

cuu-duong-than-cong.com

(Bài tập)

CHƯƠNG 5 - KHÍ ĐIỆN TỬ TỰ DO TRONG KIM LOẠI

Lý thuyết các công thức cần nhớ

Lý thuyết cổ điển

$$j = \sigma E$$

$$v_d = -\frac{eE}{m}\tau$$

$$\sigma = neu$$

$$u = \frac{e\tau}{m}$$

$$\Lambda = v_T \tau$$

$$\frac{1}{2}mv_T^2 = \frac{3}{2}k_B T$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

$$j = nev_d$$

Trong đó

+ j là mật độ dòng điện

+ σ là độ dẫn điện riêng

+ v_d là vận tốc cuốn

+ n là nồng độ điện tử

+ τ là thời gian hồi phục

+ m là khối lượng electron

+ v_T là vận tốc chuyển động nhiệt

+ ρ là điện trở suất của dây dẫn

Lý thuyết các công thức cần nhớ

Lý thuyết Sommerfeld

$$N = 2 \frac{V}{6\pi^2} k_F^3$$

$$k_F = \left(3\pi^2 \frac{N}{V} \right)^{1/3} = (3\pi^2 n)^{1/3}$$

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m}; \quad T_F = \frac{E_F}{k_B}; \quad v_F = \frac{\hbar k_F}{m}$$

Trong đó

- + N là số điện tử có trong thể tích V .
- + V là thể tích của tinh thể.
- + n là nồng độ điện tử.
- + E_F là năng lượng mức Fermi.
- + m là khối lượng electron.
- + k_F là số sóng Fermi.
- + T_F là nhiệt độ Fermi.
- + v_F là vận tốc Fermi.

Bài 1:

Một mẫu tinh thể sắt có kích thước $10 \times 2 \times 3 \text{ mm}^3$. Điện trở đo được dọc theo chiều dài của nó bằng $1,62 \cdot 10^{-4} \Omega$. Xác định độ linh động của electron trong mẫu sắt đó. Xem mỗi nguyên tử sắt đóng góp 2 electron tự do.

Biết

- + Khối lượng riêng của sắt $D = 7870 \text{ kg/m}^3$;
- + Khối lượng mol là $M = 55,85 \text{ g/mol}$

Gợi ý

-Để yêu cầu tìm độ linh động, theo lý thuyết cổ điển về khí điện tử tự do:

$$u = \frac{e\tau}{m}$$

cho dù m là khối lượng electron (hay điện tử) ta đã có nhưng thời gian hồi phục τ lại không có dữ liệu nên **THẤT BẠI**.

- Trong phần lý thuyết cổ điển của khí điện tử, ta còn có một công thức về mối liên hệ giữa độ linh động và độ dẫn điện riêng:

$$\sigma = neu \Rightarrow u = \frac{\sigma}{ne}$$

Nếu đi theo hướng này, ta phải tìm được độ dẫn điện riêng σ và nồng độ điện tử n

- Tìm độ dẫn điện riêng σ .

Theo lý thuyết, người ta định nghĩa độ dẫn điện riêng σ là nghịch đảo của điện trở suất ρ

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Mặt khác, đề bài đã cho điện trở của sắt R , và chiều dài của sợi dây l (Có thể suy ra chiều dài l của sợi dây từ thể tích đề cho), ráp thêm dữ kiện định nghĩa độ dẫn điện riêng theo điện trở suất được trình bày ở trên, ta sẽ tìm được độ dẫn điện riêng.

cuduongthancong.com

- Tìm nồng độ điện tử n

Ta còn hai dữ kiện là khối lượng riêng D và khối lượng mol M của sắt. Sử dụng hai dữ kiện này để tìm nồng độ điện tử n.

$$D[kg/m^3]:M[g/mol] = D/M[mol/m^3] \quad (1)$$

+ Tích (1) cho ta Số mol có trong 1 mét khối sắt (Không hiểu cứ nhìn thứ nguyên của tích 2 đại lượng).

$$D/M[mol/m^3] \cdot N_A[nguyen\ tu] = D/M \cdot N_A[nguyen\ tu/m^3] \quad (2)$$

+ Tích (1) nhân với N_A , N_A là số nguyên tử có trong 1 mol chất

→ Tích (2) cho ta Số nguyên tử có trong 1 mét khối sắt.

$$2[diện\ tu] \cdot D/M \cdot N_A[nguyen\ tu/m^3] = 2D/M \cdot N_A[diện\ tu/m^3] \quad (3)$$

+ Do mỗi nguyên tử sắt có đóng góp 2 điện tử

→ Tích (3) cho ta số điện tử có trong 1 mét khối sắt hay nói cách khác đi nó là nồng độ điện tử sắt n.

