

Φυσική στερεάς κατάστασης: Εισαγωγή

Τελική εξέταση, 1/2/2006

Θέμα 1: (α) Υπολογίστε το r_s και την απόσταση μεταξύ γειτονικών ατόμων στο Χρυσό. Υπολογίστε τον όγκο ανά ηλεκτρόνιο, και τον όγκο ανά κυματάκουσμα (δηλαδή τον όγκο της ζώνης Brillouin).

(β) Επαναλάβετε τους παραπάνω υπολογισμούς για μια υποθετική δομή hcp, όπου όλες οι αποστάσεις μεταξύ γειτονικών ατόμων είναι ίδιες με εκείνες της παρατηρούμενης δομής.

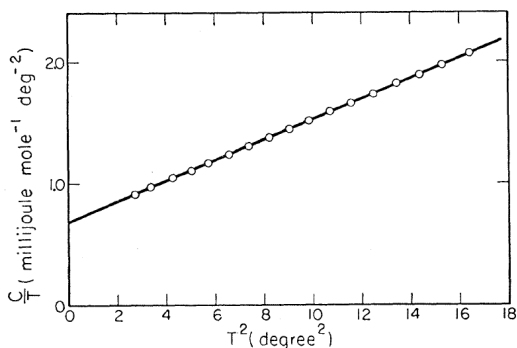


FIG. 2. Heat capacity of ordered Cu_3Au .

Θέμα 2: Στο διπλανό σχήμα εικονίζονται μετρήσεις της θερμοχωρητικότητας στο κράμα Cu_3Au , από το άρθρο του J. A. Rayne (Phys. Rev. **108**, 649 (1957)).

(α) Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις αυτές, υπολογίστε την ενέργεια Fermi, τη θερμοκρασία Debye, τη συγκέντρωση ιόντων και ηλεκτρονίων, την ταχύτητα του ήχου και το “κατώφλι διαφάνειας”, δηλαδή την

ελάχιστη συχνότητα ω που πρέπει να έχει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για να μην υπάρχει απορρόφηση από το υλικό.

(β) Σε θερμοκρασία δωματίου, ο Cu_3Au έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη ειδική ηλεκτρική αντίσταση από τον Au; γιατί; Μπορείτε να εκτιμήσετε την τιμή της;

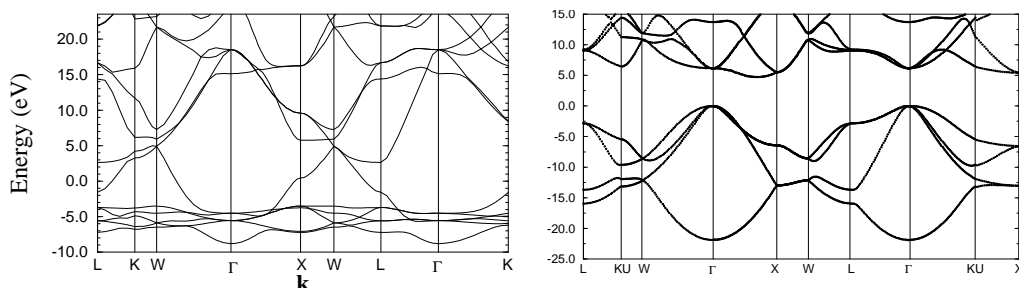
Θέμα 3: (α) Δείξτε ότι, στα μέταλλα, η ενέργεια δέσμευσης ανά ηλεκτρόνιο για τυχούσα τιμή r'_s δίνεται, στα πλαίσια του μοντέλου Jellium, από τη σχέση

$$U_e = 6\pi r_s^3 B \left[\left(\frac{r_s}{r'_s} \right)^2 - \frac{2r_s}{r'_s} \right],$$

όπου r_s είναι η τιμή του r'_s για την οποία η U_e έχει ελάχιστο, και B το υδροστατικό μέτρο ελαστικότητας.

(β) Υπολογίστε την πίεση που πρέπει να ασκήσουμε σε ένα κομμάτι Χρυσού για να συμπιεστεί έτσι ώστε η πυκνότητά του μετά τη συμπίεση να είναι κατά 0.1% μεγαλύτερη από την πυκνότητα που έχει φυσιολογικά. Πόσο όγκο θα καταλάμβανε ένα mol ιδανικού αερίου αν του ασκούσαμε την ίδια πίεση σε θερμοκρασία δωματίου; (υπόδειξη: $PV = nRT$)

Θέμα 4: (α) Βρείτε τη δομή ζώνης ηλεκτρονίου που ανήκει σε γραμμική αλυσίδα σίλικας, ... -Si-O-Si-O-Si-O-... Θεωρήστε ένα τροχιακό τύπου p ανά άτομο, και ένα ηλεκτρόνιο σθένους ανά άτομο κατά μέσο όρο. Δίνονται οι ενέργειες $\epsilon_{Si} = -8.2$ eV, $\epsilon_O = -13.6$ eV, και η απόσταση μεταξύ Si και O, $d = 0.16$ nm. Βρείτε τα όρια των ενεργειακών ζωνών. Το υλικό αυτό είναι μονωτικό ή αγώγιμο; Μπορείτε να κάνετε κάποια πρόβλεψη για το χρώμα του; (β) Σας δίνονται παρακάτω οι δομές ζωνών για τον Ag και τον C (διαμάντι). Η ενέργεια Fermi έχει τεθεί ίση με το μηδέν. Ποιο σχήμα αναφέρεται στον Ag και ποιο στον C, και γιατί; Πώς δικαιολογείται από τα διαγράμματα η αστραφτερή όψη του ασημιού και η διαφάνεια του διαμαντιού;



Δίνονται οι ατομικές μονάδες:

$$\alpha_B = 0.529 \text{ \AA}, \quad E_0 = 27.211 \text{ eV}, \quad v_0 = 2187.77 \text{ km/s},$$

$$P_0 = 294.21 \text{ Mbar}, \quad T_0 = 315773 \text{ K}, \quad B_0 = 2.35 \times 10^5 \text{ T},$$

οι σταθερές:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N m}^{-2}, \quad m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}, \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C},$$

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J s}, \quad c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}, \quad N_A = 6.022 \times 10^{23},$$

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}, \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}, \quad R = N_A k_B = 8.3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1},$$

$$\frac{4\pi\epsilon_0 \hbar c}{e^2} = 137.0, \quad m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}, \quad hc = 12398 \text{ eV \AA}.$$

και τα παρακάτω δεδομένα για τον Au:

$$Z = 79, \quad A = 196.97 \text{ gr/mol}, \quad \text{δομή} = [\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1$$

$$\rho_M = 19.3 \text{ gr/cm}^3, \quad \text{δομή fcc με } a = 4.08 \text{ \AA}, \quad \zeta = 1,$$

$$B = 1.732 \text{ Mbar}, \quad T_F = 64200 \text{ K}, \quad \Theta_D = 165 \text{ K},$$

$$c = 2926 \text{ m/sec}, \quad c_p = 25.21 \text{ J/mol/K (300 K)}, \quad \rho_\eta = 2.20 \text{ } \mu\Omega \text{ cm}.$$

Καλή επιτυχία!