

1. Considere una red lineal diatómica compuesta por átomos de masa  $M_1 = 5.9 \times 10^{-26}$  kg y  $M_2 = 3.8 \times 10^{-26}$  kg. Suponga que la constante recuperadora en la aproximación armónica es  $K = 5$  N/m. Calcule el valor de las frecuencias permitidas en el límite de la primera zona de Brillouin.
2. Calcular el momento lineal total de un cristal monoatómico unidimensional de  $N$  átomos de masa  $M$  en el que hay excitado un fonón de vector de onda  $k$ .
3. Dada la relación de dispersión para una red monoatómica lineal:  $\omega = (4C/M) \text{sen}(qa/2)$ , encuentrense los valores de  $q$  para los cuales no hay propagación de las ondas.
4. Calcúlese la energía del punto cero de un cristal a partir del modelo de Debye. Estímese dicho valor para el helio sólido suponiendo una temperatura de Debye del orden de 24 K.
5. Utilizando el modelo de Debye, calcúlese la frecuencia máxima de los modos de vibración de una red cúbica simple de parámetro de red  $a = 3 \text{ \AA}$  en la que la velocidad del sonido es  $v = 4.2 \times 10^5$  cm/s.
6. En un experimento se miden los siguientes valores de la capacidad calorífica en función de la temperatura de una sustancia:

Tabla I

T (K)	C (mJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	$\gamma$ (mJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-2</sup> )	
0.5	1.38	Na 1.38	Ti 3.35
1.0	5	K 2.08	V 9.26
1.5	13.1	Mg 1.3	Cr 1.4
2.0	28	Al 1.35	Mn 9.2
2.5	52	Pb 2.98	Fe 4.98
3.0	87	Cu 0.7	Co 4.73
3.5	136	Ag 0.65	Ni 7.02
		Au 0.73	Pt 7.0

Determinar de qué sustancia se trata utilizando, si es necesario, la siguiente tabla I.

7. En un cristal de índice de refracción  $n = 1.5$ , en el que la velocidad del sonido es  $v_s = 4 \times 10^5$  cm/s, tiene lugar la dispersión de un fotón de vector de onda  $k$  con absorción de un fonón de vector de onda  $q$ . Si  $k$  y  $q$  son del mismo orden de magnitud, calcúlese la frecuencia de los fonones que se han absorbido cuando el ángulo de dispersión es  $30^\circ$  y la longitud de onda utilizada es  $6000 \text{ \AA}$ .
8. Los neutrones térmicos de una determinada energía se dispersan por los fonones de un cristal perdiendo energía. Las longitudes de onda antes y después de la dispersión son  $3.14$  y  $5.00 \text{ \AA}$ , respectivamente, y el vector de onda de los neutrones dispersados,  $k_0$ , forma un ángulo de  $\alpha = 45^\circ$  con el vector  $k$  de los neutrones incidentes. Calcúlese la longitud de onda del fonón que interviene en el proceso de dispersión.
9. El criterio de Lindemann establece que la mayor parte de los metales se funden cuando la amplitud cuadrática media de vibración de sus átomos, medida en unidades de distancia interatómica, excede un cierto valor crítico. Utilizando el modelo de Debye, estúdiense la validez de este criterio para los metales cúbicos centrados en las caras incluidos a continuación:

	Cu	Au	Al	Ni	Pd
Parámetro $a$ (Å)	3.61	4.08	4.05	3.52	3.89
Temperatura de fusión (K)	1356	1336	933	1726	1825
Temperatura de Debye	343	165	428	450	274
Masa atómica	63.5	197	27	58.7	106.

10. Estímese el desplazamiento cuadrático medio de los átomos de litio metálico en el límite  $T \rightarrow 0$  debido a la energía del punto cero. La temperatura de Debye del litio es  $\theta_D = 344$  K.