

Université de Bourgogne
L3 Physique - PHYSIQUE QUANTIQUE DU SOLIDE
Prof. A. Dereux
Examen écrit - 22 juin 2021
Calculatrice (hors smartphone) et documents autorisés

Question 1 (8 points)

Considérer les propositions suivantes. Pour chacune d'entre elles, déterminer si elle est vraie ou fausse sur la base d'un raisonnement, éventuellement illustré par un croquis (propre et lisible), long de dix à quinze lignes.

- (1) Dans une expérience de diffraction par un cristal, le contenu de la maille primitive du réseau direct se déduit des formules de la condition de Laue et de la diffraction de Bragg.
- (2) Dans l'approximation de Hartree appliquée à un atome à plusieurs électrons, les interactions entre électrons sont complètement négligées.
- (3) Lorsque la température est stabilisée, l'état de vibration d'un cristal est une combinaison linéaire des états propres de vibrations (phonons) du cristal.
- (4) Deux atomes non ionisés (chacun ayant une charge globale nulle) n'interagissent entre eux que par l'interaction de gravitation.

Question 2 (4 points)

Pour chacune des particules incidentes suivantes, déterminer si une forme de fonction diélectrique ($\epsilon(\mathbf{k}, \omega)$, $\epsilon(\mathbf{k}, \omega=0)$, $\epsilon(\mathbf{k} \rightarrow 0, \omega)$ ou aucune) peut être utilisée pour modéliser de façon pertinente l'interaction avec un échantillon solide cristallisé sous la forme d'un réseau cubique simple de paramètre cristallin $a = 0,39 \text{ nm}$.

- (a) Photon d'énergie 1eV (NB : $c = 2,997925 \cdot 10^8 \text{ m}$)
- (b) Electron d'énergie cinétique 10 eV (NB : masse de l'électron $m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)
- (c) Neutron d'énergie cinétique 1 eV (NB : masse du neutron $m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

Question 3 (8 points)

Les figures 1 et 2 représentent les relations de dispersion de deux cristaux A et B. Dans ces figures:

- "Reduced wavevector coordinate" en abscisses signifie vecteurs d'ondes en unité $2\pi/a$ où a est le paramètre cristallin.
 - L'unité λ^{-1} en ordonnées est l'inverse de longueur d'onde de la lumière dans le vide même si les relations de dispersion ne concernent pas la lumière. Pour déduire la fréquence ν , il faut faire usage de la relation $\lambda\nu = c$ où c est la vitesse de la lumière dans le vide.
- (a) Sur la base de ces figures, expliquer quel cristal correspond à InAs et à et quel cristal correspond à SrCl_2 .
 - (b) Considérons le cristal B. Quelles branches sont excitées à basses températures inférieures à 20 K). Quelle formule peut approximer la densité d'états à de telles basses températures.
 - (c) Considérons le cristal B. Quelles branches (traits continus ou interrompus) correspondent aux modes de vibrations transverses ? Justifier la réponse.
 - (d) Considérons le cristal B. Dans quelle domaine de fréquences la densité d'états des phonons sera-t-elle la plus élevée ? Ces modes sont-ils excités à température ambiante (300 K) ?