Ta tính được độ linh động u

Giải

- Do tinh thể có kích thước là $10 \times 2 \times 3 \text{ mm}^3$. Tinh thể có **chiều dài 10 mm, diện tích mặt là $2 \times 3 \text{ mm}^2$** .

- Tính ĐỘ DẪN ĐIỆN RIÊNG

$$\begin{cases} R = \rho \frac{l}{S} \\ \sigma = \frac{1}{\rho} \end{cases} \Rightarrow \sigma = \frac{l}{RS} \left[\frac{m}{\Omega m^2} \right] = \frac{l}{RS} [(\Omega m)^{-1}]$$

- Tính MẬT ĐỘ ĐIỆN TỬ.

$$n = 2[\text{dien tu}] \cdot D[\text{kg/m}^3] : M[\text{g/mol}] \cdot N_A[\text{nguyen tu/m}^3] = 2D/M \cdot N_A[\text{dien tu/m}^3]$$

- Tính ĐỘ LINH ĐỘNG.

$$\sigma = neu \Rightarrow u = \frac{\sigma}{ne} = \frac{\frac{l}{RS} [(\Omega m)^{-1}]}{2D/M \cdot N_A[\text{dien tu/m}^3] \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow u = 3,78 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$$

Bài 2

Mỗi nguyên tử nhôm đóng góp trung bình 3,5 electron dẫn.
Xác định vận tốc cuốn trong dây nhôm đường kính 2,1 mm
khi có dòng 20 A chạy qua.

Biết

+ Khối lượng riêng của sắt $D = 2690 \text{ kg/m}^3$;

+ Khối lượng mol là $M = 27 \text{ g/mol}$

Gợi ý

- Ta có công thức tính vận tốc cuốn

$$v_d = \frac{-eE}{m} \tau$$

Vậy thì chỉ cần có độ linh động μ và điện trường E thì ta có đáp án. Tuy nhiên ta không có dữ liệu về chiều dài tinh thể l (ta không tính được độ linh động μ), cũng như là cường độ E . Thất Bại

- Nhìn lại đề bài cho cường độ dòng điện I , và diện tích mặt S (tính từ đường kính dây nhôm). Từ đây ta có mật độ dòng điện j . Mặt khác ta có

$$j = nev_d$$

Ta sẽ tìm được vận tốc cuốn v_d .

Giải

- Tính MẬT ĐỘ DÒNG ĐIỆN

$$j = \frac{I}{S}$$

- Tính NỒNG ĐỘ ĐIỆN TỬ

$$n = 3,5[\text{dien tu}]. D[\text{kg/m}^3] : M[\text{g/mol}]. N_A[\text{nguyen tu/m}^3] \\ = 3,5D/M.N_A[\text{dien tu/m}^3]$$

- VẬN TỐC CUỐN

$$j = nev_d \Rightarrow v_d = \frac{j}{ne} = \frac{I}{Sne} = \mathbf{0,17 \text{ mm/s}}$$

Bài 3

Hỏi vận tốc cuốn trong dây Bạc khi có dòng với mật độ 150 mA/mm^2 chạy qua. Biết mỗi nguyên tử Bạc đóng góp 1,3 electron tự do.

cuuduongthancong.com

Biết

+ Khối lượng riêng của sắt $D = 10500 \text{ kg/m}^3$;

+ Khối lượng mol là $M = 107 \text{ g/mol}$

cuuduongthancong.com

TƯƠNG TỰ BÀI 2.

