

T2B DILATACIÓ TÈRMICA DE LÍQUIDS

OBJECTIUS

Determinar del coeficient de dilatació cúbica d'un líquid.

MATERIAL

Matràs aforat graduat de 100 ml, calefactor elèctric, agitador magnètic, mosca magnètica, vas de precipitat, milipipeta, termòmetre-termoparell Delta HD 2328.0, lupa, aigua destil·lada, guants, pinces, líquids problema.

FONAMENT TEÒRIC

En general, el volum dels cossos augmenta quan s'eleva la seua temperatura si roman constant la pressió exercida sobre ells. A nivell microscòpic, la dilatació tèrmica dels sòlids/líquids suggereix un augment en la separació mitjana entre els seus àtoms i molècules constituents.

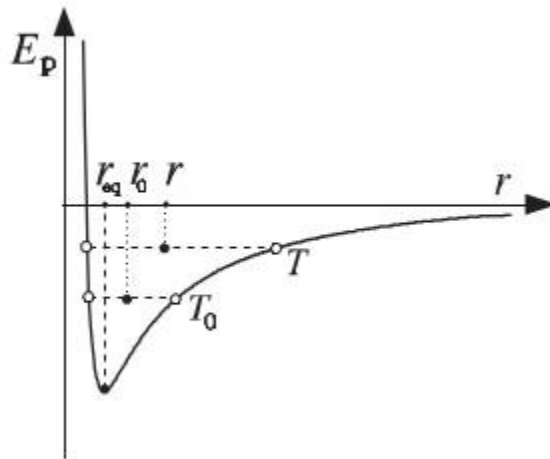


Figura 1. Energia potencial associada a dos àtoms adjacents en un sòlid/líquid

L'energia potencial, E_p , associada a dos àtoms contigus, expressada en funció de la seua separació r , està representada gràficament per una corba asimètrica (Figura 1) en la qual els segments horitzontals, corresponents a diferents temperatures del sòlid/líquid, 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 major que la corresponent a l'equilibri (r_{eq}). Si la temperatura del cos augmenta (T), tindrà una energia de

vibració major, i la separació mitjana entre els àtoms (r) serà encara més gran, cosa que implica la dilatació del sòlid/líquid 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.

Igual que els sòlids, els líquids augmenten de volum en augmentar la temperatura. No obstant això, com que la força d'interacció entre les molècules dels líquids és més petita que les que hi ha en un sòlid, el coeficient de dilatació volumètrica per als líquids és unes deu vegades més gran que el dels sòlids. Hem de notar que els líquids presenten una dilatació molt irregular, per la qual cosa, a diferència dels sòlids, no és possible considerar constant el coeficient de dilatació, excepte per a petits intervals de temperatura. D'altra banda, a l'hora d'estudiar la dilatació dels líquids cal avaluar la influència de l'augment de volum que experimenta el recipient que els conté.

El coeficient de dilatació cúbica dels líquids mesura el canvi relatiu de volum quan canvia la temperatura i la pressió es manté constant. En un sistema termodinàmic governat per les variables pressió, volum i temperatura (P, V, T), el coeficient de dilatació cúbica α és un dels coeficients termomecànics dels sistemes hidroestàtics (vegeu el guió de pràctiques de la dilatació de sòlids), i es defineix:

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

Aquest coeficient α és una funció d'estat, és a dir, només depèn de la temperatura T i de la pressió, P , $\alpha = \alpha(T, P)$, i expressa la velocitat de canvi del volum d'un cos respecte de la temperatura.

Si es considera un procés a pressió constant, podem integrar l'eq.(1), i obtenir volum V en funció de la temperatura T ,

$$\frac{dV}{V} = \alpha dT \Rightarrow V = V_0 \exp[\bar{\alpha}(T - T_0)] \quad (2)$$

en què V_0 és el volum del cos a la temperatura T_0 , V el volum a la temperatura T i $\bar{\alpha}$ el coeficient de dilatació cúbica mitjà, a la pressió P , en l'interval de temperatures (T_0, T) .

En moltes situacions pràctiques, podem simplificar l'equació (2) si es verifica que: (i) el coeficient de dilatació és xicotet i roman pràcticament constant en l'interval de temperatures que estem considerant i (ii) que la variació de volum siga prou xicoteta ($|V - V_0| \ll V_0$).

