DS PHYSIQUE DU SOLIDE - 19 MARS 2020

Exercice.

1) $-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Phi = E\Phi$

2) $-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2\varphi_x}{\partial x^2}\varphi_y\varphi_z + \varphi_x\frac{\partial^2\varphi_y}{\partial y^2}\varphi_z + \varphi_x\varphi_y\frac{\partial^2\varphi_z}{\partial z^2}\right) = E\varphi_x\varphi_y\varphi_z$

On divise par Φ. La division est valable si $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z \neq 0$. On peut montrer qu'on obtient le même résultat pour les valeurs de (x, y, z) telles que $\Phi = 0$

+ On pose $E = E_x + E_y + E_z$ tel que

$$\begin{cases} -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{1}{\varphi_x}\frac{\partial^2\varphi_x}{\partial x^2} = E_x \\ -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{1}{\varphi_y}\frac{\partial^2\varphi_y}{\partial y^2} = E_y \\ -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{1}{\varphi_z}\frac{\partial^2\varphi_z}{\partial z^2} = E_z \end{cases}$$

On obtient $\frac{\partial^2\varphi_x}{\partial x^2} + k_x^2\varphi_x = 0$; de même pour y et z

$\Leftrightarrow \boxed{E = \frac{\hbar^2}{2m}(k_x^2 + k_y^2 + k_z^2)}$

3) $\varphi_z(z) = A_z e^{ik_z z} + B_z e^{-ik_z z}$

$\varphi_z(0) = A_z + B_z \Rightarrow B = -A$

$\varphi_z(a) = A_z . 2i \sin(k_z a) = 0$

$\boxed{k_z = \frac{n_z\pi}{a}}$ $n_z \in \mathbb{N}^*$ et $E_z = \frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{n_z\pi}{a}\right)^2$

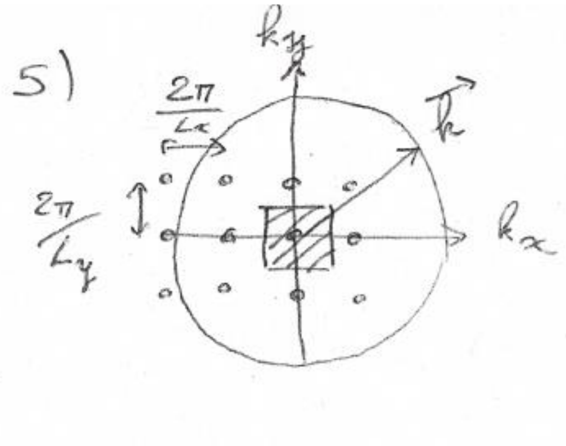
4) $\varphi_x(0) = \varphi_x(L_x)$ et $\varphi_x = A_x e^{ik_x x}$ ($B_x = 0$ car avec BVK on néglige l'onde reflechie)

$1 = e^{ik_x L_x}$

$\boxed{k_x = \frac{2\pi n_x}{L_x}}$ avec $n_x \in \mathbb{Z}^*$ $\boxed{E_x = \frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{2\pi n_x}{L_x}\right)^2}$

De même, $\boxed{k_y = \frac{2\pi n_y}{L_y}}$ $n_y \in \mathbb{Z}^*$ $E_y = \frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{2\pi n_y}{L_y}\right)^2$

5)



$N(\vec{k})$ est le nombre d'états (o) dans le cercle de rayon $\|\vec{k}\|$

$$N(\vec{k}) = \frac{\text{Aire du disque}}{\text{Surface pour 1 état}} = \frac{\pi k^2}{\left(\frac{2\pi}{L}\right)^2}$$

$$N(\vec{k}) = \frac{k^2 L^2}{4\pi}$$

6) $k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$ (avec $k = k_x + k_y$, $E = E_x + E_y$)

donc $N(E) = \frac{L^2}{4\pi}\left(\frac{2mE}{\hbar^2}\right) \times 2 \; \frac{1}{L^2} = \frac{mE}{\pi\hbar^2}$

spin — par unité de surface

$n(E) = N'(E) = \frac{m}{\pi\hbar^2}$ ne dépend pas de E.

7)

$$\Delta E_x = E_2 - E_1 = \frac{\hbar^2}{2m^*}\left(\frac{2\pi}{L}\right)^2\left(2^2 - 1^2\right) = \frac{(1{,}1\ 10^{-34})^2 \times 4\pi^2}{2 \times 0{,}041 \times 9{,}1 \times 10^{-31} \times (10^{-2})^2} \times 3$$

$$= 1{,}92 \cdot 10^{-31}\ \text{J} = 1{,}2 \cdot 10^{-12}\ \text{eV} = \Delta E_y$$

$$\Delta E_z = \frac{\hbar^2}{2m^*}\left(\frac{\pi}{a}\right)^2\left(2^2 - 1^2\right) = \frac{(1{,}1 \cdot 10^{-34})^2}{2 \times 0{,}041 \times 9{,}1 \times 10^{-31}} \times \frac{\pi^2}{(10^{-8})^2} \times 3$$

$$= 4{,}8 \cdot 10^{-20}\ \text{J} \simeq 0{,}3\ \text{eV}$$

↳ x, y pseudocontinuum d'états

z sous bandes tous les 0,3 eV.

Questions de cours

1. Réseau CFC avec 2 atomes par motif
2. Métal – E_F dans une bande d'états permis. Isolant : E_F dans le gap
   A. Isolant B. métal C. Semiconducteur (gap plus petit)

3. Espace réciproque : transformée de Fourier de l'espace réel.
   Equivalent de $\vec{r}$ dans l'espace réciproque : $\vec{k}$
4. Electron de valence : électron sur les orbitales de nombre quantique principal le plus élevé (Réponse acceptable : couche d'énergie la + élevée)
   Phosphore $3s^2 3p^3$: $2+3 = 5$ électrons de valence
5. Une vibration du réseau cristallin
   Processus physique : capacité thermique, résistivité, acoustique, relax optique, [illegible]