

PRÁCTICA 3

COEFICIENTES DE DILATACIÓN

OBJETIVO

Determinación del coeficiente de dilatación del agua y del coeficiente de dilatación lineal del aluminio en función de la temperatura usando un picnómetro y un dilatómetro, respectivamente.

MATERIAL NECESARIO

- | | |
|--|---|
| ✓ Balanza de precisión Sartorius | ✓ Vaso de precipitados de 100 cm ³ |
| ✓ Dilatómetro | ✓ Agua destilada y alcohol |
| ✓ Baño termostático con termómetro | ✓ Macarrón, papel de filtro y bayetas |
| ✓ Picnómetro de 5 ml con un tubo de 300 mm de longitud | ✓ Secador de aire |

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Las propiedades térmicas de estado expresan la variación de unas variables de estado con respecto a otras. El coeficiente de dilatación es una de ellas. Relaciona la variación de volumen con la variación de temperatura a presión constante. Viene dado por la expresión

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

Si el experimento se realiza a presión atmosférica constante, podemos sustituir la derivada parcial por una derivada total. Si introducimos la simplificación de sustituir diferenciales por incrementos,

$$\alpha = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \approx \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (2)$$

Entonces, si se mide la variación de volumen ΔV producida al aumentar la temperatura una cantidad ΔT se puede estimar un valor de α en ese intervalo. En cada momento $V = V_0 + \Delta V$; siendo V_0 el volumen inicial. Sin embargo, dado que $\Delta V \ll V_0$, se puede considerar que $V \cong V_0$.

Si una de las dimensiones del cuerpo es mucho mayor que las otras dos, por ejemplo en un tubo, se obtiene el coeficiente de dilatación lineal,

$$\lambda = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT} \approx \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T} \quad (3)$$

siendo L_0 la longitud del tubo a la temperatura ambiente e ΔL su incremento al aumentar un ΔT la temperatura.

En general, tanto α como λ dependen de la temperatura. En nuestro caso, se obtendrá α para el agua y λ para un metal (aluminio), de forma que en el intervalo de temperaturas considerado comprobaremos que α aumenta con la temperatura y que λ permanece aproximadamente constante.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Observaremos la variación de volumen del agua y de longitud de un metal al cambiar su temperatura. La temperatura de ambos se irá variando simultáneamente mediante un baño termostático, que está conectado a la barra de metal, en el que se introduce el picnómetro con agua. Consideraremos T_0 como la temperatura ambiente, para la cual se medirá V_0 y L_0 . Al aumentar la temperatura se obtendrán diferentes valores T_i , a los que les corresponderán los valores de volumen y longitud V_i y L_i .

Observación: Se deben realizar las dos partes de la práctica simultáneamente.

Coefficiente de dilatación de líquidos

Un picnómetro es un recipiente que se prolonga por su boca mediante un tubo graduado estrecho (fig. 1), con 300 divisiones de 1 mm en nuestro caso. El calibrado del picnómetro y del tubo graduado se realiza a temperatura ambiente introduciendo en su interior agua destilada con ayuda de un macarrón y procediendo después a realizar las siguientes pesadas: m_1 = picnómetro vacío + tubo graduado vacío; m_2 = picnómetro lleno + tubo graduado lleno; m_3 = picnómetro lleno + tubo graduado vacío. De esta manera, $(m_2 - m_1)$ = masa de agua en el picnómetro y en el tubo graduado, $(m_2 - m_3)$ = masa de agua en el tubo graduado y $(m_3 - m_1)$ = masa de agua en el picnómetro. Previamente se ha de determinar qué división n_0 se considera frontera entre el picnómetro y el tubo graduado. A partir de la densidad del agua (Tabla 1), podemos calcular el volumen del picnómetro, así como el volumen comprendido entre dos divisiones del tubo graduado, $(m_2 - m_3)/(300 - n_0)\rho$.

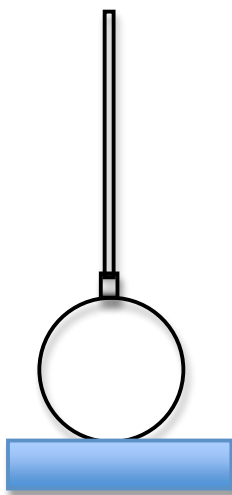


Figura 1. Picnómetro

Tabla 1. Densidad del agua en función de la temperatura

T(°C)	ρ (g cm ⁻³)
18	0.99862
19	0.99843
20	0.99823
21	0.99802
22	0.99780
23	0.99756
24	0.99732
25	0.99707

A continuación se prepara el picnómetro de modo que el menisco agua-aire se sitúe hacia la división $n \approx 50$. Mediante pesada determina la masa total y luego la masa del agua; la densidad del agua permite calcular su volumen. Introduce el picnómetro en el baño. Fija el termostato por debajo de la temperatura ambiente. Conecta el sistema de agitación del baño. Cada dos minutos toma nota de la posición menisco aire-líquido, hasta confirmar que no se desplaza, para obtener V_0 ; toma nota de la temperatura del baño, T_0 .

El picnómetro es de vidrio duro cuyo coeficiente de dilatación, del orden de 10^{-6} K^{-1} , es suficientemente pequeño para poder suponer que el volumen del picnómetro es independiente de la temperatura.

A continuación se va aumentando la temperatura T_i del baño con el termostato de 5 en 5 °C hasta unos 50-55 °C. El agua del picnómetro tarda bastante tiempo (~ 20 minutos) en alcanzar el equilibrio térmico con el baño termostático. Anota los valores del volumen cada cierto tiempo hasta comprobar que se ha estabilizado V_i antes de pasar a la siguiente temperatura.

Coefficiente de dilatación lineal de sólidos

Este coeficiente se determina con la ayuda de un dilatómetro (fig. 2). Para ello se conecta el tubo de circulación exterior del termostato al tubo de medida, el cual a su vez está conectado a un dial que permite apreciar centésimas de mm en la dilatación del material. Conviene ajustar el dial a cero en la primera medida, con la circulación del baño conectada a temperatura ambiente, para así medir directamente ΔL . Al ir aumentando la temperatura del líquido circulante actuando sobre el termostato, se mide el aumento de la longitud del tubo, $\Delta L_i = L_i - L_0$ ($L_0 = 600 \text{ mm}$).

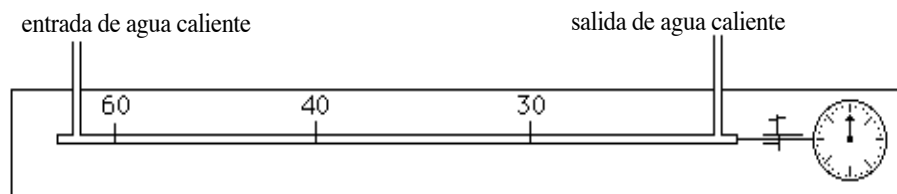


Figura 2. Esquema del dilatómetro

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- Tabla con los valores m_1 , m_2 , m_3 , $m_2 - m_1$, $m_2 - m_3$ y $m_3 - m_1$, volumen del picnómetro V_0 , volumen de una división v , e ΔV_i con sus errores.
- Tabla de las temperaturas de equilibrio T_i y los valores $\Delta V = V_i - V_0$, así como ΔL_i medidos. Representación gráfica y comentarios.
- Coefficiente de dilatación del agua α_i y coeficiente de dilatación lineal del sólido problema (aluminio) λ_i , en cada uno de los intervalos $\Delta T = T_i - T_{i-1}$. Estímese el error admisible en estos coeficientes de dilatación y compárense los resultados obtenidos con los valores tabulados.