

Φυσική Στερεάς Κατάστασης: Εισαγωγή

Θέμα 1

Η ηλεκτρική χωρητικότητα ισούται με $C=Q/V$ όπου Q το φορτίο και V η τάση.

(α) Εκφράστε τις διαστάσεις του C στις βασικές διαστάσεις L,M,T,I.

(β) Σφαίρα είναι φορτισμένη με φορτίο Q . Η χωρητικότητα της σφαίρας δεν εξαρτάται από το Q , παρά μόνο από την ακτίνα της και την σταθερά ϵ_0 . Χρησιμοποιήστε διαστατική ανάλυση για να αποδείξετε ότι η χωρητικότητα είναι ανάλογη της ακτίνας.

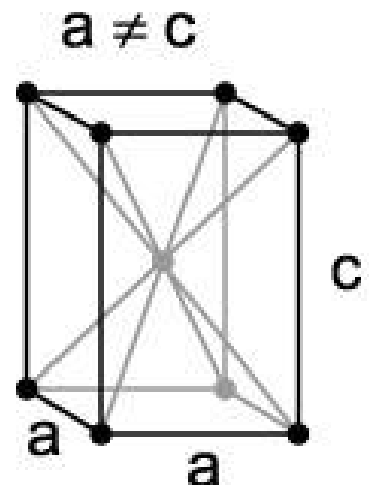
Υπόδειξη: QV =ενέργεια, $Q^2/(\epsilon_0 r^2)$ =δύναμη.

Θέμα 2

Το διπλανό σχήμα δείχνει την θεμελιώδη κυψελίδα του πλέγματος Bravais bct (body-centered tetragonal). Πρόκειται για ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με πλευρές a , a και c .

(α) Βρείτε τον αριθμό των πλησιέστερων γειτόνων ενός ατόμου (αριθμό σύνταξης), z , και την απόσταση μεταξύ γειτονικών ατόμων όταν $c/a=\sqrt{2}$.

(β) Για τον χαλκό στη δομή bct είναι $a=2.76 \text{ \AA}$ και $c/a=1.12$. Υπολογίστε την παράμετρο r_i .



Θέμα 3

Σε κάποιο περίπλοκο υλικό η ενέργεια εξαρτάται από την παράμετρο r_s' σύμφωνα με την σχέση $U_e = \frac{A}{r_s'^l} - \frac{\Gamma}{r_s}$, όπου A , Γ , l είναι σταθερές με $l > 2$.

Βρείτε τον τύπο που δίνει το μέτρο ελαστικότητας σαν συνάρτηση του A και του r_s .

Θέμα 4

Υπολογίστε για τον στερεό Fe:

- (α) Την συγκέντρωση ηλεκτρονίων, n , σε cm^{-3} .
- (β) Την παράμετρο r_s σε $\text{\AA}$.
- (γ) Το μέτρο ελαστικότητας, B , σε GPa.
- (δ) Τον κυματάριθμο Fermi σε $\text{\AA}^{-1}$.
- (ε) Την ενέργεια Fermi σε eV.
- (στ) Την μέση κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων σε eV.

Χρησιμοποιήστε όποια από τα παρακάτω δεδομένα θέλετε: τύπος μοντέλου Jellium: $U_e = \alpha/r_s'^2 - \gamma/r_s'$, όπου $\alpha=1.11 \hbar^2/m$. Για τον Fe: δομή bcc με $a=2.9 \text{\AA}$, $\rho_M=7.9 \text{ g/cm}^3$, $A=55.8 \text{ g/mol}$, $\zeta=3$, $n_i=8.5 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$.

Θέμα 5

(α) Βρείτε τον τύπο που δίνει την μέση ενέργεια ενός ηλεκτρονίου σε κάποιο στερεό. Εκφράστε το αποτέλεσμα σας σαν συνάρτηση της πυκνότητας, του ατομικού βάρους και φυσικών σταθερών.

(β) Το ίδιο για την μέση ενέργεια φωνονίου. Θεωρήστε ότι η μέση ταχύτητα του ήχου είναι $c=\varphi c_0$, όπου φ αριθμητική σταθερά.

(γ) Εφαρμόστε τα αποτελέσματά σας στον Fe.

Υπενθυμίζεται ότι η μέση ενέργεια υπολογίζεται από την πυκνότητα καταστάσεων, $f(E)$ από τον

$$\langle E \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} E f(E) dE}{\int_{-\infty}^{+\infty} f(E) dE} \quad \text{τύπο:}$$

Θέμα 6

Υπολογίστε για τον στερεό Fe (δίνεται ότι $c=0.7c_0$):

- (α) Την ενέργεια Debye.
- (β) Την συχνότητα Debye.
- (γ) Την θερμοκρασία Debye.
- (δ) Τον μέσο αριθμό φωνονίων σε μια κατάσταση με ενέργεια ίση με το μισό της ενέργειας Debye σε θερμοκρασία 300 K.

Χρησιμοποιήστε όποια από τα παρακάτω δεδομένα θέλετε: τύπος μοντέλου Jellium: $U_e = \alpha/r_s'^2 - \gamma/r_s'$, όπου $\alpha=1.11 \hbar^2/m$. Για τον Fe: δομή bcc με $a=2.9 \text{ \AA}$, $\rho_M=7.9 \text{ g/cm}^3$, $A=55.8 \text{ g/mol}$, $\zeta=3$, $n_i=8.5 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$.

Θέμα 7

Υπολογίστε πόσα Joule ενέργειας πρέπει να δοθούν σε 100 g Ag ώστε να ανέβει η θερμοκρασία τους από 300 K σε 320 K.

