

PHYSIQUE DU SOLIDE ET NANOSCIENCES

Exercice 1. Questions de cours

Répondre brièvement aux questions suivantes.

- 1) Dans le domaine des semiconducteurs, qu'est-ce que le dopage ?
- 2) La conductivité électrique dans le modèle des électrons libres de Drude est donnée par : $\sigma = \frac{nq^2\tau}{m}$. Donner le nom et les unités des grandeurs n , q , τ et m .

Exercice 2. Gaz d'électrons libres à deux dimensions

On considère N électrons de masse m , sans interaction, enfermés dans une surface carrée de côté L . Le potentiel constant à l'intérieur de la surface est choisi comme origine des énergies.

- 1) Ecrire l'équation de Schrödinger pour un électron en explicitant l'expression de l'hamiltonien.
 - 2) Pour résoudre cette équation, on cherche des solutions à variables séparées du type $\Phi(x, y) = \varphi_x(x) \cdot \varphi_y(y)$. Montrer qu'il suffit alors de résoudre deux équations différentielles indépendantes pour obtenir les solutions de l'équation de Schrödinger. Indication : définir deux énergies E_x et E_y telles que l'énergie $E = E_x + E_y$.
 - 3) Donner la forme des solutions de ces équations différentielles et l'expression des énergies permises.
 - 4) En utilisant les conditions aux limites de Born-von-Karman, donner les fonctions d'onde et énergies permises quantifiées pour un électron. Il n'est pas nécessaire de normaliser les fonctions d'onde obtenues.
 - 5) Représenter dans l'espace réciproque (k_x, k_y) les états \vec{k} permis. Quelle est la surface occupée par un état \vec{k} ?
 - 6) Quel contour géométrique définissent les vecteurs \vec{k} de même énergie ? A l'intérieur de ce contour géométrique on cherche le nombre total $N(k)$ de vecteurs \vec{k} . Montrer que $N(k) = \alpha k^2$ avec α une constante que l'on déterminera.
- Soit $N^*(k) = N(k)/L^2$ le nombre d'états \vec{k} par unité de surface.
- 7) Déterminer l'expression du nombre $N(E)$ d'états électroniques à partir de $N^*(k)$. Ne pas oublier que d'après le principe de Pauli à chaque vecteur \vec{k} correspondent deux états (spin up et spin down).
 - 8) La densité $D(E)$ d'états électroniques est égale à $\frac{dN(E)}{dE}$. Montrer que $D(E)$ est égale à Cm où C est une constante que l'on déterminera.