

INDICE

	Páginas
Objetivos	1
Fundamento teórico	2,3
Montaje experimental	4,5,6
◆ Material	4
◆ Método experimental	5
Resultados	6 - 16
Discusión	17,18
Bibliografía	19

Objetivos

Determinar el coeficiente de dilatación del agua, mediante un picnómetro.

Determinar el coeficiente de dilatación lineal de un material sólido, mediante un dilatómetro.

Fundamento teórico

La dilatación consiste en el aumento que experimenta el volumen de un cuerpo por efecto de una aumento de temperatura.

A los sólidos puede dárseles una forma tal que una de las dimensiones predomine con mucho sobre las otras dos, siendo este nuestro caso, aunque un sólido puede experimentar un aumento de longitud, de superficie o de volumen, en esta práctica nos vamos a limitar a estudiar una variación de la longitud, utilizaremos entonces la fórmula de dilatación lineal. El cambio de longitud viene dado por:

$$L=L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

- $S=S_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$
- $V=V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$

Las fórmulas 2. Y 3. Corresponden a la dilatación superficial y cúbica respectivamente, pero no son objeto de nuestro estudio.

•

Siendo L, la longitud actual, L_0 la longitud inicial, α el coeficiente de dilatación de nuestro metal a estudiar, y T la temperatura a la está sometido, como nuestro objeto de estudio es el cálculo de dicho coeficiente, despejamos de la fórmula anterior.

Esta fórmula la emplearemos para calcular el coeficiente de dilatación de la barra, donde L , es la longitud que se ha dilatado, esto lo podemos saber con ayuda del dilatómetro, y ΔT es la temperatura que se ha incrementado.

Los líquidos no tienen forma propia y se adaptan a la del recipiente que los contiene, esto nos dice que un aumento de temperatura provoca un aumento de volumen, por lo que los líquidos no pueden presentar dilatación lineal ni dilatación superficial y solamente presentan dilatación cúbica. El recipiente que

contiene un líquido también experimenta la dilatación por efecto de un aumento de temperatura.

Esto hace distinguir para los líquidos dos tipos de dilatación que se denominan, dilatación real con su correspondiente coeficiente de dilatación real y dilatación aparente, cuyo coeficiente se llama coeficiente de dilatación aparente, luego el coeficiente de dilatación real de un líquido es igual a la suma de su coeficiente de dilatación aparente más el coeficiente de dilatación cúbica del recipiente que lo contiene.

$$\hat{\alpha}_{\text{real}} = \hat{\alpha}_{\text{aparente}} + \hat{\alpha}_{\text{recipiente}}$$

En esta práctica despreciamos el coeficiente de dilatación del recipiente ya que su valor es del orden de 10^{-6} :

$$V = V_0 \cdot (1 + \hat{\alpha}_{\text{real}} \Delta T)$$

luego la fórmula que vamos a emplear es :

En esta fórmula ; ΔV , es el incremento de volumen que ha experimentado el líquido y ΔT es la variación de temperatura. V_0 será el volumen inicial del líquido problema.

Montaje experimental

Material

- Balanza de precisión (sensibilidad 0.001 g.)
- Termostato
- Agua destilada
- Macarrón
- Picnómetro (sensibilidad 1mm.)
- Dilatómetro (sensibilidad 0.01 mm.)
- Sólido problema (longitud de 600 mm.)

Termostato : Aparato que en nuestra práctica es utilizado para calentar el agua a la temperatura deseada.

Macarrón : Tubo largo, fino y flexible que lo hemos utilizado para llenar el picnómetro con agua.

Picnómetro : Recipiente de cristal, con un tubo de 300 divisiones, donde ponemos el agua, la longitud entre dos divisiones es de 1 mm. Luego la sensibilidad será de 1mm.

Dilatómetro : Esfera dividida en 100 intervalos y con una aguja para marcar la dilatación de la barra, cada 100 intervalos es un milímetro, luego la sensibilidad será $1/100=0.01$ mm.

