

Test intermedio autovalutativo su elettroni di Bloch
29/11/2022
(con soluzioni)

Domanda 1

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda

 Modifica
domanda

Il termine "tight-binding" si riferisce al fatto che:

Scegli un'alternativa:

- a. è stretta la separazione in energia tra i vari livelli atomici che concorrono a formare una banda
- b. c'è una stretta interazione tra gli orbitali atomici centrati su un sito e quelli vicini
- c. gli elettroni di valenza si possono considerare molto legati ai nuclei e l'estensione degli orbitali atomici è piccola rispetto al passo reticolare ✓
- d. viene applicato solo quando gli atomi sono a distanze piccole tra loro

Domanda 2

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna

domanda

 Modifica

domanda

Le superfici ad energia costante ai piani di Bragg:

Scegli un'alternativa:

- a. sono sempre perpendicolari al piano di Bragg ✓
- b. sono sempre tangenti al piano di Bragg
- c. possono essere perpendicolari al piano di Bragg
- d. possono essere tangenti al piano di Bragg

richiesta di chiarimento

Domanda 3

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

Contrassegna
domanda

Modifica
domanda

In un sistema 2D con struttura a bande descritta dalla legge di dispersione $E(\mathbf{k}) = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m^*} + \frac{\hbar^2 k_y^2}{2m^*}$ qual è la forma della "superficie" a energia costante?

Scegli un'alternativa:

- a. una sfera
- b. una linea
- c. un cerchio ✓
- d. un'ellisse

Domanda 4

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda Modifica
domanda

Quale di queste relazioni NON è corretta per elettroni di Bloch?

Scegli un'alternativa:

a.
$$\left(\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{1}{i} \nabla + \mathbf{k} \right)^2 + U(\mathbf{k}) \right) u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = E_{\mathbf{k}} u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r})$$

b.
$$\left[\frac{\hbar^2}{2m} (\mathbf{k} - \mathbf{K})^2 - E \right] c_{\mathbf{k}-\mathbf{K}} + \sum_{\mathbf{K}'} U_{\mathbf{K}'-\mathbf{K}} c_{\mathbf{k}-\mathbf{K}'} = 0$$

c.
$$\left(\frac{\hbar^2}{2m} q^2 - E \right) c_{\mathbf{q}} + \sum_{\mathbf{K}'} U_{\mathbf{K}'} c_{\mathbf{q}-\mathbf{K}'} = 0$$

d.
$$\left(\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{1}{i} \nabla - \mathbf{k} \right)^2 + U(\mathbf{k}) \right) u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = E_{\mathbf{k}} u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r})$$



Domanda 5

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

Contrassegna domanda

Modifica domanda

Le funzioni di Bloch sono scrivibili come:

Scegli un'alternativa:

- a. $\psi(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}} u(\mathbf{r})$ con $u(\mathbf{r}) = u(\mathbf{r} + \mathbf{R})$, \mathbf{R} vettore di reticolo di Bravais e \mathbf{k} vettore in spazio reciproco
- b. $\psi(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}} u(\mathbf{r})$ con $u(\mathbf{r})$ funzione arbitraria e \mathbf{k} vettore in spazio reciproco
- c. $\psi(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{K}\cdot\mathbf{r}} u(\mathbf{r})$ con $u(\mathbf{r}) = u(\mathbf{r} + \mathbf{R})$, \mathbf{R} vettore di reticolo di Bravais e \mathbf{K} vettore di reticolo reciproco
- d. $\psi(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{K}\cdot\mathbf{r}} u(\mathbf{r})$ con $u(\mathbf{r})$ funzione arbitraria e \mathbf{K} vettore di reticolo reciproco

Domanda 6

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda

 Modifica
domanda

Le funzioni di Bloch $\psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$:

Scegli un'alternativa:

- a. sono sempre funzioni periodiche con una periodicità che dipende da \mathbf{k}

- b. è impossibile che abbiano la periodicità del reticolo di Bravais
- c. sono sempre funzioni periodiche con una periodicità che dipende da \mathbf{k} e da n
- d. sono sempre funzioni periodiche con la periodicità del reticolo di Bravais

Domanda 7

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

Contrassegna
domanda

Modifica
domanda

Le funzioni di Bloch:

Scegli un'alternativa:

- a. in certe condizioni sono scrivibili come $\psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}} u_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ con $u_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ che ha la periodicità del reticolo di Bravais
- b. sono sempre scrivibili come $\psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}} u_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ con $u_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ che ha la periodicità del reticolo di Bravais
- c. in certe condizioni hanno la proprietà che $\psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r} + \mathbf{R}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{R}} \psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ con \mathbf{R} vettore del reticolo di Bravais
- d. sono sempre scrivibili come $\psi_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{R}} u_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ con $u_{n,\mathbf{k}}(\mathbf{r})$ che ha la periodicità del reticolo di Bravais e \mathbf{R} vettore del reticolo di Bravais

