

Fisica della Materia Condensata.

Prof. Paola Gallo.

Prova del II appello di esame - 12 Febbraio 2021

Istruzioni - Esame completo: svolgere tutti e quattro gli esercizi in quattro ore. Recupero del primo esonero: svolgere gli esercizi 1 e 2 in due ore. Secondo esonero: risolvere gli esercizi 3 e 4 in due ore.

1 Esercizio 1

Un cristallo monoatomico viene studiato col metodo delle polveri. Il primo e secondo massimo di interferenza distruttiva si trovano in corrispondenza degli angoli $\theta_1 = 45^\circ$ e $\theta_2 = 78^\circ$, rispettivamente.

1. Determinare se il campione ha reticolo cristallino fcc o ha la struttura del diamante. (7 punti)
2. Determinare a quale angolo si osserva il terzo massimo di interferenza costruttiva se la lunghezza d'onda della radiazione incidente vale $\lambda = 1 \text{ \AA}$. (4 punti)
3. Calcolare la densità atomica del cristallo. (4 punti)

2 Esercizio 2

Un solido monoatomico ha reticolo *bcc* con lato della cella cubica $a = 2 \text{ \AA}$. Le relazioni di dispersioni dei modi acustici longitudinali e trasversali siano

$$\omega_L(q) = \omega_{0L} \sin\left(\frac{qa}{2}\right),$$
$$\omega_T(q) = \omega_{0T} \sin\left(\frac{qa}{2}\right),$$

e i valori delle branche acustiche a bordo zona siano: $\omega_{0L} = 0.6 \cdot 10^{13} \text{ rad/s}$ e $\omega_{0T} = 1.5 \cdot 10^{12} \text{ rad/s}$.

1. Determinare velocità del suono. (5 punti)

2. Calcolare la capacità termica del solido per unità di volume a 5 K e a 700 K. (5 punti)
3. Determinare come cambia la capacità termica reticolare per unità di volume a 800 K se il solido avesse base biatomica. (5 punti)

3 Esercizio 3

Sia data una catena monoatomica lineare disposta lungo l'asse \hat{x} di passo reticolare $a = 2 \text{ \AA}$. Su ogni nodo è disposto un atomo bivalente. Siano $E_{0,s} = 1.2 \text{ eV}$, $E_{0,p_x} = 3.5 \text{ eV}$, $|\gamma_s| = 0.25 \text{ eV}$, $|\gamma_{p_x}| = 0.3 \text{ eV}$. Si trascurino tutte le altre interazioni.

1. Scrivere la forma esplicita delle bande $E_s(\vec{k})$ e $E_{p_x}(\vec{k})$ in approssimazione di tight binding a primi vicini da funzioni di tipo s e p_x , e disegnare le bande di energia. (5 punti)
2. Determinare se il materiale si comporta come isolante o come conduttore e quanto vale l'energia di Fermi. (3 punti)
3. Calcolare la massa efficace degli elettroni della banda s a centro e a bordo zona. (2 punti)
4. Determinare nuovamente se il cristallo si comporta come un isolante o come un conduttore se per la banda derivante da orbitali p_x l'interazione a secondi vicini non fosse trascurabile e l'integrale di sovrapposizione tra secondi vicini valesse $\gamma_{p_x,2} = 0.2 \text{ eV}$. (5 punti)

4 Esercizio 4

Si consideri un semiconduttore drogato con atomi accettori in concentrazione $N_A = 5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$. Siano note l'energia della gap $\epsilon_g = 1 \text{ eV}$ e a $T = 15 \text{ K}$ il tempo medio di scattering delle lacune $\tau_h = 1 \cdot 10^{-12} \text{ s}$, la loro mobilità $\mu_h = 0.8 \text{ m}^2/\text{Vs}$ e la costante di Hall $R_H = 23 \text{ m}^3/\text{C}$. Le masse efficaci di elettroni e lacune siano considerate uguali tra loro ed indipendenti dalla temperatura.

1. Determinare la conducibilità a $T = 15 \text{ K}$. (5 punti)
2. Calcolare il valore dell'energia di legame ϵ_a . (5 punti)
3. Determinare in che regime si trova il semiconduttore e quale sia la sua conducibilità elettrica a $T = 350 \text{ K}$ sapendo che a questa temperatura $\tau_e = 2.5 \cdot \tau_h = 0.75 \cdot 10^{-13} \text{ s}$. (5 punti)

$$K_B = 8.6167 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}, \quad h = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eV s.}$$