Đặt vào hai đầu vật dẫn một hiệu điện thế thì nhận định nào sau đây là đúng?

- A. Electron sẽ chuyển động tự do hỗn loạn.
- B. Tất cả các electron trong kim loại sẽ chuyển động cùng chiều điện trường.
- C. Các electron tự do sẽ chuyển động ngược chiều điện trường.
- D. Tất cả các electron trong kim loại chuyển động ngược chiều điện trường.

**Câu 3:** Sự phụ thuộc của điện trở suất của kim loại theo nhiệt độ được thể hiện theo công thức nào:

- A.  $\rho = \rho_0 + \alpha(t - t_0)$
- B.  $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$
- C.  $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$ ,  $\alpha < 0$
- D.  $\rho = \rho_0 [\alpha(t - t_0)]$

**Câu 4:** Hệ số nhiệt điện trở  $\alpha$  của kim loại **phụ thuộc** vào các yếu tố nào:

- A. Khoảng nhiệt độ.
- B. Độ sạch (độ tinh khiết) của kim loại.
- C. Chế độ gia công.
- D. Cả 3 yếu tố trên.

**Câu 5:** Câu nào dưới đây nói về tính chất điện của kim loại là **không đúng** ?

- A. Kim loại là chất dẫn điện.
- B. Điện trở suất của kim loại khá lớn, lớn hơn  $10^7 \Omega \cdot m$ .
- C. Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ.
- D. Cường độ dòng điện chạy qua dây kim loại tuân theo đúng định luật Ôm khi nhiệt độ của dây kim loại thay đổi không đáng kể.

**Câu 6:** Kim loại dẫn điện tốt vì:

- A. Mật độ electron tự do trong kim loại rất lớn.
- B. Khoảng cách giữa các ion nút mạng trong kim loại rất lớn.
- C. Giá trị điện tích chứa trong mỗi electron tự do của kim loại lớn hơn ở các chất khác.
- D. Mật độ các ion tự do lớn.

**Câu 7:** Điện trở của kim loại không phụ thuộc trực tiếp vào:

- A. Nhiệt độ của kim loại.
- B. Bản chất của kim loại.
- C. Kích thước của vật dẫn kim loại.
- D. Hiệu điện thế hai đầu vật dẫn kim loại.

**Câu 8:** Khi nhiệt độ của khối kim loại tăng lên 2 lần thì điện trở suất của nó:

- A. Tăng 2 lần.
- B. Giảm 2 lần.
- C. Không đổi.
- D. Chưa đủ dữ kiện để xác định.

**Câu 9:** Khi chiều dài của khối kim loại đồng chất tiết diện đều tăng 2 lần thì điện trở suất của kim loại đó:

- A. Tăng 2 lần.
- B. Giảm 2 lần.
- C. Không đổi.
- D. Chưa đủ dữ kiện để xác định.

**Câu 10:** Khi đường kính của khối kim loại đồng chất, tiết diện đều tăng 2 lần thì điện trở của khối kim loại:

- A. Tăng 2 lần.
- B. Tăng 4 lần.
- C. Giảm 2 lần.
- D. Giảm 4 lần.

**Câu 11:** Có một lượng kim loại xác định dùng làm dây dẫn. Nếu làm dây với đường kính 1 mm thì điện trở của dây là 16  $\Omega$ . Nếu làm bằng dây dẫn có đường kính 2 mm thì điện trở của dây thu được là

- A. 8  $\Omega$ .
- B. 4  $\Omega$ .
- C. 2  $\Omega$ .
- D. 1  $\Omega$ .

**Câu 12:** Hiện tượng siêu dẫn là hiện tượng:

- A. Điện trở của vật dẫn giảm xuống giá trị rất nhỏ khi nhiệt độ giảm xuống thấp.
- B. Điện trở của vật giảm xuống rất nhỏ khi điện trở của nó đạt giá trị đủ cao.
- C. Điện trở của vật giảm xuống bằng không khi nhiệt độ của vật nhỏ hơn một giá trị nhiệt độ nhất định.
- D. Điện trở của vật bằng không khi nhiệt độ bằng 0 K.

**Câu 13:** Suất nhiệt điện động của của một cặp nhiệt điện phụ thuộc vào:

- A. Nhiệt độ thấp hơn ở một trong 2 đầu cặp.
- B. Nhiệt độ cao hơn ở một trong hai đầu cặp.
- C. Hiệu nhiệt độ hai đầu cặp.
- D. Bản chất của chỉ một trong hai kim loại cấu tạo nên cặp.

**Câu 14:** Hạt tải điện trong kim loại là

- A. ion dương.
- B. electron tự do.
- C. ion âm.
- D. ion dương và electron tự do.