Bài 4

Cho một dòng điện chạy qua một mạch gồm một đoạn dây đồng được nối với một đoạn dây nhôm có đường kính gấp đôi đường kính của dây đồng. Nồng độ electron của đồng và của nhôm tương ứng bằng $1,1 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$ và $2,1 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$. So sánh vận tốc cuốn trong hai đoạn dây.

cuu duong than cong. com

Gợi ý

- Do 2 sợi dây mắc nối tiếp với nhau, nên cường độ dòng điện chạy qua mỗi dây kim loại là như nhau.
- Tương tự như bài 2, ta lần lượt tính mật độ dòng điện trong dây đồng và dây nhôm, sau đó tính dòng điện đi qua mỗi loại dây, Lập tỉ số dựa vào điều kiện cường độ dòng điện chạy qua hai dây là như nhau để ra tỉ số

cuuduongthancong.com

Giải

- Do hai sợi dây mắc nối tiếp với nhau, nên cường độ dòng điện qua sợi dây đồng và nhôm là như nhau $\Rightarrow I_{Al} = I_{Cu}$

- Dây Nhôm

+ Tính MẬT ĐỘ DÒNG

$$j_{Al} = n_{Al} e (v_d)_{Al}$$

+ Tính CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN qua dây

$$I_{Al} = j_{Al} \cdot S_{Al} = n_{Al} e (v_d)_{Al} \cdot \left(4\pi \left(\frac{d_{Al}}{2} \right)^2 \right)$$

- Dây Đồng

+ Tính MẬT ĐỘ DÒNG

$$j_{Cu} = n_{Cu} e (v_d)_{Cu}$$

+ Tính CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN qua dây

$$I_{Cu} = j_{Cu} \cdot S_{Cu} = n_{Cu} e (v_d)_{Cu} \cdot \left(4\pi \left(\frac{d_{Cu}}{2} \right)^2 \right)$$

- So sánh vận tốc cuộn:

$$I_{Cu} = I_{Al} \Rightarrow \frac{I_{Cu}}{I_{Al}} = 1 \Rightarrow \frac{n_{Cu} e (v_d)_{Cu} \cdot \left(4\pi \left(\frac{d_{Cu}}{2} \right)^2 \right)}{n_{Al} e (v_d)_{Al} \cdot \left(4\pi \left(\frac{d_{Al}}{2} \right)^2 \right)} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{n_{Cu} \cdot (v_d)_{Cu} (d_{Cu})^2}{n_{Al} \cdot (v_d)_{Al} (d_{Al})^2} = 1 \text{ nhưng } \frac{d_{Cu}}{d_{Al}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{(v_d)_{Cu}}{(v_d)_{Al}} = 4 \frac{n_{Cu}}{n_{Al}} = 7,6$$

Bài 5

Một bản Kali tải dòng với mật độ 470 kA/m^2 . Vận tốc cuốn của các electron khi đó bằng $0,2 \text{ mm/s}$. Cho biết khối lượng riêng của K bằng 860 kg/m^3 . Khối lượng mol là 39 g/mol . Tính số electron dẫn mà mỗi nguyên tử K đóng góp.

Gợi ý: cuuduongthancong.com

+ Sử dụng công thức mật độ dòng j : $j = nev_d$

Ta đã có j, e, v_d rồi, ta tìm được n . Nhưng đề không yêu cầu tìm n mà tìm số electron dẫn. Sử dụng hai dữ liệu liên quan đến khối lượng riêng và khối lượng mol để tìm ra. Cách tính mật độ điện tử đã nêu rất kĩ ở bài 1, xem lại để làm bài này.

Bài 6

Cho biết độ dẫn điện của kim loại K bằng $1,39 \cdot 10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ và nồng độ electron tự do bằng $1,4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$. Tính thời gian hồi phục.

cuuduongthancong.com

cuuduongthancong.com

Gợi ý

- Ta có công thức tính độ dẫn điện riêng trong phần lý thuyết như sau:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$

Ta đã có độ dẫn điện riêng σ , điện tích e , và khối lượng m của electron, nồng độ e tự do n . Từ đây tìm ra đáp án.

