

Φυσική Στερεάς Κατάστασης: Εισαγωγή (ΕΤΥ 305)

Επαναληπτική Εξέταση

31/8/2009

Θέμα 1. (α) Εξηγήστε σε δευτεροετή συνάδελφό σας γιατί τα μέταλλα είναι διαφανή σε ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες με μικρά μήκη κύματος.

(β) Εκτιμήστε το μήκος κύματος στο οποίο γίνεται η μετάβαση από αστραφτερό σε διαφανές για ένα τυπικό μέταλλο με πυκνότητά 10 g/cm^3 , ατομικό βάρος 100 gr/mol και 2 ηλεκτρόνια σθένους ανά άτομο.

Θέμα 2. Γνωρίζοντας μόνο ότι η θερμική αγωγιμότητα μετριέται σε W/m/K , χρησιμοποιήστε διαστατική ανάλυση για να βρείτε που περίπου πρέπει να περιμένουμε να βρίσκεται η τάξη μεγέθους της θερμικής αγωγιμότητας των μετάλλων. Θεωρήστε ότι εξαρτάται από τις κβαντικές, ηλεκτρικές και θερμικές σταθερές, δηλ. τις $m, e^2/(4\pi\epsilon_0), \hbar, k_B$.

Ορισμός: Θερμότητα (Q) ρέει από θερμότερο σώμα (θερμοκρασίας T) σε ψυχρότερο (θερμοκρασίας $T - \Delta T$) δια μέσου σώματος το οποίο έχει μήκος L και εμβαδόν διατομής A . Ο ρυθμός μεταφοράς είναι $\frac{dQ}{dt} = k \frac{A}{L} \Delta T$, όπου k η θερμική αγωγιμότητα.

Θέμα 3. Στο μοντέλο Jellium, η ενέργεια δέσμευσης ανά ηλεκτρόνιο σε τυχούσα τιμή r'_s δίνεται από την $U = \frac{\alpha}{r_s'^2} - \frac{\gamma}{r_s'}$. Θεωρήστε ότι το α είναι ίδιο για όλα τα μέταλλα, ενώ το γ είναι διαφορετικό σε κάθε υλικό.

Το Ir έχει κατά 2% μικρότερο ατομικό βάρος από τον Pt. Η απόσταση μεταξύ γειτονικών ατόμων είναι επίσης κατά 2% μικρότερη στο Ir από ότι στον Pt. Η δομή των Ir και Pt είναι fcc.

Εκτιμήστε κατά πόσο % διαφέρει στα δυο μέταλλα (α) η πυκνότητα (β) το μέτρο ελαστικότητας και (γ) η θερμοκρασία Debye.

Θέμα 4. Σε ένα μονοδιάστατο "στερεό" η απόσταση γειτονικών ατόμων είναι a και υπάρχει ένα ηλεκτρόνιο σθένους ανά άτομο. Η σχέση διασποράς ηλεκτρονίων είναι

$$E(k) = 2V(1 - \cos(ka)) \text{ (μοντέλο LCAO)} \text{ ή } E(k) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \text{ (μοντέλο Jellium)}.$$

(α) Αποδείξτε ότι η μέση κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων αυτού του στερεού σε μηδενική θερμοκρασία ισούται με $K = \frac{a}{\pi} \int_{-k_F}^{k_F} E(k) dk$.

(β) Βρείτε την τιμή του V ώστε τα δυο μοντέλα να δίνουν ίδιο αποτέλεσμα για το K .

(γ) Δώστε την τάξη μεγέθους του K σε eV.

Προσεγγιστικές τιμές: $e = 10^{-19} \text{ C}$, $e^2/(4\pi\epsilon_0) = 10^{-28} \text{ J m}$, $m = 10^{-30} \text{ kg}$, $c = 10^8 \text{ m/s}$, $\hbar = 10^{-34} \text{ J s}$, $k_B = 10^{-23} \text{ J/K}$. Χρήσιμοι τύποι: $\omega_p^2 = ne^2/(m\epsilon_0)$, $c = 0.7\sqrt{B/\rho_M}$.