

Examen de physique des matériaux
Session de Janvier 2022
(Documents non autorisés)

Exercice 1 :

Décrire les expériences de lévitation d'un aimant placé au-dessus d'un supraconducteur.

- Quel est le mécanisme responsable de la lévitation ?
- Où se trouvent les courants supraconducteurs dans ce cas ?
- Citer quelques matériaux supraconducteurs à haute température critique ?
- Quels sont les enjeux et les difficultés liés à l'utilisation des matériaux supraconducteurs dans les domaines de l'électronique et de l'énergie.

Exercice 2 :

Calculez la fréquence propre d'une impureté de masse $M \neq m$ à la position $n=0$ dans une chaîne linéaire. Utilisez une solution de la forme $u_n = A \exp(-K|n| - i\omega t)$ pour le déplacement des atomes. (Notez que K est complexe.)

- Écrire les équations du mouvement et obtenir une expression de ω
- Sachant que ω doit être réel pour que ce soit une onde, en découler une condition sur K .
- En se servant de la condition sur K , dessiner à quoi ressemble le mode de vibration.
- Résoudre K et ω . Pour quelles valeurs de M le mode est-il localisé ?

Exercice 3 :

Dans les halogénures alcalins (cristaux dont les éléments sont de la 1^{re} et la 7^{ème} colonnes), on peut considérer les ions comme des sphères dures de rayon r^+ (cation) et r^- (anion).

- Quelle inégalité doit satisfaire le rapport r^-/r^+ pour que, dans le réseau cubique simple (structure CsCl), les ions $+$ et $-$ se touchent le long de la diagonale sans que les plus gros des ions de même signe aux sommets du cube ne se recouvrent partiellement ?
- Quelle inégalité doit satisfaire le rapport r^-/r^+ pour que dans le réseau cubique à faces centrées les ions de signes opposés disposés le long des faces du cube se touchent sans que les plus gros des ions de même signe ne se recouvrent partiellement ?
- Selon ces deux hypothèses (soit cristal CS et CFC), montrez que le CsCl est susceptible de cristalliser soit avec le réseau cubique simple, soit avec le réseau cubique à faces centrées en vérifiant les inégalités obtenues en a) et b). Évaluer dans ces deux hypothèses la distance r_0 entre plus proches voisins de signes opposés et le paramètre de maille du cube. Faites la même chose pour le NaCl. Est-ce que le NaCl peut cristalliser dans ces deux formes ? Utilisez les valeurs $r^+(\text{Na}^+) = 0.98 \text{ \AA}$, $r^+(\text{Cs}^+) = 1.67 \text{ \AA}$, $r^-(\text{Cl}^-) = 1.81 \text{ \AA}$.
- Utilisez la formule de l'énergie de cohésion (U_c) afin de calculer le rapport $U_c(\text{cs})/U_c(\text{cfc})$ pour le CsCl et NaCl. Pouvez-vous maintenant montrer que le CsCl cristallise dans la forme cubique simple ? Utilisez $\rho = 0.345 \text{ \AA}$, $\alpha_{\text{CFC}} = 1.747565$ et $\alpha_{\text{CS}} = 1.762675$.