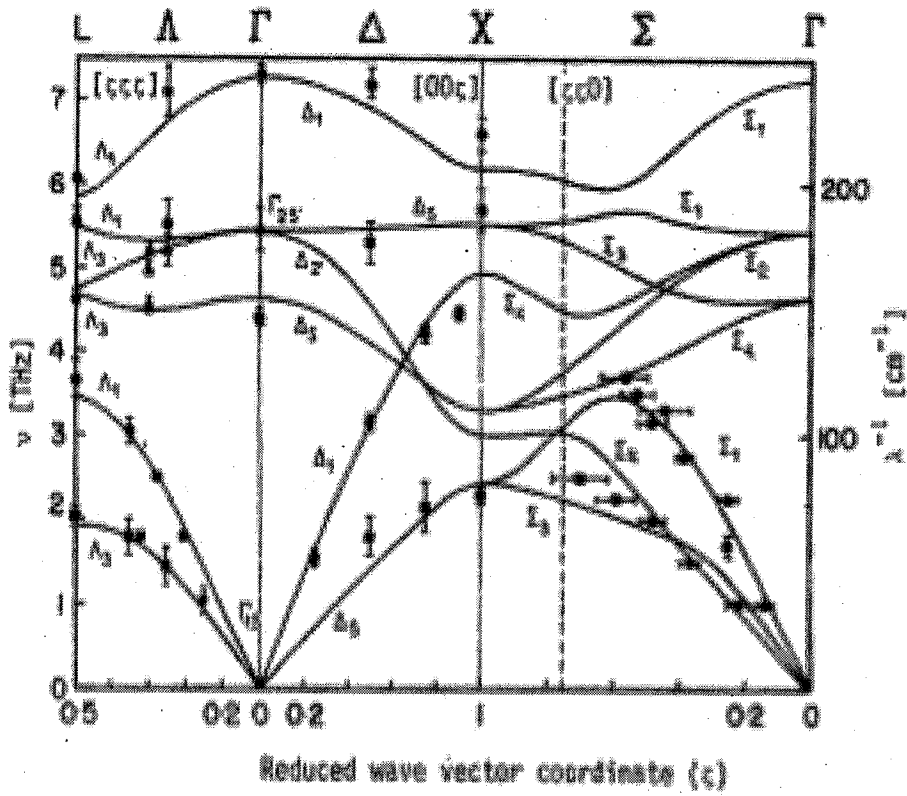


Fig.1. Relations de dispersion des phonons du cristal A (A. Sadoc *et al.*, J. Chem. Phys. Solids **37**, 197 (1976)).

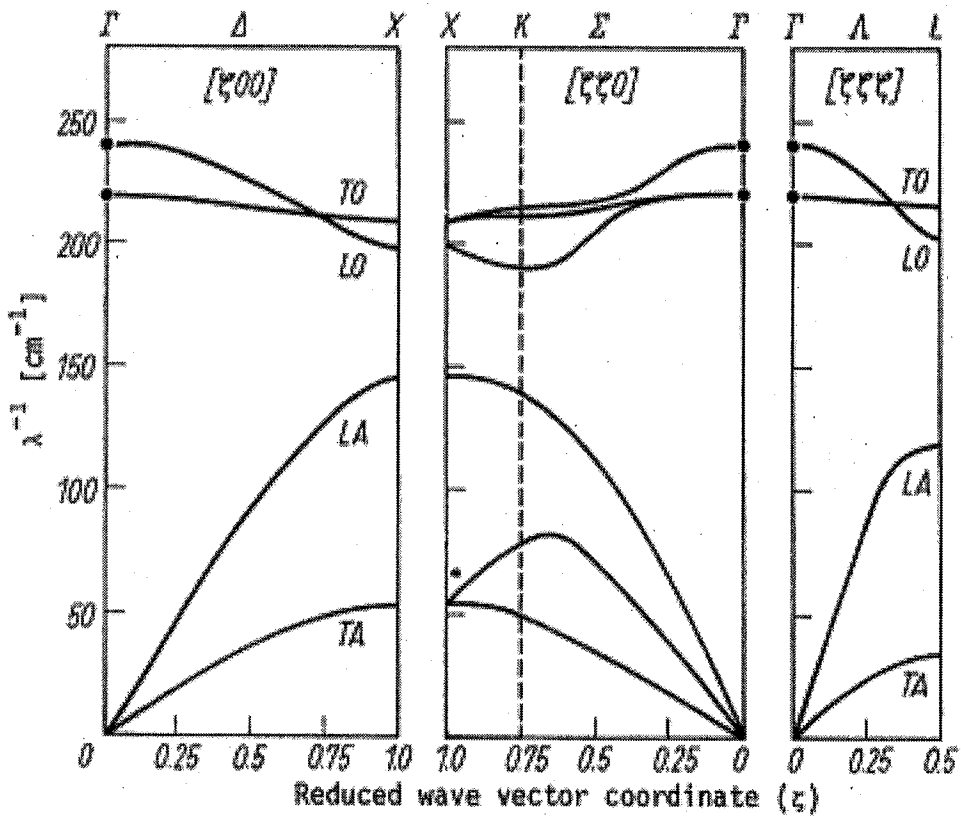


Fig.2. Relations de dispersion des phonons du cristal B (D.N. Talwar & B.K. Agrawal, Phys. Status Solidi (b) **63**, 441 (1974)).