Domanda 8

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

Contrassegna
domanda

Modifica

domanda

Una funzione di Bloch si può scrivere in termini di trasformate di Fourier:

Scegli un'alternativa:

a. $\psi(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{K}} c_{\mathbf{q}-\mathbf{K}} e^{i(\mathbf{q}-\mathbf{K})\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{K} vettori di reticolo reciproco



b. $\psi(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{K}} c_{\mathbf{K}} e^{i\mathbf{K}\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{K} vettori di reticolo reciproco

c. $\psi(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{q}} c_{\mathbf{q}} e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{q} del tutto generico

d. $\psi(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{K}} c_{\mathbf{q}-\mathbf{K}} e^{i\mathbf{K}\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{K} vettori di reticolo reciproco

risultato:
1./2.

Domanda 9

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda

 Modifica
domanda

Un numero di elettroni pari per cella

Scegli un'alternativa:

- a. dà sempre origine a un isolante o a un semiconduttore
- b. non garantisce che una banda sia tutta piena ✓
- c. garantisce che una banda sia tutta piena
- d. dà sempre origine a un metallo

risultato:
0.75/2.

Domanda 10

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna domanda Modifica domanda

Un potenziale cristallino periodico con la periodicità del reticolo di Bravais $\{\mathbf{R}\}$ si può scrivere in termini di trasformate di Fourier:

Scegli un'alternativa:

- a. $U(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{q}} U_{\mathbf{q}} e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{q} del tutto generico
- b. $U(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{K}} U_{\mathbf{K}} e^{i\mathbf{K}\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{K} vettori di reticolo reciproco
- c. $U(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{K}} U_{\mathbf{q}+\mathbf{K}} e^{i(\mathbf{q}+\mathbf{K})\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{K} vettori di reticolo reciproco
- d. $U(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{K}} U_{\mathbf{q}+\mathbf{K}} e^{i\mathbf{K}\cdot\mathbf{r}}$ con \mathbf{K} vettori di reticolo reciproco

Domanda 11

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

Contrassegna
domandaModifica
domanda

Considerare elettroni confinati in 1D, con un potenziale debole periodico descritto dalla serie di Fourier: $V(x) = V_0 + V_1 \cos \frac{2\pi x}{a} + V_2 \cos \frac{4\pi x}{a} + \dots$. Il gap di energia (al I ordine) a $k = \frac{\pi}{a}$ è:

Scegli un'alternativa:

 a. $2V_1$ b. V_1  c. V_0 d. $V_1/2$

risultato:
0.25/2.

Domanda 12

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda

 Modifica
domanda

Quando si parla di "banda riempita per metà", occorre considerare:

Scegli un'alternativa:

- a. il valore di mezzo tra gli estremi della banda in energia
- b. una porzione della zona di Brillouin pari a metà del suo volume ✓
- c. una porzione della zona di Brillouin pari a metà del suo volume e che contenga l'origine
- d. una porzione della zona di Brillouin pari a metà del suo volume e che non contenga l'origine

risultato:
1./2.

Domanda 13

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda Modifica
domanda

Si consideri un campione di un cristallo 1D con costante reticolare a di lunghezza totale L . Dove si osservano i gap delle bande di energia sul grafico di $E(k)$? (n è un numero intero)

Scegli un'alternativa:

- a. A $k = n \frac{\pi}{L}$
- b. A $k = n \frac{\pi}{2a}$
- c. A $k = n \frac{\pi}{2L}$
- d. A $k = n \frac{\pi}{a}$



Domanda 14

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

 Contrassegna
domanda

 Modifica
domanda

In 1D in un punto k le bande di energia:

Scegli un'alternativa:

- a. non si può dire nulla; il grado di degenerazione dipende dalla forma specifica di $E(k)$
- b. non possono essere degeneri
- c. possono essere al massimo doppiamente degeneri ✓
- d. possono avere al massimo degenerazione 4

Domanda 15

Risposta corretta

Punteggio ottenuto

2,00 su 2,00

Contrassegna
domanda

Modifica
domanda

Utilizzando concetti tipici dell'approccio tight-binding, l'ampiezza di una banda di energia dipende (selezionare la risposta migliore):

Scegli un'alternativa:

- a. dal valor medio della banda
- b. dall'integrale di *overlap*
- c. dall'integrale di *hopping*
- d. solo dalla separazione tra gli atomi