

T2B DILATACIÓN TÉRMICA DE LÍQUIDOS

OBJETIVOS

Determinar del coeficiente de dilatación cúbica de un líquido.

MATERIAL

Matraz aforado graduado de 100 ml, calefactor eléctrico, agitador magnético, mosca magnética, vaso de precipitado, milipipeta, termómetro-termopar Delta HD 2328.0, lupa, agua destilada, guantes, pinzas, líquidos problema.

FUNDAMENTO TEÓRICO

En general, el volumen de los cuerpos aumenta al elevar su temperatura, si permanece constante la presión ejercida sobre ellos. A nivel microscópico, la dilatación térmica de los sólidos/líquidos sugiere un aumento en la separación media entre sus átomos y moléculas constituyentes.

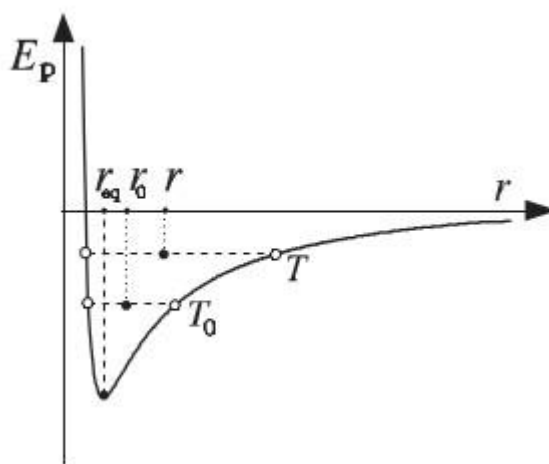


Figura 1.- Energía potencial asociada a dos átomos adyacentes en un sólido/líquido

La energía potencial, E_p , asociada a dos átomos contiguos, expresada en función de su separación r , viene representada gráficamente por una curva asimétrica (Figura 1) en la que los segmentos horizontales, correspondientes a diferentes temperaturas del sólido/líquido, indican los posibles valores de la separación interatómica. Para una energía de vibración dada, por ejemplo T_0 , la separación entre los átomos cambiará periódicamente entre unos valores mínimo y máximo de la distancia y, en virtud de la asimetría de la curva de la energía potencial, la separación media entre los átomos (r_0) será mayor que la correspondiente al equilibrio (r_{eq}). Si la temperatura del cuerpo aumenta (T), tendrá una energía de vibración mayor, y la separación media entre los átomos (r) será todavía más grande, lo que implica la dilatación del sólido/líquido a escala macroscópica. Si la curva $E_p(r)$ representada en la figura 1 fuese simétrica, la separación media entre los átomos sería igual a la correspondiente al equilibrio independientemente de la amplitud de las vibraciones de los átomos, es decir, de su temperatura, y no existiría dilatación.

Al igual que los sólidos, los líquidos aumentan de volumen al aumentar la temperatura. Sin embargo, como la fuerza de interacción entre las moléculas de los líquidos es menor que las que existen en un sólido, el coeficiente de dilatación volumétrica para los líquidos es unas diez veces mayor que el de los sólidos. Hemos de notar que los líquidos presentan una dilatación muy irregular, por lo que, a diferencia de los sólidos, no es posible considerar constante el coeficiente de dilatación, salvo para pequeños intervalos de temperatura. Por otra parte, al estudiar la dilatación de los líquidos es preciso evaluar la influencia del aumento de volumen que experimenta el recipiente que los contiene.

El coeficiente de dilatación cúbica de los líquidos mide el cambio relativo de volumen cuando cambia la temperatura permaneciendo constante la presión. En un sistema termodinámico gobernado por las variables presión, volumen y temperatura (P, V, T), el coeficiente de dilatación cúbica α es uno de los coeficientes termomecánicos de los sistemas hidrostáticos (ver el guión de prácticas de la dilatación de sólidos), y se define:

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

Este coeficiente α es una función de estado, es decir, sólo depende de la temperatura T y de la presión P , $\alpha = \alpha(T, P)$, y expresa la velocidad de cambio del volumen de un cuerpo con respecto a la temperatura.

Si se considera un proceso a presión constante, podemos integrar la ec.(1), y obtener volumen V en función de la temperatura T ,

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

siendo V_0 el volumen del cuerpo a la temperatura T_0 , V el volumen a la temperatura T y $\bar{\alpha}$ el coeficiente de dilatación cúbica medio, a la presión P , en el intervalo de temperaturas (T_0, T) .

