

1. En un cristall unidimensional de paràmetre de xarxa a i electrons lliures:

- a) Dibuixeu les 5 bandes d'energia més baixa en l'esquema estès i en l'esquema reduït. Indiqueu, en els dos esquemes, els estats degenerats ($\mathcal{E}_{k+G} = \mathcal{E}_{k+G'}$).
- b) Si es considera un potencial pertorbatiu

$$\mathcal{V}(x) = \alpha \cos\left(\frac{4\pi}{a}x\right)$$

calculeu els coeficients $\mathcal{V}_m$ tals que $\mathcal{V}(x) = \sum_m \mathcal{V}_m e^{i2\pi mx/a}$.

- c) Com es modifiquen les bandes d'electrons lliures si s'aplica la teoria de pertorbacions de primer ordre amb el potencial $\mathcal{V}(x)$?
2. Demostreu que el moment lineal total d'un cristall monoatòmic unidimensional de N àtoms de massa M en el que hi ha excitat un fonó, de vector d'ona $q \neq 0$, és igual a zero.
- Si els fonons no tenen moment lineal total, expliqueu (no cal fer la demostració) quines lleis de conservació s'han de complir en el cas que un neutró absorbeixi un fonó.
3. Quins són els vectors de la xarxa recíproca que donen lloc a reflexions d'un feix de partícules incidents en el cas d'un cristall amb xarxa de Bravais cúbica centrada en cares (de paràmetre a) i amb una base de:
- a) Un Al a l'origen.
 - b) Un C a $(0, 0, 0)$ i un altre C a $(1, 1, 1)a/4$.
 - c) Un Ca a $(0, 0, 0)$ i dos F a $\pm(1, 1, 1)a/4$.

4. Digueu si són certes o falses les afirmacions següents i **justifiqueu** la vostra resposta:

- a) La massa dels ions és molt més gran que la dels electrons, per tant, en l'aproximació adiabàtica, l'energia dels electrons no influeix en el càlcul de l'energia dels ions.
- b) El nombre d'estats entre les energies $\mathcal{E}$ i $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$ és proporcional al volum de l'espai recíproc entre les dues superfícies d'energia constant, $\mathcal{E}$ i $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$.
- c) Amb experiments de fotoemissió sense resolució d'angle es pot dibuixar la densitat d'estats per sota del nivell de Fermi.
- d) La contribució dels fonons a la calor específica (en tres dimensions) es proporcional a T^3 només a temperatures baixes.
- e) El forats tenen massa efectiva positiva.

1. En un cristal unidimensional de parámetro de red a y electrones libres:

- a) Dibuje las 5 bandas de energía más baja en el esquema extendido y en el esquema reducido. Indique, en los dos esquemas, los estados degenerados ($\mathcal{E}_{k+G} = \mathcal{E}_{k+G'}$).
- b) Si se considera un potencial perturbativo

$$\mathcal{V}(x) = \alpha \cos\left(\frac{4\pi}{a}x\right)$$

calcule los coeficientes $\mathcal{V}_m$ tales que $\mathcal{V}(x) = \sum_m \mathcal{V}_m e^{i2\pi mx/a}$.

- c) ¿Cómo se modifican las bandas de electrones libres si se aplica la teoría de perturbaciones de primer orden con el potencial $\mathcal{V}(x)$?
2. Demuestre que el momento lineal total de un cristal monoatómico unidimensional de N átomos de masa M en el que hay excitado un fonón, de vector de onda $q \neq 0$, es igual a cero.
- Si los fonones no tienen impulso, explique (no hace falta hacer la demostración) cuáles leyes de conservación se han de cumplir en caso de que un neutrón absorba un fonón.
3. Cuáles son los vectores de la red recíproca que dan lugar a reflexiones de un haz de partículas incidentes en el caso de un cristal con red de Bravais cúbica centrada en caras (de parámetro a) y con una base de:
- a) Un Al en el origen.
 - b) Un C en $(0, 0, 0)$ y otro C en $(1, 1, 1)a/4$.
 - c) Un Ca en $(0, 0, 0)$ y dos F en $\pm(1, 1, 1)a/4$.
4. Diga si son ciertas o falsas las afirmaciones siguientes y **justifique** su respuesta:

- a) La masa de los iones es mucho más grande que la de los electrones, por lo tanto, en la aproximación adiabática, la energía de los electrones no influye en el cálculo de la energía de los iones.
- b) El número de estados entre las energías $\mathcal{E}$ y $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$ es proporcional al volumen del espacio recíproco entre las dos superficies de energía constante, $\mathcal{E}$ y $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$.
- c) Con experimentos de fotoemisión sin resolución de ángulo se puede dibujar la densidad de estados por debajo del nivel de Fermi.
- d) La contribución de los fonones al calor específico (en tres dimensiones) se proporcional a T^3 sólo a temperaturas bajas.
- e) Los huecos tienen masa efectiva positiva.