

Φυσική Στερεάς Κατάστασης: Εισαγωγή

Ειδική Εξέταση, 25/6/2013¹

Θέμα 1

Υπολογίστε για τον στερεό Ag:

(α) τις παραμέτρους r_s , r_i , d , ρ_M .

(β) το μήκος θωράκισης στατικού ηλεκτρικού πεδίου, $l_c = 1 / k_{TF}$.

Θέμα 2

Υπολογίστε την τάξη μεγέθους της τάσης Hall σε μεταλλικό πλακίδιο. Υποθέστε εύλογες προσεγγίσεις για το υλικό, τις διαστάσεις του πλακιδίου και όποια άλλη παράμετρο χρειαστείτε.

Θέμα 3

Φανταστείτε ένα υποθετικό υλικό όπου τα φωνόνια έχουν σχέση ενέργειας (E) και κυματάριθμου (q) της μορφής $E \sim q^3$.

Δείξτε ότι στο υλικό αυτό και για πολύ χαμηλή θερμοκρασία, η θερμοχωρητικότητα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας.

Καλή επιτυχία!

¹ $\hbar = 1.1 \times 10^{-34}$ J s, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ A s, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ mol⁻¹,
 $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$ A² s⁴ kg⁻¹ m⁻³, $c = 3.0 \times 10^8$ m s⁻¹, $k_B = 1.4 \times 10^{-23}$ J K⁻¹.

$\alpha_B = 4\pi\epsilon_0 \hbar^2 / (me^2) = 0.53$ Å, $\hbar^2 / (m\alpha_B^2) = e^2 / (4\pi\epsilon_0 \alpha_B) = 27.2$ eV = 4.36×10^{-18} J.

Για τον Ag: δομή fcc με $a = 4.08$ Å, $A = 108$ g/mol, $\zeta = 1$, $B = 101$ GPa.

Λύσεις

Θ1

$$V=V_i (\zeta=1). V=a^3/4=1.7e-29 \text{ m}^3.$$

$$4/3 \pi r_s^3=V \Rightarrow r_s=1.6e-10 \text{ m} = r_i$$

$$d=a \sqrt{2}/2 = 2.88e-10 \text{ m}.$$

$$\rho=4*(A/NA)/\alpha^3 = 10.6 \text{ g/cm}^3$$

$$l_c=1/k_{TF}=c_0/\omega_{pi}=(B/\rho)^{0.5}/(n_i*(\zeta_e)^2/m_i/\epsilon_0)^{0.5} = (B*m_i*\epsilon_0/(\rho*n_i*(\zeta_e)**2))^{0.5}$$

$$\rho=m_i*n_i \Rightarrow l_c= (B*\epsilon_0/(n_i^2*(\zeta_e)**2))^{0.5} \Rightarrow$$

$$l_c=(101e9*8.9e-12/(4/4.08e-10**3)^2/1.6e-19^2)^{0.5} \text{ m} = 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}.$$

Θ2

$$V_H=-IB/(ned)= 1*1/(1e29*1e-19*1e-3) = 1e-7 = 0.1 \mu\text{V}.$$

Θ3

$$R(E)=\Sigma (E_i < E) = \Sigma (q < k) = 4/3 \pi k^3 / ((2\pi)^3/V) = (\pi^2/8) V k^3 = \sigma \alpha \theta. E$$

$$\rho(E)=R'(E)=\sigma \alpha \theta.$$

$U = \int \{E \rho(E) n(E)\} \sim \int \{E dE / (1-\exp(\beta E))\} \sim (kT)^2 \int \{x dx / (1-\exp(x))\} \sim T^2$ for small T. $C=dU/DT \sim T.$