Giải

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m} \Rightarrow \tau = \frac{\sigma m}{ne^2} = \mathbf{3,5.10^{-14} \text{ s}}$$

cuduongthancong.com

cuduongthancong.com

Bài 7

Độ dẫn điện của Cu và Al ở nhiệt độ phòng tương ứng bằng

$$\sigma_{\text{Cu}} = 5,9.10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1},$$

$$\sigma_{\text{Al}} = 3,8.10^7 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}.$$

Tính quãng đường tự do trung bình của electron tự do trong đồng và nhôm ở nhiệt độ phòng. Cho biết Cu có hóa trị 1 và Al có hóa trị 3. Biết thêm Cu có khối lượng riêng và khối lượng mol lần lượt là: 8890 kg/m^3 ; 64 g/mol . Biết Al có khối lượng riêng và khối lượng mol lần lượt là: 2690 kg/m^3 ; 27 g/mol

Gợi ý

- Ta có công thức tính quãng đường tự do trung bình: $\Lambda = v_T \tau$

Vậy nhiệm vụ bây giờ là tìm vận tốc chuyển động nhiệt v_T và thời gian hồi phục τ ứng với mỗi chất

[cuu duong than cong. com](http://cuuduongthancong.com)

- Tính v_T ?

Theo lý thuyết cổ điển về nhiệt dung (Chương 4), ta đã có đối với MỘT dao động tử từ động năng trung bình bằng thế năng trung bình và vì thế bằng 1 nửa nội năng của hệ. Mặc khác, Động năng của MỘT dao động tử (mà trong chương này gọi là khí điện tử đẩy) lại do chuyển động nhiệt gây ra.

$$\left\{ \begin{array}{l} U = 3k_B T \\ E_{\text{đ}} = \frac{1}{2} U \\ E_{\text{đ}} = \frac{1}{2} m v_T^2 \end{array} \Rightarrow \frac{1}{2} m v_T^2 = \frac{3}{2} k_B T \Rightarrow v_T = ?$$

- Tính τ ?

Với các dữ kiện bài cho, thì ta tìm thời gian hồi phục giống như bài số 6

Giải

- Vận tốc chuyển động nhiệt.

$$\frac{1}{2}mv_T^2 = \frac{3}{2}k_B T$$
$$\Rightarrow v_T = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (25 + 273)}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$
$$\Rightarrow \mathbf{v_T = 1,16 \cdot 10^5 \text{ m/s}}$$

- Thời gian hồi phục

+ Al

$$n_{Al} = 3D_{Al} : M_{Al} \cdot N_A [\text{dien tu/m}^3]$$

$$\tau_{Al} = \frac{\sigma_{Al} m}{n_{Al} e^2} = \mathbf{1,029 \cdot 10^{-11} \text{ s}}$$

+ Cu

$$n_{Cu} = 1D_{Cu} : M_{Cu} \cdot N_A [\text{dien tu/m}^3]$$

$$\tau_{Cu} = \frac{\sigma_{Cu} m}{n_{Cu} e^2} = \mathbf{2,5 \cdot 10^{-11} \text{ s}}$$

- Quãng đường tự do trung bình

+ Al

$$\mathbf{\Lambda_{Al} = v_T \cdot \tau_{Al} = 1,19 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

+ Cu

$$\mathbf{\Lambda_{Cu} = v_T \cdot \tau_{Cu} = 3,10 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

Bài 8

Các electron trong một mẫu đồng đặt trong điện trường 500 V/m có vận tốc cuốn $v_d = 2,16$ m/s. Đánh giá:

a) Độ linh động

cuuduongthancong.com

b) Thời gian hồi phục của các electron.

cuuduongthancong.com

Gợi ý

- Câu a:

Ta có

$$\begin{cases} j = \sigma E = n e u E \\ j = n e v_d \end{cases} \Rightarrow u = \frac{v_d}{E}$$

- Câu b:

Ta có

$$u = \frac{e \tau}{m} E \Rightarrow \tau = \frac{m u}{e E}$$

Giải

- Câu a

$$\begin{cases} j = \sigma E = n e u E \\ j = n e v_d \end{cases} \Rightarrow u = \frac{v_d}{E} = \frac{2,16}{500} = \mathbf{4,32.10^{-3} \left(\frac{m}{V} \cdot s \right)}$$

cuuduongthancong.com

- Câu b

$$u = \frac{e\tau}{m} \Rightarrow \tau = \frac{mu}{e} = \frac{9,1.10^{-31} \cdot 4,32.10^{-3}}{1,6.10^{-19}} = \mathbf{2,457.10^{-14}(s)}$$

cuuduongthancong.com

Bài 9

Điện trở suất của một mẫu đồng bằng $1,77 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$. Tính:

a) Thời gian hồi phục

b) Vận tốc cuốn trung bình của các electron trong điện trường 100 V/m .

