Fisica della Materia Condensata.
Prof. Paola Gallo.
Prova del I appello di esame - 29 Gennaio 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

Si abbia un campione con reticolo rettangolare di parametri reticolari a e b ($b < a$).

1. Calcolare i moduli dei primi quattro vettori di reticolo reciproco se il fattore di impacchettamento del reticolo è pari a 0.63. (5 punti)
2. Il cristallo viene studiato con il metodo delle polveri ($\lambda = 3$ Å) e il terzo picco si osserva ad un angolo $\theta = 60°$. Quanto valgono i parametri reticolari a e b? (5 punti)
3. Calcolare gli angoli a cui si osservano i successivi due picchi di diffrazione. (5 punti)

2 Esercizio 2

Una catena lineare monoatomica disposta lungo l'asse $\hat{x}$ è libera di muoversi nel piano $\hat{x}\hat{y}$. Siano $a = 2$ Å il parametro reticolare e $\rho = 13$ u.m.a. Å^{-1} la densità lineare.

1. Quante branche e di che tipo sono presenti? Disegnare in forma schematica le curve di dispersione fononica nella Prima Zona di Brillouin. (2 punti)
2. Se a bordo zona i valori delle branche acustiche sono $\omega_{AL} = 2 \cdot 10^{13}$ rad/s e $\omega_{AT} = 1.5 \cdot 10^{14}$ rad/s, quanto valgono le costanti di forza associate al moto lungo $\hat{x}$, α, e a quello lungo $\hat{y}$, β? (4 punti)
3. Determinare la velocità del suono. (4 punti)

4. Determinare la capacità termica per unità di volume a $T_1 = 400$ K, $T_2 = 3000$ K. (5 punti)

Nota aggiunta: per il calcolo della capacità termica nel modello di Debye utilizzare la seguente formula:

$$C_V(T) = \frac{4}{5}\pi^4 N K_B \left(\frac{T}{\theta_D}\right)^3 .$$

3 Esercizio 3

Si abbia un cristallo bidimensionale quadrato disposto lungo il piano xy. Il passo reticolare è $a = 2$ Å. Su ogni sito reticolare è posto un atomo bivalente con orbitali p_x e d_{xy}. Siano dati $|\gamma_{p,x}| = 0.2\,\text{eV}$ in direzione x e $|\gamma_{p,y}| = 0.25\,\text{eV}$ in direzione y, $|\gamma_d| = 0.6\,\text{eV}$, $E_p - \beta_p = 1.3\,\text{eV}$, $E_d - \beta_d = 6.5\,\text{eV}$, e si considerino nulli gli altri integrali.

1. Ricavare la forma esplicita delle bande $E_p(\vec{q})$ e $E_d(\vec{q})$ in approssimazione di tight binding e con interazione a primi vicini. (5 punti)

2. Disegnare le bande in direzione (1,0) e (0,1) e determinare se il cristallo si comporta come conduttore o isolante in tali direzioni. (5 punti)

3. Calcolare la massa efficace degli elettroni di conduzione ai vertici della prima zona di Brillouin. (5 punti)

4 Esercizio 4

Si abbia un semiconduttore drogato la cui costante di Hall vale $R_H = 2\,\text{C}^{-1}\text{m}^3$ nella regione di temperature tra $T_1 = 200\,\text{K}$ e $T_2 = 350\,\text{K}$. In tale regione il semiconduttore si trova in regime di saturazione.

1. Determinare se il semiconduttore è drogato di tipo p o di tipo n e la concentrazione di atomi donori o accettori. (5 punti)

2. Determinare l'energia della gap sapendo che le masse efficaci di elettroni e lacune sono uguali ed indipendenti dalla temperatura e che a T_2 la densità degli stati della banda di valenza vale $2.5 \times 10^{22}\,\text{m}^{-3}$. (5 punti)

3. Determinare la densità di portatori minoritari a $T_3 = 270\,\text{K}$. (5 punti)

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