Método experimental

En primer lugar pesamos el picnómetro y el tubo donde vamos a poner el agua, estando ambos vacíos (m_1), luego llenamos el picnómetro y un poco del tubo hasta la división 23 (m_3), con ayuda de un macarrón, y por último llenamos el tubo hasta la división 244 (m_2) y así tendremos las tres medidas necesarias para empezar la práctica. Con esto y la tabla del manual, que nos relaciona la temperatura con la densidad, y mediante la relación : densidad = masa / volumen, determinamos el volumen de agua contenido en el picnómetro, y entre dos divisiones del mismo, así lo tendremos calibrado.

Después introducimos el picnómetro en el recipiente y conectamos el termostato inicialmente a una temperatura de 35°C , cuando indique que ya se ha alcanzado esa temperatura medimos la dilatación del

agua haciendo los cálculos necesarios, también miramos cuanto se ha desplazado la aguja del dilatómetro y con estos datos calcularemos ambos coeficientes de dilatación para las diferentes temperaturas, repitiendo el procedimiento anterior.

Resultados

Vamos a calibrar el termómetro, este procedimiento se realiza a temperatura ambiente.

Primero pesamos en una balanza, cuya precisión es de 0.001 g., los objetos de los cuales vamos a necesitar conocer su masa para hacer la práctica.

Pesamos el picnómetro y el tubo en diferentes condiciones.

Ambos objetos están vacíos.

$m_1 = \text{Picnómetro vacío y tubo vacío} : 25.717 \text{ g.}$

$m_1 = (25.717 \pm 0.001) \text{ g.}$

Llenamos el tubo hasta la división 244.

$m_2 = \text{Picnómetro lleno y tubo lleno} : 130.710 \text{ g.}$

$m_2 = (130.710 \pm 0.001) \text{ g.}$

El tubo está solamente lleno hasta la división 23.

$m_3 = \text{Picnómetro lleno y tubo vacío} : 127.952 \text{ g.}$

$m_3 = (127.952 \pm 0.001) \text{ g.}$

Si restamos $m_2 - m_3$ tendremos la cantidad de agua que hay en $244 - 23 = 221$ divisiones, si luego dividimos la cantidad de agua entre las 221 divisiones, tendremos la cantidad de agua que hay entre dos divisiones.

masa de agua entre 2 divisiones =

El cálculo de errores de la práctica lo hago por el método de los logaritmos neperianos, aquí hago paso a paso el procedimiento, pero en los siguientes cálculos pondré el resultado de las operaciones.

Para hallar el error de la masa de agua. Δ :

La masa de agua contenida entre dos divisiones del tubo será Δ :

$m_{\text{agua}} =$

La Temperatura del agua a temperatura ambiente = $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

Miramos en la tabla que se nos proporciona con las fotocopias y vemos que para 20°C la densidad del agua es de 0.99823 g/cm^3 .

Para calcular el error de la densidad a esa temperatura se interpola.

	X (°C)	Z (g/cm ³)
	19	0.99843
	20	0.99823

$\rho_{\text{agua}} = (0.9982 \pm 0.0002) \text{ g/cm}^3$.

Ahora llenamos el tubo hasta la división 54 y lo pesamos todo (picnómetro+tubo) su masa vale $(128.318 \pm 0.001) \text{ g}$. Entonces, para calcular la masa de agua que hay en el picnómetro, restamos esa masa menos la masa del picnómetro vacío o más el tubo vacío (m_1) y su valor es $(75.496 \pm 0.001) \text{ g}$.

Calculamos el volumen con la fórmula de la densidad; $\text{densi.} = \text{masa} / \text{volumen}$ luego;

$\text{volumen} = \text{densidad} / \text{masa}$.

El error lo he calculado por los logaritmos.

Este es el volumen inicial del picnómetro:

$$V_0 = 75.496 / 0.99823 = (75.630 \pm 0.016) \text{ cm}^3$$

Ahora vamos a calcular el coeficiente de dilatación del agua y del sólido problema, entonces vamos a ir variando la temperatura, para ver como varía el volumen con la misma.

Para 35 °C

El coeficiente de dilatación del picnómetro es del orden de 10^{-6} , y es lo suficientemente pequeño para poder suponer que su volumen es independiente de la temperatura.