Cho biết đồng kết tinh theo mạng lập phương tâm mặt, cạnh của ô đơn vị bằng $3,61 \text{ \AA}$ và một nguyên tử đồng cho 1 electron dẫn. Biết thêm Cu có khối lượng mol lần lượt là: $M = 64 \text{ g/mol}$

Gợi ý

- Câu a

Từ bài 1, ta đã có điện trở suất là nghịch đảo của độ dẫn điện riêng.

Mặt khác ta lại có: $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$. Vì thế, để tìm thời gian hồi phục thì ta chỉ cần tính được mật độ các điện tử nữa là xong (các đại lượng còn lại đều đã có hoặc tính ra hết rồi).

+ Vấn đề tính nồng độ điện tử n

Do trong bài này có cho thêm dữ kiện về cấu trúc của tinh thể Cu kết tinh theo kiểu lập phương tâm mặt, dựa vào dữ kiện này để tính ra mật độ, cụ thể như sau

Ta đã có

Vậy D là khối lượng riêng là cái cần tìm. Mà

$$D = \frac{\sum m_{Cu}}{V_{\text{ô đơn vị}}}$$

vậy ta phải tính khối lượng, và thể tích.

+ Tìm Khối Lượng

Bài cho khối lượng mol, từ đây ta tính được khối lượng của 1 nguyên tử. Rồi ta sẽ tìm thêm số nguyên tử Cu có trong 1 ô đơn vị nữa. Tích hai đại lượng này sẽ cho ta khối lượng của Cu. (Chuyện tìm số nguyên tử trong 1 ô đơn vị sẽ được đề cập trong phần dưới)

+ Tìm số nút và thể tích

Từ cấu trúc của tinh thể đồng, ta có thể tìm ra được tổng số nguyên tử trong một ô đơn vị, Thể tích ô đơn vị

+ Từ hai kết quả này ta có thể tính được khối lượng riêng của Cu, sau đó tính được mật độ n. Từ đây, kết hợp với các ý đã trình bày trước đó về độ dẫn điện riêng, và điện trở suất để tìm ra thời gian hồi phục.

- Câu b:

Có 2 cách:

Cách 1: Sử dụng thẳng công thức

$$v_d = \frac{-eE}{m} \tau$$

Cách 2: Sử dụng thông qua mật độ dòng j

$$\begin{cases} j = \sigma E \\ j = nev_d \end{cases} \Rightarrow v_d = \frac{\sigma E}{ne}$$

cuuduongthancong.com

Giải

- Câu a

+ Tìm Thể tích ô đơn vị , Số nguyên tử của Cu có trong 1 ô đơn vị .

Do tinh thể Cu có cấu trúc lập phương tâm mặt

$$\Rightarrow \sum \text{nguyên tử} = 8 \text{ đỉnh} * \frac{1}{8} + 6 \text{ mặt} * \frac{1}{2} = 4 \text{ nguyên tử}$$

$$\Rightarrow V_{\text{ô đơn vị}} = a^3$$

+ Tính Khối lượng Cu có trong một ô đơn vị

Do đồng có khối lượng mol là $M=64 \text{ g/mol}$.

Vậy khối lượng của 1 nguyên tử Cu là: $\frac{M}{N_A} \text{ g}$

Mà khối lượng Cu có trong 1 ô đơn vị lại bằng:

$$\sum m_{Cu} = \sum_{\text{cửu dương than công}} \text{nut} * \text{khối lượng 1 nguyên tử Cu}$$

Tổng khối lượng Cu sẽ là: $m_{Cu} = 4 * \frac{M}{N_A} \text{ g}$

Khối lượng riêng của Cu:

$$D = \frac{\sum m_{Cu}}{V_{\text{ô đơn vị}}} = \frac{4 * \frac{M}{N_A}}{(a)^3}$$