L'eq. (2) també es pot escriure de la forma:

$$\ln\left(\frac{V}{V_0}\right) = \bar{\alpha}(T - T_0) \quad (3)$$

i si fem ús de l'aproximació $\ln(V/V_0) = \frac{V}{V_0} - 1$, obtenim que:

$$\Delta V = V - V_0 \approx \bar{\alpha}V_0(T - T_0) = \bar{\alpha}V_0\Delta T \quad (4)$$

Expressió que permet obtenir experimentalment el valor mitjà del coeficient de dilatació cúbica sense més que mesurar el volum d'un líquid a una determinada temperatura i les seues variacions de volum en funció de la variació de la temperatura.

METODOLOGIA

El dispositiu experimental (figura 2) està constituït per un matràs graduat de 100 ml en què s'introdueix el líquid problema del qual volem conèixer el coeficient de dilatació cúbica.



Figura 2. Material i muntatge de la pràctica

Aquest matràs s'enrasa amb el líquid problema fins a la primera marca que té al coll, que correspon amb un volum inicial de 100 cm^3 (o a qualsevol altra marca del matràs). En qualsevol cas, s'ha de conèixer el volum inicial del líquid en el matràs i la seua temperatura. Per a un correcte enrasat, la marca del matràs ha de quedar tangent a la part

inferior del menisc (pots ajudar-te abocant el líquid gota a gota amb la milipipeta i utilitzar la lupa). El matràs s'escalfa introduint-lo en un vas de precipitats ple d'aigua destil·lada, que al seu torn s'escalfa mitjançant un calefactor elèctric (posició HEATER 40 %). S'ha d'abocar prou quantitat d'aigua en el vas de precipitat perquè la major part del matràs que conté el líquid problema estiga submergit en l'aigua (incloent-hi la part del matràs per on pujarà el líquid en dilatar-se) i que així tinga una temperatura estable.

Per a garantir la uniformitat de la temperatura en el conjunt, l'aigua s'ha d'agitar constantment amb l'agitador magnètic en la posició MOTOR 300 RPM i utilitzar la mosca magnètica. La temperatura del líquid en el matràs es mesura utilitzant una sonda termoparell (DELTA OHM) molt fina a fi de no falsejar les mesures de volum del líquid.

Per a obtenir resultats més fiables, abans de començar a realitzar les mesures, s'ha de deixar transcórrer un cert temps per a aconseguir l'equilibri tèrmic dels diferents líquids.

Aquesta pràctica es realitzarà per a dos líquids problema: etanol i aigua destil·lada. En el cas d'etanol, s'efectuaran mesuraments des de la temperatura ambient fins a 45 °C. Quan el líquid problema siga aigua destil·lada, els mesuraments es faran fins a 60 °C.

Recordeu que per a poder aplicar l'equació (4) heu de conèixer el volum del líquid a la temperatura inicial.

RESULTATS

A partir de l'equació (4), realitzeu la gràfica adequada per a obtenir el coeficient de dilatació cúbic mitjà de l'alcohol i de l'aigua destil·lada. Estimeu els seus errors absolut i relatiu.

Comproveu i discutiu com concorden els vostres resultats experimentals del coeficient de dilatació cúbic mitjà amb els valors tabulats per a aquests dos líquids.

QÜESTIONS

1. En aquest experiment s'ha negligit la dilatació del matràs de vidre que conté el líquid problema. Expliqueu com cal modificar l'eq. (4) per a tenir en compte la dilatació del matràs. A partir de les dades tabulades del coeficient de dilatació cúbica mitjà del vidre, calculeu els nous coeficients de dilatació cúbica mitjans per a l'etanol i l'aigua destil·lada.
2. En l'equació (4) s'ha considerat que el coeficient de dilatació cúbica no depèn de la temperatura. Raoneu si aquesta aproximació és vàlida per a l'etanol i per a l'aigua destil·lada.

3. Calculeu per a l'aigua destil·lada el valor del coeficient de dilatació cúbica a la temperatura ambient i a 60°C i compara'l amb el valor mitjà obtingut en la pràctica.
4. Expliqueu la causa del diferent comportament del coeficient de dilatació cúbica dels dos líquids problema.
5. Per què creieu que els termòmetres basats en la dilatació d'un líquid es construeixen amb alcohol en comptes de construir-se amb aigua?
6. Comenteu raonadament l'efecte biològic que té la dilatació anòmala de l'aigua.