Θέμα 8

Θεωρήστε ένα μονοδιάστατο νανοκαλώδιο Ag. Η απόσταση μεταξύ γειτονικών ατόμων, d , είναι ίδια με την απόσταση γειτονικών ατόμων στον στερεό Ag, $d=a\sqrt{2}/2$.

(α) Δίνονται οι παράμετροι LCAO: $V_2 = -\eta \hbar^2/(md^2)$ και $\varepsilon=7.1 \text{ eV}$. Υπολογίστε την σταθερά η ώστε τα μοντέλα LCAO και Jellium να δίνουν ίδιο αποτέλεσμα για την διαφορά $E_F - E_{min}$.

(β) Υπολογίστε την συχνότητα ω_I που υπεισέρχεται στην περιγραφή των ταλαντώσεων από την ενέργεια συνοχής, την απόσταση γειτονικών ατόμων και την μάζα κάθε ατόμου χρησιμοποιώντας την προσεγγιστική σχέση $\frac{1}{2} m_i \omega_I^2 d^2 = \frac{1}{12} E_c$ (θα χρειαστεί να μετατρέψετε την E_c σε ενέργεια ανά άτομο).

(γ) Υπολογίστε την θερμοχωρητικότητα του συστήματος αυτού για $N_i=N_A$ και $T=300 \text{ K}$ χρησιμοποιώντας τρία διαφορετικά μοντέλα:

1. Μοντέλο Einstein με συχνότητα ω_I .
2. Μοντέλο Debye με συχνότητα Debye $\omega_D = \pi \omega_I$.
3. Ατομιστικό μοντέλο μαζών m_i και ελατηρίων σταθεράς $k = m_i \omega_I^2$.

Δίνονται για τον Ag: δομή fcc με $a=4.1 \text{ \AA}$, $A=108 \text{ g/mol}$, $\zeta=1$, $E_c=285 \text{ kJ mol}^{-1}$, $\Theta_D=215 \text{ K}$.

Θέμα 9

Στο εδροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα (fcc), υπολογίστε δυο διαφορετικές τιμές που μπορεί να έχει η γωνία ABΓ. Το Α είναι τυχόν σημείο του πλέγματος, το Β είναι πρώτος γείτονας του Α και το Γ είναι πρώτος γείτονας του Β.

Θέμα 10

Ο Cu έχει συγκέντρωση ατόμων $n_i = 8.45 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ και σθένος $\zeta = 2$. Υπολογίστε την παράμετρο r_s . Το ίδιο για το Co με κρυσταλλική δομή hcp με $a = 2.5 \text{ \AA}$ και $c = 4.1 \text{ \AA}$, και έχει σθένος $\zeta=2$.

Θέμα 11

(α) Το Mo έχει πυκνότητα 10.2 g/cm^3 και ατομικό βάρος 96.0 g/mol . Υπολογίστε τον όγκο V_i .

(β) Το Si έχει πυκνότητα 2.3 g/cm^3 , ατομικό βάρος 28.1 g/mol και περιέχει $2.0 \cdot 10^{23}$ ηλεκτρόνια/cm³. Υπολογίστε το σθένος, ζ .

(γ) Ο Fe σχηματίζει δομή bcc με σταθερά $a=2.9 \text{ \AA}$ ή δομή fcc με σταθερά a' . Ο όγκος ανά άτομο (V_i) είναι ίδιος στις δυο δομές. Υπολογίστε το a' .

Θέμα 12

Χρησιμοποιήστε την αρχή της αβεβαιότητας, $\Delta x \Delta p \approx \hbar$ και εύλογες προσεγγίσεις, για να βρείτε πόσο ελαττώνεται η κινητική ενέργεια ηλεκτρονίου σε ένα στερεό σε σχέση με το ίδιο ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο.

Θέμα 13

Ο συντελεστής ανάκλασης, R , δείχνει το κλάσμα της ακτινοβολίας που ανακλάται από μια επιφάνεια. Σχετίζεται με τον πραγματικό και φανταστικό μέρος του δείκτη διάθλασης ($\tilde{n}=n+ik$) με την σχέση $R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}$. Εκφράστε τον R σαν συνάρτηση του πραγματικού και φανταστικού μέρους της διηλεκτρικής συνάρτησης, $\epsilon = \epsilon_1 + i\epsilon_2$.

Θέμα 14

Ένα μονοδιάστατο νανοκαλώδιο χαλκού έχει μήκος 1 cm , η απόσταση γειτονικών ατόμων είναι 0.36 nm . Η αλληλεπίδραση μεταξύ γειτονικών ατόμων μπορεί να π[προσεγγιστεί από ελατήρια σταθεράς $\kappa=50 \text{ N/m}$.

(α) Βρείτε το μικρότερο μήκος κύματος ταλάντωσης που μπορεί να διαδοθεί στο νανοκαλώδιο.

(β) Βρείτε το μικρότερο μήκος κύματος de Broglie ($\lambda=h/p$, $p=mv=\hbar k$) ηλεκτρονίου στο σύστημα.

Θέμα 15

Στο υλικό της διπλανής εικόνας, οι δεσμοί γειτονικών ατόμων έχουν όλοι την ίδια απόσταση και γωνία 120° . Περιγράψτε και σχεδιάστε

(α) την μικρότερη δυνατή θεμελιώδη κυψελίδα και

(β) την μικρότερη δυνατή ορθογώνια μοναδιαία κυψελίδα.

(γ) Γράψτε τα διανύσματα του πλέγματος Bravais και την βάση.

