

Exercicis de Física d'Estat Sòlid. Propietats tèrmiques

Exercici 1.- En un sòlid a temperatura T , trobar la freqüència més probable dels fonons utilitzant l'aproximació de Debye

Exercici 2.- Utilitzant el model de Debye, calculeu la freqüència màxima dels modes de vibració d'una xarxa cúbica simple de constant $a = 3 \text{ \AA}$ en què la velocitat del so és $c = 4.2 \times 10^5 \text{ cm/s}$.

Exercici 3.- La calor específica de la xarxa cristal·lina d'una determinada forma de carboni s'ha mesurat experimentalment i per un rang de temperatures molt baixes és proporcional a T^2 . Què podem dir sobre l'estructura d'aquesta fase particular del carboni?

Exercici 4.- Estimar el recorregut lliure mitjà dels fonons al Ge a 300 K, utilitzant les dades següents: $k = 80 \text{ W/mK}$, $\theta_D = 360 \text{ K}$, massa atòmica 72.6 g/mol , $\rho = 5500 \text{ Kg/m}^3$, $c = 4500 \text{ m/s}$.

Exercici 5.- La relació de dispersió d'una cadena de longitud L de N àtoms de massa M es pot aproximar per $w^2(k) = A(1 - \cos(ka)) + B(1 - \cos(2ka))$, on a és el paràmetre de xarxa i A i B constants d'acoblament entre els primers i els segons veïns, respectivament.

- Determinar la velocitat de grup de les ones elàstiques a la cadena.
- Determinar quines longituds d'ona produeixen ones estacionàries.
- Determinar la velocitat de propagació del so.
- Determinar la densitat general de modes, la de Debye i el vector d'ones de Debye.
- Discutir quins dels parells de valors següents (A , B) són físicament possibles: $(30, 15)$, $(30, -15)$, $(30, 5)$, $(30, -5)$. Aquests valors estan donats en unitats MKS. quines són aquestes unitats?

Exercici 6.- Raonar breument la veracitat o falsedat de les afirmacions següents:

- Per una $T = 80 \text{ K}$, la capacitat calorífica d'un sòlid amb temperatura de Debye $\theta_D = 100 \text{ K}$ serà més gran que la d'un altre amb $\theta_D = 200 \text{ K}$.
- La mínima longitud d'ona dels fonons en un sòlid és menor com més gran sigui la constant de xarxa.

Exercici 7.- Suposem un sòlid amb freqüència de Debye $\omega_D = 7.8 \times 10^{13} \text{ rad/s}$. Quan s'escalfa de 30 K a 300 K , augmenta o disminueix el seu o la seva

- nombre de fonons amb freqüència $\omega = 10^{11} \text{ s}^{-1}$
- conductivitat tèrmica reticular?

Exercici 8. Pronunciar-se sobre la veracitat o falsedat de les afirmacions següents relatives a un sòlid cristal·lí a temperatura T

- Els fonons de baixa freqüència són els més abundants, ja que l'energia associada $\hbar\omega/2\pi$ és menor.
- Hi ha tants tipus de fonons possibles com àtoms.
- Els fonons es mouen a la velocitat del so al sòlid.

Exercici 9.- En un cristall cúbic monoatòmic de paràmetre de xarxa $a = 3.7 \text{ \AA}$, la velocitat del so per a fonons longitudinals i transversals és aproximadament la mateixa $c = 3000 \text{ m/s}$.

- Quina és la seva freqüència de Debye?
- Quina és la longitud d'ona mínima dels fonons és aquest material?

Exercici 10.- Sigui un cristall bidimensional en què els fonons longitudinals tenen una relació de dispersió $w(k) = A(k)^{1/2}$ (aquí $A = \text{cte}$).

- Determineu la densitat d'estats $D(w)$.
- Al límit $T \rightarrow 0$, la contribució dels fonons longitudinals a la calor específica és de la forma $C \propto T^n$. Quin és el valor de n ?

Exercici 11.- S'ha determinat que un sòlid té un pes molecular de 35, una densitat de $2.3 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ i que la velocitat del so és de 1800 m/s .

- Determinar-ne la temperatura de Debye.
- Quanta calor es requereix per elevar la temperatura de 10 a 30 K .