- Nồng độ điện tử

$$n = 1 \frac{D}{M} \cdot N_A [\text{dien tu}/\text{m}^3] = \frac{4 * \frac{M}{N_A}}{a^3} N_A = \frac{4}{a^3}$$

- + Tính thời gian hồi phục

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m} \Rightarrow \tau = \frac{\sigma m}{ne^2} = \frac{1}{\rho} \frac{m}{ne^2} = 2,37.10^{-14} \text{ s}$$

- Chú Ý:

Các bạn lần tới bước nào thì tính kết quả bước đó , rồi thế vào bước sau, đừng làm một mạch rồi thế vào, kết quả dễ sai .

- Câu b:

Vận tốc cuốn

$$\begin{cases} j = \sigma E \\ j = ne v_d \end{cases} \Rightarrow \mathbf{v}_d = \frac{\sigma \mathbf{E}}{ne} = \frac{1}{\rho ne} \mathbf{E} = \mathbf{0,415 m/s}$$

cuu duong than cong. com

Bài 10

Tính năng lượng Fermi của khí electron trong Li. Cho biết khối lượng hiệu dụng của các electron tự do trong Li bằng $2,2 m_0$; m_0 là khối lượng của e tĩnh ($9,1 \cdot 10^{-31}$ kg). Li có cấu trúc BBC (Body center cubic), hằng số mạng của Li là 351,03 pm. Khối lượng mol của Li là $M = 6,94$ g/mol, mỗi nguyên tử Li góp 1 điện tử hóa trị.

cuduongthancong.com

Gợi ý.

Tính E_F ?

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m}$$

- Ta đã có m , vậy phải tính k_F ?

Tính k_F ?

$$k_F = (3\pi^2 n)^{1/3}$$

- n là nồng độ điện tử

Tính nồng độ điện tử n , khi đã có khối lượng mol?

- Tương tự bài 9

Giải

+ Tìm Thể tích ô đơn vị , Số nguyên tử của Li có trong 1 ô đơn vị .

Do tinh thể Cu có cấu trúc lập phương tâm khối (BCC)

$$\Rightarrow \sum \text{nguyên tử} = 8 \text{ đỉnh} * \frac{1}{8} + 1 \text{ nguyên tử} = 2 \text{ nguyên tử}$$

$$\Rightarrow V_{\text{ô đơn vị}} = a^3$$

cuuduongthancong.com

+ Tính Khối lượng Li có trong một ô đơn vị

Do Liti có khối lượng mol là $M \text{ g/mol}$.

Vậy khối lượng của 1 nguyên tử Li là: $\frac{M}{N_A} \text{ g}$

Mà khối lượng Li có trong 1 ô đơn vị lại bằng:

$$\sum m_{Li} = \sum \text{nut} * \text{khối lượng 1 nguyên tử Li}$$

Tổng khối lượng Li sẽ là: $\sum m_{Li} = 2 * \frac{M}{N_A} \text{ g}$

Khối lượng riêng của Li:

$$D = \frac{\sum m_{Li}}{V_{\text{ô đơn vị}}} = \frac{2 * \frac{M}{N_A}}{(a)^3}$$

- Nồng độ điện tử

$$n = 1 \frac{D}{M} \cdot N_A [\text{dien tu/m}^3] = \frac{2 * \frac{M}{N_A}}{a^3} N_A = \frac{2}{a^3}$$

+ Tính k_F ?

$$k_F = (3\pi^2 n)^{1/3} = \left(3\pi^2 \cdot \frac{2}{a^3} \right)^{1/3}$$

+ Tính E_F ?

