

Fisica della Materia Condensata.

Prof. Paola Gallo.

Prova del II appello di esame - 7 Febbraio 2024

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 AB con struttura cubica semplice, di parametro reticolare $a=3.56 \text{ \AA}$ e in cui i due atomi di base sono individuati dai vettori $\vec{d}_A = \vec{0}$ e $\vec{d}_B = -\frac{a}{2}(1, 1, 1)$ viene studiato con il metodo delle polveri con lunghezza d'onda della radiazione incidente 0.2 nm .

1. Studiare il fattore di struttura del cristallo. (5 punti)
2. Determinare gli angoli a cui si osservano i primi tre picchi di riflessione. (5 punti)
3. Calcolare il fattore di impacchettamento nell'ipotesi in cui i due atomi della base abbiano stesso raggio. (5 punti)

2 Esercizio 2

Si consideri una catena lineare monoatomica disposta lungo l'asse \hat{x} e libera di muoversi nel piano $\hat{x}\hat{y}$. Sia $a = 1.3 \text{ \AA}$ il parametro reticolare, $\rho = 5.7 \text{ u.m.a., \AA}^{-1}$ la densità lineare e $\alpha = 8.5 \cdot 10^2 \text{ dyne/cm}$, e $\beta = 2 \cdot 10^2 \text{ dyne/cm}$ le costanti di forza associati al moto lungo \hat{x} e lungo \hat{y} , rispettivamente.

1. Determinare i valori delle branche acustiche a centro e bordo zona e disegnare le curve di dispersione dei fononi nella Prima Zona di Brillouin. (5 punti)
2. Determinare la velocità del suono. (5 punti)
3. Determinare la capacità termica per unità di volume a $T = 350 \text{ K}$, motivando adeguatamente quale approssimazione debba essere usata. (5 punti)

3 Esercizio 3

Si consideri una catena lineare monoatomica, composta da atomi bivalenti, disposta lungo l'asse \hat{y} e di passo reticolare $a = 1.8 \text{ \AA}$. Siano $E_{0,s} = 1.1 \text{ eV}$, $E_{0,p_x} = 3.3 \text{ eV}$, $|\gamma_s| = 0.2 \text{ eV}$, $|\gamma_{p_x}| = 0.35 \text{ eV}$. 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. (5 punti)
3. 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 vale $\gamma_{p_x,2} = 0.15 \text{ eV}$. (5 punti)

4 Esercizio 4

Si abbia un semiconduttore drogato di tipo n per il quale siano note le densità di portatori a cinque distinte temperature: $n(500\text{K})=3.12 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $n(600\text{K})=2.41 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $n(700\text{K})=1.18 \cdot 10^{15}$, $n(800\text{K})=4.08 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $n(900\text{K})=1.09 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

1. Determinare in che regime si trova il semiconduttore a temperature maggiori di 700K e l'energia della gap del semiconduttore. (5 punti)
2. Determinare in che regime si trova il semiconduttore a $T=600\text{K}$ e trovare la densità del drogaggio. (5 punti)
3. Determinare in che regime si trova il semiconduttore a $T=500\text{K}$. (5 punti)

$$1 \text{ u.m.a.} = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g}, K_B = 8.6167 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}, h = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eV s.}$$