**Câu 15:** Ở  $20^{\circ}\text{C}$  điện trở suất của bạc là  $1,62 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ . Biết hệ số nhiệt điện trở của bạc là  $4,1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ . Ở  $330 \text{K}$  thì điện trở suất của bạc là

- A.  $1,866 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .  
 B.  $3,679 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .  
 C.  $3,812 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .  
 D.  $4,151 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .

## **B2. TỰ LUẬN**

**Bài 1.** Điền vào chỗ trống

- Bản chất dòng điện trong kim loại được nêu rõ ràng trong một lý thuyết gọi là : .....
- Các electron hóa trị sau khi tách khỏi nguyên tử trở thành : .....
- Các electron tự do chuyển động nhiệt hỗn loạn trong toàn mạng tinh thể kim loại tạo thành : .....
- Khí electron chuyển động trôi ngược chiều điện trường ngoài, tạo thành : .....
- Tốc độ trôi  $v$  của electron tỉ lệ với cường độ điện trường  $E$ , tức là  $v = \mu_e E$ , trong đó hệ số tỉ lệ  $\mu_e$  giảm khi nhiệt độ tăng và được gọi là : .....
- Những chất dẫn điện tốt và có điện trở suất khá nhỏ ( $10^{-7} - 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ) thường là các : .....
- Các hạt mang điện tham gia vào quá trình dẫn điện được gọi là : .....
- Hệ số xác định sự phụ thuộc của điện trở suất vào nhiệt độ gọi là : .....
- Chất có điện trở suất giảm đột ngột xuống giá trị bằng 0 khi nhiệt độ của nó hạ thấp hơn nhiệt độ tới hạn  $T_c$  của nó được gọi là : .....
- Bộ hai dây dẫn khác loại có hai đầu hàn nối với nhau thành một mạch kín gọi là cặp nhiệt điện. Suất điện động xuất hiện trong cặp nhiệt điện khi giữa hai mối hàn của nó có một độ chênh lệch nhiệt độ gọi là : .....

**Bài 2.** Một dây bạc ở  $20^{\circ}\text{C}$  có điện trở suất là  $\rho_0 = 1,62 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ . Tính điện trở suất  $\rho$  của dây bạc này ở nhiệt độ  $920^{\circ}\text{C}$ . Giả thiết điện trở suất của dây bạc trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số nhiệt điện trở không đổi là  $\alpha = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ .

**Bài 3.** Một dây đồng ở  $20^{\circ}\text{C}$  có điện trở suất là  $\rho_0 = 1,69 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ . Tính điện trở suất  $\rho$  của dây đồng này ở nhiệt độ  $920^{\circ}\text{C}$ . Giả thiết điện trở suất của dây bạc trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số nhiệt điện trở không đổi là  $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ .

**Bài 4.** Nối cặp nhiệt điện Crômen – alumen với một milivôn kế thành một mạch kín. Nhúng mối hàn thứ nhất vào nước đá đang tan và mối hàn thứ hai vào hơi nước sôi, milivôn kế chỉ  $4,15 \text{mV}$ . Tính hệ số nhiệt điện động  $\alpha_T$  của cặp nhiệt điện này.

**Bài 5.** Chứng minh rằng mật độ electron tự do của một kim loại có biểu thức:

$$n_o = \frac{N_A n D}{A} \text{ với}$$

$N_A$  : số Avôgađrô

$n$  : hóa trị của kim loại

$D$  : khối lượng riêng của kim loại

$A$  : nguyên tử lượng của kim loại.

**Bài 6.** Một dây dẫn bằng đồng, đường kính tiết diện là  $d = 1 \text{ mm}$ , có dòng điện cường độ  $I = 2 \text{ A}$  chạy qua. Cho biết mật độ electron tự do là  $n_0 = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ e/m}^3$ , hãy tính vận tốc trung bình của các electron trong chuyển động có hướng của chúng.

**Bài 7.** 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 đều  $S$ . Giả thiết trong khoảng nhiệt độ ta xét, độ dài và tiết diện của dây kim loại không thay đổi.

**Bài 8.** Một bóng đèn có ghi  $220\text{V} - 60\text{W}$  có dây tóc làm bằng vonfram. Điện trở của dây tóc bóng đèn ở  $20^\circ\text{C}$  là  $120 \Omega$ . Tính nhiệt độ của dây tóc đèn khi sáng bình thường. Giả thiết rằng điện trở của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ này tăng bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số nhiệt điện trở là  $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

**Bài 9.** Một mối hàn của một cặp nhiệt điện có hệ số  $\alpha_T = 42 \mu\text{V/K}$ , được đặt trong không khí ở  $20^\circ\text{C}$ , còn mối hàn kia được nung nóng đến  $320^\circ\text{C}$ . Suất điện động của cặp nhiệt điện này bằng bao nhiêu.