Introducimos el picnómetro en el baño termostático y lo conectamos a 35 °C.

$$\Delta T = 35 - 20 = (15 \pm 1) ^\circ\text{C}$$

Observamos que el agua ha aumentado su volumen hasta alcanzar la división 73, para hallar el incremento de volumen, solo tenemos que calcular el volumen de agua que hay en esas divisiones, si el agua se encontraba al principio en la división 54 y ahora está en la 73; $73 - 54 = 19 \text{ div.}$ El volumen contenido en ese intervalo será; multiplicar por el volumen que hay entre dos divisiones. $19 \cdot 0.01248 = 0.23712 \text{ cm}^3$.

El error de ese incremento:

Volumen inicial: El volumen inicial V_0 , en la fórmula es V .

$$V_0 \pm V = (75.630 \pm 0.016) \text{ cm}^3$$

El volumen actual del agua consiste en sumar al volumen inicial (V_0) el incremento, luego; $V_1 = 75.630 + 0.2375 = 75.867 \text{ cm}^3$.

$$V_1 = (76.9 \pm 4.5) \text{ cm}^3.$$

El incremento de volumen del agua será:

$$\Delta V = (0.237 \pm 0.014) \text{ cm}^3.$$

Ahora podemos sustituir todos los datos en la fórmula que determina el coeficiente de dilatación del agua.

Coeficiente de dilatación del agua a 35°C

$$\hat{\alpha}_{\text{agua}} = (2.1 \pm 0.3) \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

Ahora comprobamos cuánto se ha dilatado la barra del sólido problema mediante el dilatmetro. Una vuelta entera del dilatmetro corresponde a 1 mm. Como tiene 100 divisiones, la sensibilidad del mismo será $1/100 = 0.01 \text{ mm}$.

A una temperatura de 35°C, la aguja del dilatmetro se ha desplazado hasta la división 15, entonces $15 \cdot 0.01 = 0.15 \text{ mm}$. luego habrá aumentado su longitud en :

$$\hat{\Delta} L = (0.15 \pm 0.01) \text{ mm}.$$

La longitud inicial de la barra son 600 mm. Ahora, le sumamos el incremento para calcular la longitud actual : $L_1 = 600 + 0.15 = 600.15 \text{ mm}$.

mm.

$$L_1 = (600.2 \pm 1.4) \text{ mm}.$$

El coeficiente de dilatación lineal del sólido problema es :

Coeficiente de dilatación del sólido problema a 35°C.

$$\hat{\alpha}_{\text{sólido}} = (1.7 \pm 0.2) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Para 42°C

Repetimos el procedimiento de los cálculos anteriores, pero ahora a una nueva temperatura de 42°C.

Esperamos a que el agua alcance la temperatura deseada, el nuevo incremento de temperatura será :

$$\hat{\Delta} T = 42 - 20 = (22 \pm 1) ^\circ\text{C}$$

Ahora el agua ha aumentado su volumen hasta alcanzar la división 89, hallamos el incremento de volumen, $89 - 54 = 35 \text{ div}$. El volumen contenido en ese intervalo es : $35 \cdot 0.01248 = 0.4368 \text{ cm}^3$.

El error de ese incremento :

$$\text{Volumen inicial : } V_0 \hat{=} V = (75.630 \pm 0.016) \text{ cm}^3$$

El volumen actual del agua, es el volumen inicial ($V_0 = V$) más el incremento, luego : $V_2 = 75.63 + 0.4368 = 76.0668 \text{ cm}^3$.

$$V_2 = (76.1 \pm 3.5) \text{ cm}^3.$$

El incremento de volumen del agua será :

$$\hat{\Delta} V = (0.44 \pm 0.02) \text{ cm}^3.$$

Sustituimos todos los datos, en la fórmula que determina el coeficiente de dilatación del agua.

Coeficiente de dilatación del agua a 42°C

$$\alpha_{\text{agua}} = (2.6 \pm 0.3) \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

Ahora comprobamos cuánto se ha dilatado la barra para 42°C.

