

Fisica della Materia Condensata.

Prof. Paola Gallo.

Prova del II appello di esame - 9 Febbraio 2022

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_2 che ha struttura *fcc* viene studiato con il metodo delle polveri ($\lambda = 1.5 \text{ \AA}$). I tre atomi sono individuati dai vettori di base $\vec{d}_A = \vec{0}$, $\vec{d}_{B_1} = \frac{a}{4}(1, 1, 1)$ e $\vec{d}_{B_2} = -\frac{a}{4}(1, 1, 1)$. Sia il fattore di forma dell'atomo A il doppio di quello dell'atomo B ($f_A = 2f_B$).

1. Studiare il fattore di struttura del cristallo e determinare quali riflessioni sono permesse. (5 punti)
2. Determinare il rapporto tra le intensità dei picchi associati alle famiglie di piani $\{1, 1, 1\}$, $\{1, 1, 2\}$ e $\{1, 1, 4\}$. (5 punti)
3. Se il parametro reticolare vale $a = 6.2 \text{ \AA}$, determinare l'angolo in corrispondenza del quale si trova il secondo picco. (5 punti)

2 Esercizio 2

Si assuma che un cristallo di litio metallico venga cresciuto mescolando in uguali proporzioni i due isotopi Li^5 e Li^9 . Si ottiene un reticolo cubico semplice, con lato del cubo a , nel quale i due isotopi sono regolarmente alternati nelle tre direzioni dello spazio. La densità del cristallo è 0.747 g/cm^3 . La dispersione della branca acustica triplamente degenere è $\omega_{ac} = \Omega \sin(ka/2)$ e il numero d'onde del fonone ottico a centro zona è 318 cm^{-1} .

1. Ricavare le pulsazioni ottica e acustica a bordo zona. (5 punti)
2. Ricavare la velocità del suono. (5 punti)
3. Ricavare la capacità termica a volume costante del solido per unità di volume a $T = 3 \text{ K}$ e a $T = 600 \text{ K}$. (5 punti)

3 Esercizio 3

Si consideri un ipotetico cristallo bidimensionale quadrato con reticolo anche esso quadrato nel piano x-y e di passo reticolare a , composto da N^2 atomi monovalenti con orbitale di valenza di tipo p_x . Utilizzando l'approssimazione di legame forte limitata ai primi vicini e trascurando l'integrale di sovrapposizione α si risponda alle seguenti domande:

1. Assumendo $E_{0p} - \beta = 0$, scrivere l'espressione esplicita dell'energia $E(k_x, k_y)$ sapendo che vi compaiono due integrali di trasferimento di moduli $|\gamma_1| = 0.8$ eV e $|\gamma_2| = 0.5$ eV. (5 punti)
2. Determinare $E(k_x, k_y)$ nei punti $(0,0)$, $(0, \frac{\pi}{a})$, $(\frac{\pi}{a}, 0)$ e $(\frac{\pi}{a}, \frac{\pi}{a})$ e le componenti m_{xx} e m_{yy} del tensore massa efficace. (5 punti)
3. Considerando gli elettroni p_x del sistema come se fossero totalmente liberi, confrontare il cerchio di Fermi con la prima zona di Brillouin e dire se a $T=0$ gli stati sul perimetro della ZB sono vuoti, occupati, o parzialmente occupati. (5 punti)

4 Esercizio 4

In un semiconduttore drogato con donatori si sono determinate le seguenti densità n di elettroni in funzione della temperatura:

T (K)	900	800	700	600	500
n (10^{13} cm^{-3})	1090	408	118,4	24,1	3,12

Si chiede di:

1. Determinare l'energia della gap del semiconduttore. (5 punti)
2. Trovare la densità del drogaggio. (5 punti)
3. Fissare un limite superiore all'energia di ionizzazione degli atomi donatori. (5 punti)

$$1 \text{ u.m.a.} = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g}, K_B = 1.38 \cdot 10^{-16} \text{ erg K}^{-1}, h = 6.63 \cdot 10^{-27} \text{ erg s.}$$