EXERCICIS DE ***FÍSICA D'ESTAT SÒLID I SUPERFICIES***

Exercici 1

La velocitat del so ***c*** en mitjans continus es pot expressar com a $c= (E/\rho)^{1/2}$ sent ρ la densitat i E el mòdul de Young que expressa la rigidesa elàstica d'un medi. Justificar l'expressió ressenyada.

Exercici 2

Demostreu que per a longituds d'ona llargues l'equació de moviment

$$m \cdot \ddot{u}_n = -\mu(2u_n - u_{n-1} - u_{n+1})\ ;$$

es redueix a l'equació d'ona elàstica del medi continu.

Exercici 3

Determinar els modes de vibració d'una cadena lineal composada per N àtoms i amb els extrems fixes.

Exercici 4

Una cadena lineal monoatòmica constituïda per àtoms de massa m=6,81x1026 kg, amb una separació d'equilibri de 4,85 A, té una velocitat de propagació per a les ones sonores de 1,08x10 m/s. Assumint un model clàssic amb interacció entre veïns més propers, determineu el valor de la constant recuperadora i de la màxima freqüència dels modes.

Exercici 5

Considereu ions puntuals de massa M i càrrega e^+ i immersos en un mar uniforme d'electrons de conducció. Suposeu que els ions estan en equilibri estable quan ocupen els punts de la xarxa regular. Si un ió es desplaça una petita distància r de la seva posició d'equilibri, la força restauradora es deu fonamentalment a la càrrega electrònica dins de la esfera de radi r centrada en la posició d'equilibri. Prenent la densitat electrònica com $-3e/4\pi R^3$

a) Demostreu que la freqüència d'un sol ió que entra en oscil·lació és $w = (e^2/4\pi\varepsilon_0 MR^3)^{1/2}$.

b) Estimar els valors d'aquesta freqüència per al sodi. $M = 3{,}82 \cdot 10^{-26}$ Kg; $R = 4{,}23 \cdot 10^{-10}$ m.

c) A partir de (a) i (b) estimar l'ordre de magnitud de la velocitat del so al metall.

Exercici 6

Donada la relació de dispersió per a una xarxa monoatòmica lineal,

$w = (4C/m) \sin (qa/2)$

Es demana trobar els valors de q per als quals no hi ha propagació de les ones i per tant tampoc d'energia en el cristall.

Exercici 7

Determinar la densitat de modes per a una cadena d’ àtoms amb extrems fixes.

Exercici 8

Analitzeu el model de la cadena lineal diatòmica i compareu els resultats amb el model d'una cadena lineal quan el valor de M→→ m.

Exercici 9

Considerar els modes normals d'una cadena lineal en què les constants de força entre els àtoms més propers són alternativament *C* i *10C*. Suposem que són iguals les masses i que la separació entre els veïns més propers és *a/2*. Trobar *w(k)* per a *k = 0* i *k = π/a*. Fer un esquema de la relació de dispersió de manera qualitativa. Discutir el moviment intracel·la i intercel·la dels àtoms per a *k = 0* i *k = π/α*.

Exercici 10

Per estudiar les vibracions reticulars del poliacetilè (-CH=CH-CH=CH-). Es pot assimilar a una cadena lineal de masses iguals, connectades amb molles de diferent força restauradora, i amb ***a*** com espaiat entre masses. Determineu les freqüències característiques de la cadena i dibuixeu les corresponents corbes de dispersió.

Exercici 11

En el cas d’una xarxa diatòmica lineal i suposant que la interacció té lloc solament entre veïns més propers i amb la mateixa constant de força, $C=5 \times 10^{-2}\ N\ cm^{-1}$, determineu les bandes possibles i prohibides del sistema en termes de pulsació o freqüència. Valors de les masses $M_1 =5,9 \times 10^{-25} kg$ i $M_2=3,8 \times 10^{-25}\ kg$.

Exercici 12

Considereu la mostra bidimensional de la figura adjunta. La velocitat de grup de les vibracions en la branca acústica ve donada per, ,
dw/ d IkI = *5000(1 – 1,8 /k/)* m/s, amb IkI expressat en $Å^{-1}$,

a) Descriure-la com a xarxa + base d'àtoms. Dibuixar la xarxa recíproca, indicant la mida dels vectors base.
b) Dibuixar la primera zona de Brillouin
c) Calcular la freqüència de les vibracions de la branca acústica en la direcció [21]. Quina es la velocitat del so en aquesta direcció?
d) Calcular la freqüència màxima de les vibracions de la banca acústica en la direcció[21].

Exercici 13

Suposem un cristall bidimensional en forma de quadrat de costat *L*, al qual se li pot associar una xarxa quadrada constituïda per àtoms idèntics de massa *M* separats una distància *a* entre ells. Els àtoms es mouen al pla del cristall i les interaccions entre àtoms es limiten a veïns més propers, amb un valor β per a la constant d'interacció.

a) Determineu la relació de dispersió fonònica del cristall.
b) Indiqueu la regió de l'espai-***k*** per a la qual hi ha solucions independents.
c) Calculeu la densitat de modes de vibració *g(k)*
d) Determineu la funció densitat de modes de freqüència per a longituds d'ona grans.

Exercici 14

Hi ha alguna raó fonamental per la qual el pendent de les branques de vibració dels sòlids sigui zero a les fronteres de la PZB?

Exercici 15

Discutir la veracitat de les afirmacions següents:
Per als modes acústics en un cristall...
a)...la màxima longitud d'ona d'una ona viatgera és tant més gran quant més gran sigui la rigidesa de l'enllaç cristal·lí establert
b)...la mínima longitud d'ona d'una ona viatgera és tant més gran quant més gran sigui la massa dels àtoms del cristall.

Exercici 16

Determineu els possibles valors de ***k***, a la primera zona de Brillouin, d'un cristall en forma de cub de costat 1 cm, amb estructura cúbica simple amb paràmetre de xarxa *a* = 3 Å, suposant condicions periòdiques o de Born-Kármán. Quin volum d'espai recíproc es pot associar a cada ***k***?

Exercici 17

Determinar la funció de densitat d'estats per a un cristall tridimensional en forma de cub d'aresta L, amb N^3 cel·les primitives.

Exercici 18

Calculeu el moment lineal total d'un cristall monoatòmic unidimensional de N àtoms de massa M que té excitat un fonó de vector d'ona k.