A esa temperatura, la aguja del dilatómetro se ha desplazado hasta 22.5 divisiones, entonces $22.5 \times 0.01 = 0.225 \text{ mm}$. luego habrá aumentado su longitud en :

$$\Delta L = (0.23 \pm 0.01) \text{ mm.}$$

La longitud inicial es L_0 ; $L = (600 \pm 1) \text{ cm}$

La longitud actual de la barra será : $L = 600 + 0.225 = 600.225 \text{ mm}$.

$$L = (600.2 \pm 1.3) \text{ mm.}$$

El coeficiente de dilatación lineal del sólido problema es :

Coeficiente de dilatación del sólido problema a 42°C.

$$\alpha_{\text{sólido}} = (1.7 \pm 0.2) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Para 47°C

Hacemos los cálculos anteriores, para una temperatura de 47°C.

Cuando el agua alcanza la temperatura deseada, el nuevo incremento de temperatura es :

$$\Delta T = 47 - 20 = (27 \pm 1) ^\circ\text{C}$$

El agua ha aumentado su volumen hasta alcanzar 100 divisiones, hallamos el incremento de volumen, $100 - 54 = 46 \text{ div}$. El volumen contenido en ese intervalo es : $46 \times 0.01248 = 0.57408 \text{ cm}^3$.

El error de ese incremento :

$$\text{Volumen inicial : } V_0 ; V = (75.630 \pm 0.016) \text{ cm}^3$$

El volumen actual del agua : $V = 75.630 + 0.57408 = 76.20408 \text{ cm}^3$.

$$V = (76.07 \pm 4.03) \text{ cm}^3.$$

El incremento de volumen del agua será :

$$\Delta V = (0.57 \pm 0.03) \text{ cm}^3.$$

Calculamos el coeficiente de dilatación del agua :

Coeficiente de dilatación del agua a 47°C

$$\hat{\alpha}_{\text{agua}} = (2.8 \pm 0.2) \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

Medimos cuánto se ha dilatado la barra para 47°C .

La aguja del dilatómetro se ha desplazado 28 divisiones, luego $28 \hat{\alpha} \cdot 0.01 = 0.28 \text{ mm}$. Su longitud ahora será:

$$\hat{L} = (0.28 \pm 0.01) \text{ mm}.$$

La longitud inicial es $L_0 = 600 \pm 1 \text{ cm}$

La longitud actual $\hat{L}$ de la barra será: $L = 600 + 0.28 = 600.28 \text{ mm}$.

$$L = (600.3 \pm 0.2) \text{ mm}.$$

El coeficiente de dilatación lineal del sólido problema es:

Coeficiente de dilatación del sólido problema a 47°C .

$$\hat{\alpha}_{\text{sólido}} = (1.7 \pm 0.1) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Para 52°C

El nuevo incremento de temperatura es:

$$\hat{T} = 52 - 20 = (32 \pm 1)^\circ\text{C}$$

El agua ha alcanzado 125 divisiones. El nuevo incremento de volumen ahora vale $\hat{V}$: $125 - 54 = 71 \text{ div}$. El volumen contenido en ese intervalo será: $71 \hat{\alpha} \cdot 0.01248 = 0.88608 \text{ cm}^3$.

El error de ese incremento $\hat{V}$ de volumen es:

$$\text{Volumen inicial } \hat{V}_0 = 75.630 \pm 0.016 \text{ cm}^3$$

El volumen actual del agua $\hat{V}_4 = 75.630 + 0.88608 = 76.1608 \text{ cm}^3$.

$$\hat{V}_4 = (76.2 \pm 2.6) \text{ cm}^3.$$

El incremento de volumen del agua será:

$$\hat{V} = (0.89 \pm 0.03) \text{ cm}^3.$$

Calculamos el coeficiente de dilatación del agua:

Coeficiente de dilatación del agua a 52°C

$$\hat{\alpha}_{\text{agua}} = (3.7 \pm 0.2) \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

Medimos cuánto se ha dilatado la barra para 52°C .

