

# Φυσική Στερεάς Κατάστασης: Εισαγωγή

12/9/2013<sup>1</sup>

## Θέμα 1 (2+2μ)

Υπολογίστε για το στερεό Ti:

(α) τις παραμέτρους  $r_s$ ,  $r_i$ ,  $d$ ,  $\rho_M$ .

(β) την θερμοκρασία Debye,  $\theta_D$ .

## Θέμα 2 (2.5μ)

Σε κάποιο υλικό η διηλεκτρική συνάρτηση εξαρτάται από την συχνότητα σύμφωνα με την σχέση  $\epsilon(\omega) = \alpha + \frac{\beta}{1+i\omega\tau}$ , όπου  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\tau$  είναι σταθερές. Αποδείξτε ότι το υλικό αυτό είναι μονωτής (δηλαδή ότι η αγωγιμότητα μηδενίζεται όταν  $\omega \rightarrow 0$ ).

## Θέμα 3 (2.5μ)

Φανταστείτε ένα υποθετικό μέταλλο όπου τα ηλεκτρόνια έχουν σχέση ενέργειας ( $E$ ) και κυματάρηθμου ( $k$ ) της μορφής  $E \sim k$ .

Βρείτε την εξάρτηση της ενέργειας Fermi από την παράμετρο  $r_s$  σε αυτό το υλικό. Δηλαδή να βρείτε τον εκθέτη  $a$  στην σχέση  $E_F \sim r_s^a$ .

## Θέμα 4 (2μ)

Για να ανεβάσουμε τη θερμοκρασία 10 g Au κατά 10 °C (σε ΚΣ) απαιτείται ενέργεια 12.5 J. Εκτιμήστε το ατομικό βάρος του Au.

**Καλή επιτυχία!**

---

<sup>1</sup>  $\hbar = 1.1 \times 10^{-34}$  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<sup>-1</sup>,  
 $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$  A<sup>2</sup> s<sup>4</sup> kg<sup>-1</sup> m<sup>-3</sup>,  $c = 3.0 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>,  $k_B = 1.4 \times 10^{-23}$  J K<sup>-1</sup>.  
 $\alpha_B = 4\pi\epsilon_0 \hbar^2 / (me^2) = 0.53$  Å,  $\hbar^2 / (m\alpha_B^2) = e^2 / (4\pi\epsilon_0 \alpha_B) = 27.2$  eV =  $4.36 \times 10^{-18}$  J.

Για το Ti δίνονται: δομή hcp με  $a=2.95$  Å,  $c=4.69$  Å,  $A=47.9$  g/mol,  $\zeta=4$ ,  
 $B=110$  GPa,  $c=4100$  m/s.

## Λύσεις

### Θ1

$$d1=a=2.95 \text{ \AA}. d2=\sqrt{(c/2)^2+x^2} \text{ όπου } x=2/3 \sqrt{a^2+(a/2)^2}. \Rightarrow d2=3.21 \text{ \AA}$$

$$V_i = a^3 \sin(2\pi/3) \cdot c/2 = 17.67 \text{ \AA}^3$$

$$4/3 \pi r_i^3 = V_i \Rightarrow r_i = 1.61 \text{ \AA}$$

$$4/3 \pi r_s^3 = V = V_i / \zeta \Rightarrow r_s = 1.02 \text{ \AA}$$

$$\rho = (A/NA) / V_i = 4.50 \text{ g/cm}^3$$

$$q_D = (6\pi^2 n_i)^{1/3} = 1.50 \times 10^{10} \text{ m}^{-1}$$

$$\Theta_D = \varepsilon_D / k_B = \hbar c \cdot q_D / k_B = 1.1 \times 10^{-34} \cdot 4100 \cdot 1.50 \times 10^{10} / 1.4 \times 10^{-23} = 483$$

### Θ2

$\sigma = -i\omega(\varepsilon - \varepsilon_0) = 0$  για  $\omega \rightarrow 0$  εκτός κι αν  $\varepsilon \rightarrow \infty$  για  $\omega \rightarrow 0$ . Όμως η σχέση που δίνεται  $\varepsilon \rightarrow \alpha + \beta$  άρα  $\sigma \rightarrow 0$ .

### Θ3

εύκολα δείχνω ότι όποια και να είναι η σχέση  $E=f(k)$ , πάντα θα είναι  $kF = (3\pi^2 n)^{1/3} \sim 1/rs$ . Αφού  $E \sim k \Rightarrow EF \sim kF \Rightarrow EF \sim rs^{-1}$ .

### Θ4

ξέρω ότι θερμοχωρητικότητα είναι  $C = 3N_i k_B$  για θερμοκρασίες κοντά και πάνω από  $\Theta_D$ , και ότι στα περισσότερα μέταλλα η  $\Theta_D$  είναι γύρω στα 300 K ή λιγότερο.

Στο πείραμα βρήκα ότι  $C = \Delta Q / \Delta T = 12.5 \text{ J} / 10 \text{ K} = 1.25 \text{ J/K}$  άρα  $3N_i k_B = 1.25 \text{ J/K} \Rightarrow N_i = 2.98 \times 10^{22}$ . Έχω τώρα με την απλή μέθοδο των τριών:

Τα  $2.98 \times 10^{22}$  άτομα περιέχονται σε 10 g

Τα  $6.02 \times 10^{23}$  άτομα περιέχονται σε A g.  $\Rightarrow A = 202$ .