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m} = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2.2,2m_0} = 3,4246 \cdot 10^{-19} J = 2,1403 eV$$

Chú ý:

$$1 eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

Bài 11

Ở nhiệt độ bình thường, nhiệt dung của khí electron rất nhỏ hơn giá trị tính theo phương pháp cổ điển. Hỏi ở nhiệt độ nào nhiệt dung của khí Fermi bằng 10% nhiệt dụng của khí cổ điển? Tính với $E_F = 5 \text{ eV}$.

cuu duong than cong. com

- Đóng góp của N điện tử vào nhiệt dung theo Drude:

$$C_1 = \frac{3}{2} N k_B$$

- Theo lý thuyết Sommerfeld, điện dung của N điện tử:

$$C_2 = \frac{\pi^2}{2} N k_B \frac{T}{T_F}$$

- Ta có:

$$T_F = \frac{E_F}{k_B}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = 0,1 \Rightarrow T = \frac{0,3 E_F}{\pi^2 k_B} \approx 1800 K$$

Bài 12

- a) Tính vận tốc cuốn của các electron trong dây đồng có tiết diện 1 mm^2 khi có dòng 1 A chạy qua.
- b) Tính năng lượng Fermi E_F . Nếu một chất khí có năng lượng nhiệt trung bình bằng năng lượng E_F đó thì nhiệt độ của nó bằng bao nhiêu?
- c) Tính năng lượng trung bình trên 1 electron trong kim loại ở nhiệt độ 0 K .

Cho biết đồng có hóa trị 1, khối lượng riêng $= 9 \text{ g/cm}^3$, khối lượng mol $= 64 \text{ g/mol}$.

Giải

- Câu a/ Mật độ dòng điện j :

$$j = nev_d \Rightarrow v_d = \frac{j}{ne}$$

Mà nồng độ điện tử: cuu duong than cong. com

$$n = \frac{D \cdot N_A}{M}$$
$$\Rightarrow v_d = \frac{jM}{N_A D e} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

cuu duong than cong. com

Câu b:

Năng lượng Fermi

Nồng độ điện tử

$$n = 1 \frac{D}{M} \cdot N_A [\text{dien tu/m}^3]$$

+ Tính k_F ?

$$k_F = (3\pi^2 n)^{1/3}$$

+ Tính E_F ?

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m} = 1,1279 \cdot 10^{-18} J \approx 7eV$$

T_F

$$\Rightarrow T_F = \frac{E_F}{k_B} \approx 81000 K$$

Bài 13

Bạc có khối lượng riêng bằng $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ và khối lượng mol 108 g. Năng lượng Fermi $E_F = 5,51 \text{ eV}$. Giả sử mỗi nguyên tử Bạc đóng góp 1 electron tự do và quãng đường bay tự do trung bình của các electron bằng 200 lần khoảng cách giữa các nguyên tử trong mạng tinh thể. Đánh giá điện trở suất của Bạc. Cho biết Ag kết tinh theo mạng lập phương tâm mặt.

$$V = \frac{m}{D} = \frac{(108/N_A) * 4 \text{ nut} * 10^{-3}}{10500} = 6,83.10^{-29} m^3$$

$$\rightarrow r = 4,1.10^{-10} m$$

Do Bạc có cấu trúc lập phương tâm mặt

$$\rightarrow 4r = a\sqrt{2}$$

$$\rightarrow a = 1,16.10^{-9} m$$

Mà ta có quãng đường tự do trung bình bằng 200 lần hằng số mạng

$$\Lambda = 200a = 2,32.10^{-7} m$$

Nồng độ điện tử n

$$n = 1 \frac{D \cdot N_A}{M} = 5,86.10^{28} m^{-3}$$

Ta có

$$E_F = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m} = v_F \frac{\hbar k_F}{2} \Rightarrow v_F = 1,4.10^6 (m/s)$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{\Lambda}{V_F} = 1,66.10^{-13} s$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{ne^2\tau}{m} = 2,73.10^8 (\Omega m)^{-1}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{1}{\sigma} = 3,66.10^{-9} \Omega m$$

Bài 14

So sánh các vận tốc sau đây khi có dòng điện 5 A chạy qua một dây Bạc đường kính 0,1 cm ở nhiệt độ phòng:

- a) Vận tốc electron ở mức Fermi.
- b) Vận tốc của chuyển động nhiệt.
- c) Vận tốc cuốn với giả thiết tất cả electron hóa trị đóng góp vào dòng điện.

Giải

b/ Vận tốc chuyển động nhiệt

$$v_T = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

cuu duong than cong. com

$$v_F = \frac{\hbar k_F}{m}$$

$$k_F = \left(3\pi^2 n\right)^{\frac{1}{3}}$$

cuu duong than cong. com

$$j = n e v_d$$

cuu duong than cong. com