La aguja del dilatómetro se ha desplazado hasta 34 divisiones, luego $34 \hat{\alpha} \cdot 0.01 = 0.34 \text{ mm}$. El incremento de la longitud de la barra será:

$$\hat{L} = (0.34 \pm 0.01) \text{ mm.}$$

La longitud inicial es $L_0 = (600 \pm 1) \text{ cm}^3$

La longitud actual $\hat{L}$ de la barra será: $L = 600 + 0.34 = 600.34 \text{ mm.}$

$$L = (600.3 \pm 1.2) \text{ mm.}$$

El coeficiente de dilatación lineal del sólido problema es:

Coeficiente de dilatación del sólido problema a 52°C .

$$\hat{\alpha}_{\text{sólido}} = (1.78 \pm 0.12) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Discusión

A continuación hago una tabla resumen de los datos obtenidos, para observar mejor los resultados.

Medida	T(°C)	$\hat{V} \text{ (cm}^3\text{)}$	$\hat{T} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\hat{L} \text{ (mm)}$	$\hat{\alpha}_{\text{agua}} \text{ (10}^{-4} \text{ K}^{-1})$	$\hat{\alpha}_{\text{sólido}} \text{ (10}^{-5} \text{ K}^{-1})$
1	35	0.237 ± 0.014	15 ± 1	0.15 ± 0.01	2.1 ± 0.3	1.7 ± 0.2
2	42	0.44 ± 0.02	22 ± 1	0.23 ± 0.01	2.6 ± 0.3	1.7 ± 0.2
3	47	0.57 ± 0.03	27 ± 1	0.28 ± 0.01	2.8 ± 0.2	1.7 ± 0.1
4	52	0.89 ± 0.03	32 ± 1	0.34 ± 0.01	3.7 ± 0.2	1.78 ± 0.12

Se puede apreciar que el coeficiente de dilatación del agua varía con la temperatura y de forma directamente proporcional, es decir, a medida que la temperatura aumenta, también lo hace su coeficiente de dilatación. Sin embargo, para el sólido problema, su coeficiente de dilatación lineal, de forma general, no ha cambiado con la temperatura. Lo cual quiere decir que en el cálculo del coeficiente de dilatación del sólido, según la fórmula como el cociente es constante, siempre era, quiere decir que la relación daba también una constante, de forma que aunque variase el incremento de la longitud y de la temperatura, su cociente da el mismo valor, esa constante es aproximadamente 0.01 mm/K . Pero no ocurre lo mismo para el coeficiente de dilatación del agua porque aunque es constante, el cociente no lo es, por eso el coeficiente de dilatación varía. Lo que ocurre es que el volumen aumenta en mayor proporción a medida que lo hace la temperatura, por eso el cociente es cada vez mayor, y de esta forma el coeficiente de dilatación del agua va aumentando cada vez.

Mirando en una tabla los coeficientes de dilatación de los metales, vemos que el metal Cobre (Cu) tiene un coeficiente de dilatación lineal cuyo valor es $1.7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. El valor experimental que nos ha dado calculado en esta práctica (haciendo la media de nuestros datos) $\hat{\alpha} = (1.7 \pm 0.2) \times 10^{-5}$ luego podemos ver que el cálculo y el tratamiento de nuestros datos ha sido correcto ya que nos da el mismo valor.

Experimental	Tabla
$\hat{\alpha}_{\text{sólido}} \text{ (10}^{-5} \text{ K}^{-1})$	$\hat{\alpha}_{\text{sólido}} \text{ (10}^{-5} \text{ K}^{-1})$
1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.1

Podemos suponer que la barra de nuestro sólido problema es de cobre.

Bibliografía

- “Manual de laboratorio de técnicas experimentales de termodinámica”. 2º de Ciencias Físicas, 1997. Valencia
- “Termotecnia”. Luis Del Arco Vicente. Ed. Ariel, 1964. Barcelona.

- “Terminología”. Vol. III. Gullon y López Rodríguez. Ed. Romo, 1967.
- “Problemas de termotécnica”. Vol. I. Miguel-J. Albors Gisbert. Ed. Marfil, Valencia.