

Fisica della Materia Condensata.  
Prof. Paola Gallo.  
Prova del IV appello di esame 1 Luglio 2022

## 1 Esercizio 1

Un solido monoatomico che cristallizza in una struttura cubica a facce centrate con lato del cubo  $a = 3 \text{ \AA}$  viene irraggiato da un fascio di raggi X monocromatici di lunghezza d'onda  $\lambda = 2 \text{ \AA}$ .

1. Determinare l'angolo al quale si osservano il terzo e il quarto picco di Bragg. (2.5 punti)
2. Se la temperatura di Debye del solido vale  $T_D = 250K$ , determinare la velocità del suono. (2.5 punti)
3. Determinare il valore del calore specifico a  $T_1 = 10K$  e a  $T_2 = 1000K$ . (2.5 punti)
4. Come cambierebbe il valore del calore specifico a  $T_2$  nel caso il cristallo fosse biatomico? (2.5 punto)

## 2 Esercizio 2

Una catena monoatomica lineare disposta lungo l'asse  $\hat{y}$  ha passo reticolare  $a = 2.5 \text{ \AA}$ , ed è formata da atomi bivalenti.

1. Scrivere la forma esplicita delle bande  $E_s(\vec{k})$  e  $E_{p_x}(\vec{k})$  in approssimazione tight binding per interazione a primi vicini da funzioni di tipo  $s$  e  $p_x$ , discutendo il segno degli integrali di sovrapposizione  $\gamma$ . Siano  $E_{0,s} = 1.2 \text{ eV}$ ,  $E_{0,p_x} = 2.3 \text{ eV}$ ,  $|\gamma_s| = 0.2 \text{ eV}$ ,  $|\gamma_{p_x}| = 0.7 \text{ eV}$ . (2.5 punti)
2. Disegnare le bande di energia. Determinare il valore dell'energia di gap a bordo e centro zona. (2.5 punti)
3. Determinare il  $k$  di Fermi, l'energia di Fermi e se il materiale si comporta come isolante o come conduttore. Descrivere come questi cambiano se gli atomi sono monovalenti. (2.5 punti)

4. Calcolare la massa efficace degli elettroni della banda  $s$  a centro zona. (2.5 punti)

### 3 Esercizio 3

In un semiconduttore intrinseco la gap di energia vale  $E_G = 1$  eV e il potenziale chimico si trova sempre a metà della gap proibita.

1. Se la densità di portatori intrinseci a  $T = 270K$  vale  $n_i(270K) = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ , determinare il numero di elettroni in banda di conduzione a  $T = 350K$  e la massa dei portatori di carica. (3 punti)
2. Il semiconduttore viene drogato con densità di donatori  $N_d = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  e posto alla temperatura  $T_1 = 30K$ . Sapendo che la loro energia di ionizzazione è di  $\epsilon_d = 10 \text{ meV}$ , determinare in quale regime si trova il semiconduttore e calcolare il numero di elettroni in banda di conduzione  $n(T)$ . (4 punti)
3. Si determini in quale regime si trova il semiconduttore alla temperature di  $T_2 = 750K$  e si determini la conducibilità in tale regime. (3 punti)

$1 \text{ u.m.a.} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ ,  $K_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$ ,  $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 6.58 \cdot 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$