

Fisica della Materia Condensata I
esame scritto finale - a.a. 2018/2019 - 17 Giugno 2019

(Tempo: 3 ore)

Si diano le valutazioni (numeriche) con 3 cifre significative.

Esercizio 1: *Modello di Drude/Sommerfeld con masse efficaci*

Considerare un metallo bivalente di densità atomica $n_{at}=6.0 \times 10^{22}$ atomi/cm³.

1. La velocità media degli elettroni soggetti all'azione di un campo elettrico $E=1.0$ V/cm è 12.7 cm/s. Determinare la massa efficace al livello di Fermi sapendo che gli elettroni subiscono in media 1.38×10^{14} urti al secondo. Darne il valore in unità di massa dell'elettrone libero m_0 .
2. Determinare l'energia di Fermi in eV.
3. Determinare il calore specifico a temperatura ambiente.

Esercizio 2: *Diffrazione da struttura cristallina zincoblenda*

Si consideri un semiconduttore cristallino con struttura zincoblenda, ad es. ZnSe. In tutto l'esercizio si descriva la struttura in questione *con riferimento alla cella cubica convenzionale*.

1. Specificare quanti atomi di ogni tipo ci sono nella cella cubica convenzionale, e scrivere le loro coordinate, considerando l'origine coincidente con uno degli atomi (etichettato "1").
2. Indicando con f_1 e f_2 i fattori di forma atomici dei due tipi atomici, scrivere l'espressione generica del fattore di struttura geometrico $S(\mathbf{k})$ su un vettore del reticolo reciproco della cella cubica convenzionale.
3. Dimostrare che $S(\mathbf{k})$ in questa struttura può assumere in generale solo i seguenti valori:

$$4(f_1 + f_2), \quad 4(f_1 - f_2), \quad 4(f_1 \pm if_2),$$

e scrivere le corrispondenti condizioni sui vettori di reticolo reciproco.

4. Perché compaiono i fattori "4" nei valori che assume $S(\mathbf{k})$?

Esercizio 3: Modello *Tight-binding*

Considerare un reticolo lineare lungo una direzione x , formato da atomi uguali bivalenti, con parametro reticolare $a=6 \text{ \AA}$. Supporre che sia la banda di valenza che quella di conduzione siano costituite da un solo tipo di orbitale (ad esempio, p_x per la valenza e s per la conduzione).

1. Utilizzando il modello *tight binding*, trascurando l'integrale di sovrapposizione e considerando solo interazione a primi vicini, scrivere l'espressione della dispersione delle due bande. I valori e i segni dei parametri di energia *on-site* e di *hopping* sono tali da dare due bande separate, e un *gap* di energia diretto. Fare un disegno qualitativo delle due bande, che poi si potrà perfezionare svolgendo l'esercizio.
2. Determinare l'ampiezza totale della banda di valenza in eV, sapendo che la massa degli elettroni a $k=0$ in banda di valenza è $m_v = 0.30 m_0$, con m_0 massa dell'elettrone libero.
3. Informazioni sul gap e sull'ampiezza delle bande coinvolte si possono dedurre dallo spettro di assorbimento dell'energia elettromagnetica nelle transizioni tra una banda e l'altra: supponendo che tale spettro mostri assorbimenti tra 1.0 eV e 5.0 eV, dire qual è l'energia di gap e l'ampiezza totale della banda di conduzione, sempre in eV. A questo punto rifare il disegno delle bande in modo preciso.
4. Quanto vale la massa degli elettroni in banda di conduzione a $k=0$ in unità di m_0 ?
5. Qual è la velocità di gruppo degli elettroni a $k=0$, sia in banda di valenza che in banda di conduzione?