Fisica della Materia Condensata.
Prova del II appello di esame - 10 Febbraio 2025

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 cristallizza in una struttura cubica semplice di parametro reticolare 0.36 nm. L'atomo A si trova in (0,0,0), l'atomo B si trova in -1/2(1,1,1). Il fattore di forma dell'atomo A vale il doppio dell'altro. Il cristallo viene studiato col 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 l'angolo al quale si osserva il terzo picco di diffrazione. (5 punti)
3. Determinare se si osserva diffrazione all'angolo determinato al punto precedente se i due atomi hanno lo stesso fattore di struttura. (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 $a = 1.5\,\text{Å}$ il parametro reticolare e $\rho = 6$ u.m.a. Å^{-1} la densità lineare. Siano dati i valori delle branche acustiche a bordo zona $\omega_{AL} = 1.55 \cdot 10^{13}$ rad/s e $\omega_{AT} = 0.63 \cdot 10^{13}$ rad/s.

1. Quante branche e di che tipo sono presenti? Disegnare le curve di dispersione dei fononi nella Prima Zona di Brillouin. Che tipo di branche si avrebbero se il cristallo fosse biatomico? (5 punti)
2. Determinare la velocità del suono. (5 punti)
3. Determinare la capacità termica per unità di volume a $T_1 = 20$ K e a $T_2 = 350$ K. (5 punti)

3 Esercizio 3

Un cristallo bidimensionale con reticolo quadrato nel piano x-y e di passo $a = 3.5$ Å, contiene N^2 atomi monovalenti con orbitale di valenza di tipo s. Utilizzando il modello del legame forte (*tight binding*), limitando l'interazione ai primi vicini e trascurando l'integrale di sovrapposizione α,

$$E(\vec{k}) = E - \beta - \sum_{\vec{R}} \gamma(R) e^{i\vec{k}\cdot\vec{R}}.$$

Si risponda alle seguenti domande:

1. Determinare l'espressione della banda $E(\vec{k})$, sapendo che l'integrale di sovrapposizione che compare nell'espressione della banda è $|\gamma| = 0.35$ eV e che $E - \beta = 1.6$ eV. (5 punti)

2. Determinare l'ampiezza della banda considerando il punto (0,0) e i vertici della prima zona di Brillouin. (5 punti)

3. Determinare se a T = 0 K gli stati sul perimetro della zona di Brillouin sono occupati. (5 punti)

4 Esercizio 4

Si abbia un semiconduttore drogato la cui costante di Hall vale $R_H = 2\,\mathrm{C}^{-1}\mathrm{m}^3$ in una certa regione di temperature. Le masse efficaci di elettroni e lacune sono uguali tra loro ed indipendenti dalla temperatura. L'energia della gap vale 0.5 eV.

1. Determinare in che regione si trova il semiconduttore, se è drogato di tipo p o di tipo n e la concentrazione di impurezze. (5 punti)

2. Determinare la temperatura a cui si ha il passaggio da regime intrinseco a regime di saturazione se la densità efficace degli stati della banda di valenza a tale temperatura vale $2 \times 10^{22}\,\mathrm{m}^{-3}$. (5 punti)

3. Determinare la densità di portatori minoritari a $T = 250\,\mathrm{K}$. (5 punti)

$K_B = 8.6167 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{eV\,K}^{-1}$, $h = 4.136 \cdot 10^{-15}$ eV s, 1 J $\cdot\, 1m^{-2} \cdot 1s^2 = 1Kg$, 1 eV $= 1.6 \cdot 10^{-19} J$.