**Bài 10.** Một bóng đèn  $220 \text{ V} - 100 \text{ W}$  có dây tóc làm bằng vonfram. Khi sáng bình thường thì nhiệt độ của dây tóc bóng đèn là  $2000^\circ\text{C}$ . Xác định điện trở của bóng đèn khi tắt sáng và khi không tắt sáng. Biết nhiệt độ của môi trường là  $20^\circ\text{C}$  và hệ số nhiệt điện trở của vonfram là  $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

**Bài 11.** Một bóng đèn  $220 \text{ V} - 40 \text{ W}$  có dây tóc làm bằng vonfram, Điện trở của dây tóc bóng đèn ở  $20^\circ\text{C}$  là  $R_0 = 121 \Omega$ . Tính nhiệt độ của dây tóc khi bóng đèn sáng bình thường. Cho biết hệ số nhiệt điện trở của vonfram là  $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

**Bài 12.** Dây tóc của bóng đèn  $220 \text{ V} - 200 \text{ W}$  khi sáng bình thường ở nhiệt độ  $2500^\circ\text{C}$  có điện trở lớn gấp 10,8 lần so với điện trở ở  $100^\circ\text{C}$ . Tìm hệ số nhiệt điện trở  $\alpha$  và điện trở  $R$ , của dây tóc ở  $100^\circ\text{C}$ .

**Bài 13.** Ở nhiệt độ  $t = 25^\circ\text{C}$ , hiệu điện thế giữa hai cực của bóng đèn là  $U = 20 \text{ mV}$  thì cường độ dòng điện qua đèn là  $I_1 = 8 \text{ mA}$ . Khi sáng bình thường, hiệu điện thế giữa hai cực của bóng đèn là  $U = 240 \text{ V}$  thì cường độ dòng điện chạy qua đèn là  $I_2 = 8 \text{ A}$ . Tính nhiệt độ của dây tóc bóng đèn khi đèn sáng bình thường. Biết hệ số nhiệt điện trở của dây tóc làm bóng đèn là  $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

**Bài 14.** Một mối hàn của cặp nhiệt điện có hệ số nhiệt điện động  $\alpha_T = 65 \mu\text{V/K}$  được đặt trong không khí ở  $20^\circ\text{C}$ , Còn mối hàn kia được nung nóng đến nhiệt độ  $320^\circ\text{C}$ . Tính suất điện động nhiệt điện của cặp nhiệt điện đó.

**Bài 15.** Một mối hàn của cặp nhiệt điện nhúng vào nước đá đang tan, mối hàn kia được nhúng vào hơi nước sôi. Dùng milivôn kế đo được suất nhiệt điện động của cặp nhiệt điện là  $4,25 \text{ mV}$ . Tính hệ số nhiệt điện động của cặp nhiệt điện đó.

**Bài 16.** Nhiệt kế điện thực chất là một cặp nhiệt điện dùng để đo nhiệt độ rất cao hoặc rất thấp mà ta không thể dùng nhiệt kế thông thường để đo được. Dùng nhiệt kế điện có hệ số nhiệt điện động  $\alpha_T = 42 \mu\text{V/K}$  để đo nhiệt độ của một lò nung với một mối hàn đặt trong không khí ở  $20^\circ\text{C}$  còn mối hàn kia đặt vào lò thì thấy milivôn kế chỉ  $50,2 \text{ mV}$ . Tính nhiệt độ của lò nung.

**Bài 17.** Một dây bạch kim ở  $20^\circ\text{C}$  có điện trở suất  $\rho_0 = 10,5 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ . Tính điện trở suất  $\rho$  của dây này ở  $500^\circ\text{C}$ . Coi rằng điện trở suất của bạch kim trong khoảng nhiệt độ này tăng tỉ lệ bậc nhất theo nhiệt độ với hệ số điện trở  $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

**Bài 18.** Một đèn điện có ghi  $220 \text{ V} - 150 \text{ W}$ . Tính điện trở của dây tóc ở nhiệt độ phòng  $20^\circ\text{C}$  nếu nhiệt độ cháy sáng của đèn là  $2500^\circ\text{C}$ . Hệ số nhiệt điện trở của dây dẫn bằng  $\alpha = 5,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

**Bài 19.** Cặp nhiệt điện Sắt – Constantan có hệ số suất điện động là  $\alpha = 52 \cdot 10^{-6}$  V/K và điện trở trong  $r = 0,5 \Omega$ . Nối cặp nhiệt điện với điện kế G có điện trở trong  $R = 20 \Omega$ . Đặt mỗi hàn của cặp nhiệt điện này trong không khí ở nhiệt độ  $25^\circ\text{C}$ . Nhúng mỗi hàn thứ hai vào trong lò có nhiệt độ  $800^\circ\text{C}$ . Tính cường độ dòng điện chạy trong điện kế G.

