

## T2A DILATACIÓ TÈRMICA DE SÒLIDS

### OBJECTIUS

Estudiar com varien les dimensions d'un sòlid quan canvia la seua temperatura.

Determinar el coeficient de dilatació lineal de diversos metalls.

### MATERIAL

Tubs buits de diferents materials (alumini, llautó i coure), dilatòmetre, generador de vapor, termòmetre, manyoples.

### FONAMENT TEÒRIC

En general, el volum dels cossos augmenta quan eleven la seua temperatura, si es manté constant la pressió exercida sobre ells. A escala microscòpica, la dilatació tèrmica dels sòlids suggereix un augment en la separació mitjana entre els seus àtoms i molècules constituents.

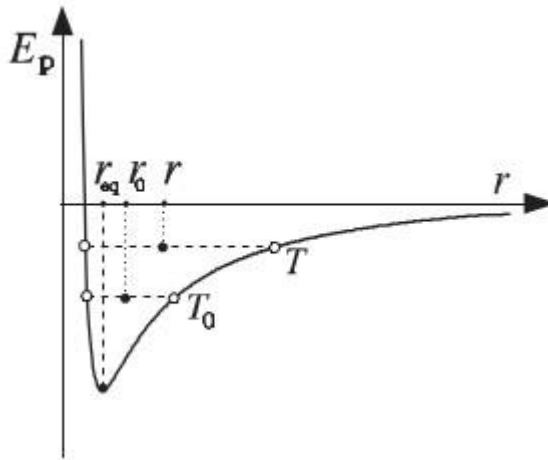


Figura 1. Energia potencial associada a dos àtoms adjacents en un sòlid

L'energia potencial,  $E_p$ , associada a dos àtoms contigus, expressada en funció de la seua separació  $r$ , es representa gràficament per una corba asimètrica (Figura 1) en la qual els segments horitzontals, corresponents a diferents temperatures del sòlid, indiquen els possibles valors de la separació interatòmica. Per a una energia de vibració donada, per exemple  $T_0$ , la separació entre els àtoms canviarà periòdicament entre uns valors mínim i màxim de la distància i, en virtut de l'asimetria de la corba de l'energia potencial, la separació mitjana entre els àtoms ( $r_0$ ) serà

més gran que la corresponent a l'equilibri ( $r_{eq}$ ). Si la temperatura del cos augmenta ( $T$ ), tindrà una energia de vibració més gran, i la separació mitjana entre els àtoms ( $r$ ) serà encara més gran, cosa que implica la dilatació del sòlid a escala macroscòpica. Si la corba  $E_p(r)$  representada en la figura 1 fóra simètrica, la separació mitjana entre els àtoms seria igual a la corresponent a l'equilibri independentment de l'amplitud de les vibracions dels àtoms, és a dir, de la seua temperatura, i no hi hauria dilatació.

Un aspecte interessant de l'estudi de la dilatació tèrmica és la connexió amb les propietats atòmiques i moleculars dels sòlids, ja que la dilatació tèrmica és una conseqüència de l'asimetria de la corba d'energia potencial característica de l'estat sòlid.

En un sistema termodinàmic governat per les variables pressió, volum i temperatura ( $P, V, T$ ), es defineix el coeficient de dilatació tèrmica isobàrica,  $\alpha$ , com la raó entre l'increment unitari del volum i l'increment de la temperatura, mantenint la pressió constant:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (1)$$

Aquest coeficient  $\alpha$  expressa la velocitat de canvi del volum d'un cos respecte de la temperatura.

A partir de l'equació (1) es pot obtenir el volum d'un sòlid en funció de la temperatura en què es troba, quan la pressió que s'hi exerceix es manté constant, i és donat per:

$$\frac{dV}{V} = \alpha dT \Rightarrow V = V_0 e^{\alpha (T - T_0)} \quad (2)$$

en què  $V_0$  és el volum del cos a la temperatura  $T_0$ , i  $V$  el volum a la temperatura  $T$ .

En moltes situacions pràctiques podem simplificar l'equació (2) si es verifica que: (i) el procés és isobàric, (ii) el coeficient de dilatació és molt xicotet i es manté pràcticament constant i (iii) que la variació de volum siga prou xicoteta. En aquest cas tindrem:

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T} \Rightarrow V = V_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3)$$

En aquesta pràctica analitzarem com varia la longitud d'un tub buit en funció de la temperatura. En aquest cas es defineix el coeficient de dilatació lineal,  $\alpha_L$ , de la forma:

$$\alpha_L = \frac{1}{L} \left( \frac{\partial L}{\partial T} \right)_P \quad (4)$$

Amb les mateixes condicions enunciades anteriorment, es pot simplificar el càlcul de  $\alpha_L$ , i obtindrem:

$$\alpha_L = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T} \Rightarrow L = L_0 (1 + \alpha_L \Delta T) \Rightarrow \frac{\Delta L}{L_0} = \alpha_L \Delta T \quad (5)$$

en què  $L_0$  és la longitud inicial del tub a la temperatura  $T_0$ ,  $L$  la longitud a la temperatura  $T$ ,  $\Delta L = L - L_0$  i  $\Delta T = T - T_0$ .  $\alpha_L$  s'interpreta com l'augment unitari de longitud que experimenta una vareta quan la seua temperatura augmenta 1 K. En general,  $\alpha_L$  depèn de la temperatura, encara que en un interval no molt gran de temperatures es pot considerar constant. L'expressió (5) permet obtenir experimentalment el valor del coeficient de dilatació lineal solament mesurant la longitud de la barra a una determinada temperatura i els seus increments de longitud en funció de la variació de la temperatura.

