

Fisica della Materia Condensata.
Prof. Paola Gallo.
Prova del I appello di esame - 24 Gennaio 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 reticolo con simmetria cubica viene studiato col metodo delle polveri con lunghezza d'onda della radiazione incidente $\lambda = 2 \text{ \AA}$. Si osservano 4 picchi di diffrazione agli angoli: 45.27° , 77.88° , 96.96° , 125.47° .

1. Determinare se il reticolo studiato ha la struttura della zinoblenda. (5 punti)
2. Determinare se il reticolo studiato ha la struttura del diamante. (5 punti)
3. Calcolare la densità atomica del cristallo. (5 punti)

2 Esercizio 2

Un solido ha una struttura cubica semplice, con lato del cubo $a = 2 \text{ \AA}$ e una base di 2 atomi per cella di masse M_1 e M_2 . La massa dell'atomo più pesante è $M_1 = 4.5 \cdot 10^{-23} \text{ g}$. Supponiamo che il modo ottico sia triplamente degenerato e abbia frequenza 155 cm^{-1} , e che un esperimento fornisca i seguenti dati:

$\omega \text{ (rad/s)}$	$2,4 \times 10^8$	$3,6 \times 10^8$	5×10^8	12×10^{12}
$k \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	1200	1800	2500	$1,57 \times 10^8$

1. Spiegare a quali modi del reticolo si riferiscono i risultati dell'esperimento. Trovare la velocità del suono, la costante elastica, la massa M_2 e la densità del solido. (5 punti)

2. Determinare la temperatura di Debye del solido e la sua capacità termica per unità di massa a 10 K. (5 punti)
3. Determinare la capacità termica per unità di massa a 750 K giustificando le approssimazioni utilizzate. (5 punti)

3 Esercizio 3

Si consideri una catena lineare monoatomica di passo a , e lunghezza L , composta da N atomi monovalenti e disposta lungo l'asse z . Nell'approssimazione di tight-binding, considerando solo l'interazione a primi vicini, trascurando gli integrali di sovrapposizione α e β e date $E_{0s} = -0.5eV$, $E_{0px} = 4eV$, $|\gamma_s| = 3eV$ e $|\gamma_{px}| = 1eV$, si chiede di:

1. Ricavare l'espressione esplicita delle due bande in funzione di k , discutendo il segno degli integrali di sovrapposizione γ e graficare le due bande nella prima zona di Brillouin. (5 punti)
2. Determinare il valore del k di Fermi e dell'energia di Fermi, e determinare se il sistema ha comportamento metallico o isolante. (5 punti)
3. Determinare come cambiano l'energia di Fermi e il comportamento della catena se gli atomi sono bivalenti, e specificare per quali valori di k sono riempite le bande. (5 punti)

4 Esercizio 4

Un semiconduttore intrinseco con gap diretta E_g assorbe la radiazione di lunghezza d'onda minore di $1.25 \mu\text{m}$. La sua banda di conduzione intorno al minimo è descritta da $E_C = E_g + Ak^2$ con $A = 0.86 \times 10^{-26} \text{ erg cm}^2$. La densità di portatori intrinseci a temperatura ambiente è $n_i(300K) = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$. Il semiconduttore viene drogato con $N_d = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ donori. Sapendo che la loro energia di ionizzazione è 10.5 meV determinare:

1. La densità di portatori liberi alla temperatura di 20 K. (5 punti)
2. In che regime si trova il semiconduttore a 400 K. (5 punti)
3. La densità di portatori liberi totali alla temperatura di 400 K, con la massima precisione possibile. (5 punti)

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