

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2012

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

98-Phys-A6 PHYSIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE

Question 1 (10 points)

- a) Expliquer la différence entre les isolants, les métaux et les semi-conducteurs en termes de bandes d'énergie lorsque ces matériaux sont en phase solide cristallin. (6 points)
- b) Expliquer brièvement pourquoi les isolants cristallins sont généralement transparents dans le spectre visible. (4 points)

Question 2 (10 points)

Expliquer le théorème de Bloch.

Question 3 (15 points)

Soit un semi-conducteur de type p.

- a) Expliquer qualitativement la variation de la conductivité électrique en fonction de la température. (10 points)
- b) Esquisser cette variation sur un graphique en utilisant une échelle logarithmique pour la conductivité et une échelle en $1/T$ pour la température, et indiquer la pente de la courbe à haute température. (5 points)

Question 4 (15 points)

Le sodium cristallin possède une structure cubique à faces centrées avec un paramètre de maille $a = 0,423 \text{ nm}$ et une masse molaire atomique de 23 g .

- a) Quelle est la densité massique (en g/cm^3) de ce matériau ? (10 points)
- b) Pour un atome du réseau, quel est le nombre de plus proches voisins ? (5 points)

Question 5 (10 points)

- a) Quelle différence y a-t-il entre un semi-conducteur de type p et de type n du point de vue niveau de Fermi ? (5 points)
- b) Qu'appelle-t-on un semi-conducteur dégénéré ? (5 points)

Question 6 (15 points)

Le silicium cristallin est le semi-conducteur le plus utilisé dans la fabrication de composants électroniques. Dans ce matériau, concentration intrinsèque est de $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, les mobilités des électrons et des trous sont respectivement de 1500 et $500 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ à la température de 300 K. Soit un cristal de silicium dopé avec des atomes de bore à une concentration de 10^{17} cm^{-3} .

- a) Quel est le type de conductivité du matériau dopé ? Expliquer brièvement. (5 points)
- b) Calculer la conductivité électrique du matériau dopé à la température de 300 K. (10 points)

Question 7 (10 points)

Expliquer l'effet Meissner.

Question 8 (5 points)

La capacité calorifique d'un certain matériau est proportionnelle à $T^{3/2}$ aux basses températures. Ce matériau est-il isolant ou conducteur électrique ? Expliquer.

Question 9 (10 points)

Pour une chaîne d'atomes diatomique, la relation de dispersion de phonons $\omega(k)$ a deux branches données par les signes + et - de l'équation suivante :

$$\omega^2 = C \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) \pm C \left[\left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)^2 - \frac{4}{M_1 M_2} \sin^2 \frac{ka}{2} \right]^{1/2}$$

où ω est la fréquence angulaire, C est la constante de force entre deux atomes voisins, M_1 et M_2 sont les masses des atomes dans la cellule unitaire, k est le vecteur d'onde et $a = M_1/M_2$.