## METODOLOGIA

El dispositiu experimental consisteix en un tub buit, de longitud inicial  $L_0$  a la temperatura ambient  $T_0$ , a través del qual circula vapor d'aigua procedent d'un generador de vapor.

**ATENCIÓ: El generador de vapor NO s'ha d'obrir. En cas necessari contactar amb un professor o tècnic de laboratori.**

El tub es manté subjecte per un dels extrems, mentre que l'extrem oposat es pot desplaçar lliurement i es connecta a un dilatòmetre de rellotge. El dilatòmetre consisteix en una barra fixa per un dels extrems i recolzada sobre un suport. Quan escalfem la vareta, augmenta la seua longitud, cosa que produeix un gir del topall al voltant del seu eix en el sentit de les agulles del rellotge; una agulla, solidària amb el topall, es desplaça sobre una escala, calibrada prèviament, i permet mesurar les variacions de longitud de la barra. Si per contra la temperatura del tub disminueix, el dilatòmetre girarà en sentit oposat a les agulles del rellotge.



Figura 2. Dispositiu experimental

Es coneix que 1 divisió del dilatòmetre equival a una distància de 0.01 mm. S'ha de tindre en compte que la longitud inicial del tub  $L_0$  correspon a la temperatura a la qual posem a zero el dilatòmetre i comencem a realitzar les mesures.

L'experiment consisteix a escalfar el tub fins a la temperatura del vapor de l'aigua, i a mesura que es refreda el tub s'aniran registrant valors de la temperatura i de la longitud de la barra.

**PRECAUCIÓ: NO toqueu el tub amb les mans, ja que pot estar calent. Useu les manyoples.**

Per a la correcta realització de l'experiment cal tenir en compte el següent:

Comprovar que el tub està instal·lat correctament entre els connectors girant-lo durant uns segons per a provar que està ben connectat.

Comprovar que el generador de vapor té aigua fins a la meitat del cassó. No tapar ni doblegar el tub d'eixida del vapor o les mànegues de connexió.

Connectar una mànega del generador de vapor al tub i l'altra mànega del tub pròxim al dilatòmetre al desaigüe.

Connectar a la xarxa elèctrica la placa calefactora del generador de vapor i posar el nivell d'escalfament en 4. Deixar que passe, durant uns minuts, vapor d'aigua a través del tub fins que s'estabilitze la seua temperatura i es dilate al màxim.

Apagar la placa calefactora i desconnectar les dues mànegues que estan connectades al tub.

Introduir un termòmetre a l'interior del tub per l'extrem oposat al dilatòmetre. Posar l'indicador del dilatòmetre a zero i registrar la temperatura.

A mesura que es refreda el tub, a partir aproximadament de 70 °C, anoteu els valors de les parelles temperatura i marques del dilatòmetre. Es procedirà d'aquesta manera fins que la temperatura baixi fins a uns 30 °C.

Realitzeu aquest experiment per a les tres barres subministrades.

## RESULTATS

Representeu gràficament  $\Delta L$  en funció  $\Delta T$  i comprova si hi ha una relació lineal entre totes dues magnituds. Utilitzeu un programa gràfic per a realitzar les representacions gràfiques.

A partir de l'equació (5), realitzeu la gràfica adequada per a obtenir el coeficient de dilatació lineal. Calculeu els seus errors, tant absolut com relatiu.

Realitzeu l'experiment per a tres tubs de diferent material.

Comproveu i discutiu com concorden els vostres resultats experimentals del coeficient de dilatació lineal amb els valors tabulats en la literatura per a cada material del tub.

## QÜESTIONS

1. Expliqueu les possibles causes de l'error experimental del coeficient de dilatació lineal que heu obtingut.
2. Per què els mesuraments experimentals s'han realitzat durant el procés de refredament del tub i no durant l'escalfament?
3. Què creieu que passa amb el diàmetre interior del tub quan augmenta la temperatura: augmenta o disminueix de grandària?
4. Calculeu, a partir del coeficient de dilatació de l'acer, quant es dilatarà un pont d'acer de 40 m de longitud que està exposat a variacions de temperatura de 40 °C?
5. Enumereu dispositius i instruments que facen ús de la dilatació lineal de sòlids.
6. L'aproximació que  $\alpha$  siga aproximadament constant, és igual de vàlida en tots els casos analitzats en aquest experiment?