

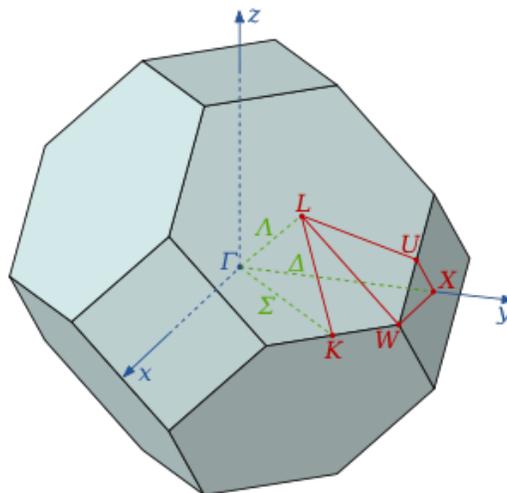
Fisica della Materia Condensata I
scritto finale
4 luglio 2016
(tempo 3h)

- Si diano tutti i passaggi necessari a capire in dettaglio il procedimento di soluzione. Risposte con il solo risultato o dettagli insufficienti non saranno considerate;
- Si diano le valutazioni numeriche con 3 cifre significative.

Esercizio 1: Modello a elettroni quasi liberi

Considerare i solidi elementari monovalenti del gruppo II (o 1B) (Cu, Ag, Au), che cristallizzano in struttura FCC. Si indichi con a la loro costante reticolare.

1. Considerando un modello ad elettroni quasi liberi, si calcoli il rapporto tra il volume della sfera di Fermi e quello della prima zona di Brillouin.
2. Dire (giustificando *quantitativamente* la risposta) se la sfera di Fermi è contenuta o no nella prima zona di Brillouin (v. figura).
3. Tali solidi elementari sono metalli o isolanti? La risposta richiede di svolgere il punto precedente o no?
4. Ci si può aspettare che il modello a elettroni quasi-liberi funzioni abbastanza bene per tali solidi? (giustificare la risposta)
5. Lo Stronzio (Sr) ha la stessa struttura FCC ma è bivalente. Ha densità di massa 2.60 g cm^{-3} and massa molare 87.6 g . Calcolare la densità atomica e il parametro reticolare.
6. È un metallo o no? Se sì, usando sempre il modello a elettroni quasi-liberi, calcolare la sua energia di Fermi E_F .



Esercizio 2: *Dinamica degli elettroni in un metallo unidimensionale*

Applicare il metodo *tight-binding* a un cristallo unidimensionale di costante reticolare a , con elettroni in orbitali s .

1. Derivare la relazione di dispersione della prima banda di energia $\mathcal{E}(k)$ con interazioni con i primi e i secondi vicini (indicare con γ e γ' i due integrali di *hopping*), considerando solo l'*overlap* a primi vicini (indicare con α tale integrale). Nella definizione di tali integrali, usare per i segni la stessa convenzione del libro di testo.
2. Fare un grafico di $\mathcal{E}(k)$ nella prima zona di Brillouin, considerando pari a zero la somma dell'energia del livello atomico e del termine *on-site*, e $\gamma=-1.2$ eV, $\gamma'=0.4$ eV, $\alpha=0.15$. Per confronto, indicare nello stesso grafico anche il risultato che si otterrebbe considerando solo l'interazione con i primi vicini e trascurando l'*overlap*.
3. Proseguire ora in quest'ultimo schema (solo primi vicini e no *overlap*). Assumere che la banda sia parzialmente riempita e indicare con n la densità lineare di elettroni. Considerare ora un campo elettrico applicato E statico e uniforme. Trovare l'espressione della velocità $v(t)$ di un singolo elettrone in funzione di E e degli altri parametri caratteristici del sistema.
4. Considerando $T=0K$, derivare l'espressione della densità di corrente $j(t)$ in funzione del tempo e del parametro n .
5. Qual è il valore massimo che può assumere n ? (ipotizziamo eventualmente di mediare su una lega, e che quindi anche valori intermedi fino al massimo siano possibili) Fare un grafico dell'ampiezza della densità di corrente in funzione di n . Per quali valori di n si ha il massimo della corrente? Commentare il risultato.
6. Considerare $a=5 \text{ \AA}$ e $E=10^2 \text{ V/cm}$. Calcolare la frequenza delle oscillazioni degli elettroni.