En muchas situaciones prácticas, podemos simplificar la ecuación (2) si se verifica que: (i) el coeficiente de dilatación es pequeño y permanece prácticamente constante en el intervalo de temperaturas que estamos considerando y (ii) que la variación de volumen sea suficientemente pequeña ($|V - V_0| \ll V_0$).

La ec.(2) también se puede escribir de la forma:

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

y si hacemos uso de la aproximación $\ln(V/V_0) = \frac{V}{V_0} - 1$, obtenemos que:

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

Expresión que permite obtener experimentalmente el valor medio del coeficiente de dilatación cúbica sin más que medir el volumen de un líquido a una determinada temperatura y sus variaciones de volumen en función de la variación de la temperatura.

METODOLOGÍA

El dispositivo experimental (figura 2) está constituido por un matraz graduado de 100 ml en el cual se introduce el líquido problema cuyo coeficiente de dilatación cúbica se desea conocer.



Figura 2. Material y montaje de la práctica

Este matraz se enrasa con el líquido problema hasta la primera marca que posee en el cuello, que corresponde con un volumen inicial de 100 cm^3 (o a cualquier otra marca del matraz). En cualquier caso, se debe de conocer el volumen inicial del líquido en el matraz y su temperatura. Para un correcto enrasado la marca del matraz debe quedar tangente a la parte inferior del menisco (puedes ayudarte vertiendo el líquido gota a gota con la minipipeta y utilizar la lupa). El matraz se calienta introduciéndolo en un vaso de precipitados lleno de agua destilada, que a su vez se calienta mediante un calefactor eléctrico (posición HEATER 40%). Se debe de verter la suficiente cantidad de agua en el vaso de precipitado para que la mayor parte del matraz que contiene el líquido problema se encuentre sumergido en el agua (incluyendo la parte del matraz por donde ascenderá el líquido al dilatarse) y que así tenga una temperatura estable.

Para garantizar la uniformidad de la temperatura en el conjunto, el agua se tiene que estar agitando constantemente con el agitador magnético en la posición MOTOR 300 RPM y utilizar la mosca magnética. La temperatura del líquido en el matraz se mide utilizando una sonda termopar (DELTA OHM) muy fina con objeto de no falsear las medidas de volumen del líquido.

Para obtener resultados más fiables, antes de comenzar a realizar las medidas, se debe de dejar transcurrir un cierto tiempo para conseguir el equilibrio térmico de los diferentes líquidos.

Esta práctica se realizará para dos líquidos problema: etanol y agua destilada. En el caso de etanol, se efectuarán medidas desde la temperatura ambiente hasta 45°C . Cuando el líquido problema sea agua destilada, las medidas se realizarán hasta 60°C .

Recuerda que para poder aplicar la ecuación (4), tienes que conocer el volumen del líquido a la temperatura inicial.

RESULTADOS

A partir de la ecuación (4), realiza la gráfica adecuada para obtener el coeficiente de dilatación cúbico medio del alcohol y del agua destilada. Estima sus errores absoluto y relativo.

Comprueba y discute cómo concuerdan tus resultados experimentales del coeficiente de dilatación cúbico medio con los valores tabulados para estos dos líquidos.

CUESTIONES

- 1.- En este experimento se ha despreciado la dilatación del matraz de vidrio que contiene el líquido problema. Explica cómo hay que modificar la ec. (4) para tener en cuenta la dilatación del matraz. A partir de los datos tabulados del coeficiente de dilatación cúbica medio del vidrio, calcula los nuevos coeficientes de dilatación cúbica medios para el etanol y el agua destilada.
- 2.- En la ecuación (4) se ha considerado que el coeficiente de dilatación cúbica no depende de la temperatura. Razona si esta aproximación es válida para el etanol y para el agua destilada.
- 3.- Calcula para el agua destilada el valor del coeficiente de dilatación cúbica a la temperatura ambiente y a 60°C y compáralo con el valor medio obtenido en la práctica.
- 4.- Explica la causa del diferente comportamiento del coeficiente de dilatación cúbica de los dos líquidos problema.
- 5.- ¿Por qué crees que los termómetros basados en la dilatación de un líquido se construyen con alcohol en vez de con agua?
- 6.- Comenta razonadamente el efecto biológico que tiene la dilatación anómala del agua.