Fisica della Materia Condensata.
Prof. Paola Gallo.
Prova del I appello di esame - 16 Gennaio 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

Siano dati due campioni A e B entrambi con base monoatomica. Uno dei due ha reticolo quadrato di parametro reticolare a e l'altro reticolo rettangolare di parametri reticolari b e c ($b < c$) e fattore di impacchettamento 0.51. I due campioni vengono studiati con una radiazione di lunghezza d'onda $\lambda = 3$ Å. Per il campione A i primi 3 picchi di diffrazione si osservano per angoli pari a 24.2, 34.5 e 49.57°. Per il campione B i primi 3 picchi di diffrazione si osservano per angoli pari a 30, 46.9 e 56.7°.

1. Studiare il fattore di struttura dei due reticoli (quadrato e rettangolare) e determinare per entrambi i primi tre vettori di reticolo reciproco che fanno diffrazione. (5 punti)
2. Identificare il tipo di reticolo dei campioni A e B. (5 punti)
3. Determinare i parametri reticolari a, b e c $\theta = 55°$. (5 punti)

2 Esercizio 2

Una catena lineare monoatomica è disposta e libera di muoversi lungo l'asse $\hat{x}$. Sia $M = 10$ u.m.a. la massa degli atomi nella catena e $\rho = 4.30$ u.m.a. $\mathring{A}^{-1}$ la densità lineare di massa e $v_s = 830$m/s la velocità del suono.

1. Ricavare la relazione di dispersione in approssimazione armonica e per interazione a primi vicini e disegnare le curve di dispersione fononica nella Prima Zona di Brillouin. (5 punti)
2. Determinare la costante di forza della catena, la temperatura di Debye e la capacità termica per unità di volume a $T = 700$ K. (5 punti)

3. Discutere la capacità termica per unità di volume a basse ed alte temperature per una catena lineare biatomica. (5 punti)

3 Esercizio 3

Un reticolo bidimensionale contiene $N_y = 2 \cdot 10^8$ file di atomi disposti lungo l'asse x, separate l'una dall'altra da una distanza $a = 2.0$ Å. Ogni fila contiene $N_x = 3 \cdot 10^8$ atomi monovalenti separati da $a = 2.0$ Å. Il potenziale cristallino a cui sono soggetti gli elettroni quasi liberi vale:

$$U = -U_1 \cos\left(\frac{2\pi}{a}x\right) - U_2 \cos\left(\frac{2\pi}{a}y\right)$$

dove $U_1 = 1.5$ eV, $U_2 = 1$ eV.

1. Disegnare la prima zona di Brillouin e indicare i valori del vettore $\vec{k}$ ai bordi zona nelle direzioni (1,0) e (0,1) e calcolarne il valore numerico. (5 punti)

2. Calcolare il valore delle gap che si aprono in corrispondenza dei termini del potenziale cristallino. (5 punti)

3. Determinare il comportamento del il cristallo. (5 punti)

4 Esercizio 4

Un semiconduttore viene drogato con densità di donatori $N_d = 10^{14} cm^{-3}$. L'energia della gap vale $E_G = 0.99eV$, l'energia di ionizzazione dei donatori è pari a $\epsilon_d = 10.5meV$. Le masse efficaci di elettroni e lacune sono uguali ed indipendenti dalla temperatura e pari a 3.7 10^{-30}Kg.

1. Il semiconduttore viene posto alla temperatura $T_1 = 10K$, determinare in quale regime si trova il semiconduttore e calcolare la densità di elettroni in banda di conduzione. (5 punti)

2. Il semiconduttore viene successivamente portato a $T_2 = 400K$. Si determini quanti livelli donori sono ionizzati e si calcoli di nuovo la densità di elettroni in banda di conduzione. (5 punti)

3. Si calcoli la conducibilità a $T_3 = 600K$ sapendo che la mobilità degli elettroni è pari a 0.75 m^2/Vs e che il tempo di rilassamento degli elettroni è pari a 3 volte quello delle lacune. (5 punti)

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