

Φυσική Στερεάς Κατάστασης (ΕΤΥ 305), 2/9/2015.

Θέμα 1 (3 μονάδες) Η ενέργεια του στερεού λόγω κίνησης των ιόντων δίνεται από την

$$U_i = \int_{-\infty}^{\infty} \epsilon(n(\epsilon) + \frac{1}{2})\phi(\epsilon)d\epsilon,$$

όπου $n(\epsilon)$ δίνεται από την κατανομή Bose και $\phi(\epsilon)$ είναι η πυκνότητα μονοφωονιακών καταστάσεων.

(α) Δείξτε ότι η θερμοχωρητικότητα σε ψηλές θερμοκρασίες προσεγγίζεται από την

$$C_v \approx 3N_i k_B - \frac{A}{T^2}, \text{ όπου } A \text{ είναι η σταθερά } A = \frac{1}{12k_B} \int_{-\infty}^{\infty} \epsilon^2 \phi(\epsilon) d\epsilon$$

Δίνεται το ανάπτυγμα Taylor: $\frac{x}{e^x - 1} = 1 - \frac{x}{2} + \frac{x^2}{12} - \dots$

(β) Δείξτε ότι στο μοντέλο Debye είναι $A = \frac{3}{20} N_i k_B \Theta_D^2$. Υπενθυμίζεται ότι $\phi(\epsilon) \sim \epsilon^2$ για $0 < \epsilon < \epsilon_D$ και $\phi(\epsilon)=0$ αλλού.

Θέμα 2 (5 μονάδες) Υπολογίστε για το στερεό Χρυσό (σε κανονικές συνθήκες):

- την συγκέντρωση ηλεκτρονίων σθένους, n ,
- την πυκνότητα καταστάσεων ανά άτομο στην ενέργεια Fermi, $\rho_{AF} = \rho(E_F)/N_i$,
- τον κυματάριθμο Debye, q_D ,
- τον κυματάριθμο Fermi, k_F .
- τη θερμοχωρητικότητα (ανά mol) στους 200 °C,

Θέμα 3 (2 μονάδες) Νανοκαλώδιο Au αποτελείται από μια σειρά ατόμων με απόσταση γειτόνων ίση με την απόσταση γειτόνων στην δομή fcc. Υπολογίστε προσεγγιστικά, και με όποια μέθοδο θέλετε, πόσο είναι η ψηλότερη ενέργεια φωνονίου που μπορεί να υπάρχει στο νανοκαλώδιο.

Δίνονται οι σταθερές:

$$\begin{aligned} 1 \text{ bar} &= 10^5 \text{ N m}^{-2}, & m &= 9.1 \times 10^{-31} \text{ kgr}, & e &= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, \\ \hbar &= 1.05 \times 10^{-34} \text{ J s}, & c &= 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}, & N_A &= 6.022 \times 10^{23}, \\ 1 \text{ cal} &= 4.18 \text{ J}, & \epsilon_0 &= 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}, & k_B &= 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}, \end{aligned}$$

και τα παρακάτω δεδομένα για τον Au (μετρήσεις του στερεού σε κανονικές συνθήκες) :

$$\begin{aligned} Z &= 79, & A &= 196.97 \text{ gr/mol}, & \text{δομή} &= [\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1 \\ \rho_M &= 19.3 \text{ gr/cm}^3, & \text{δομή fcc με } a &= 4.08 \text{ \AA}, & \zeta &= 1, \\ B &= 1.732 \text{ Mbar}, & T_F &= 64200 \text{ K}, & \Theta_D &= 165 \text{ K}, \\ c &= 2926 \text{ m/sec}, & c_p &= 25.21 \text{ J/mol/K}, & E_c &= 342 \text{ kJ/mol}. \end{aligned}$$

Καλή επιτυχία!