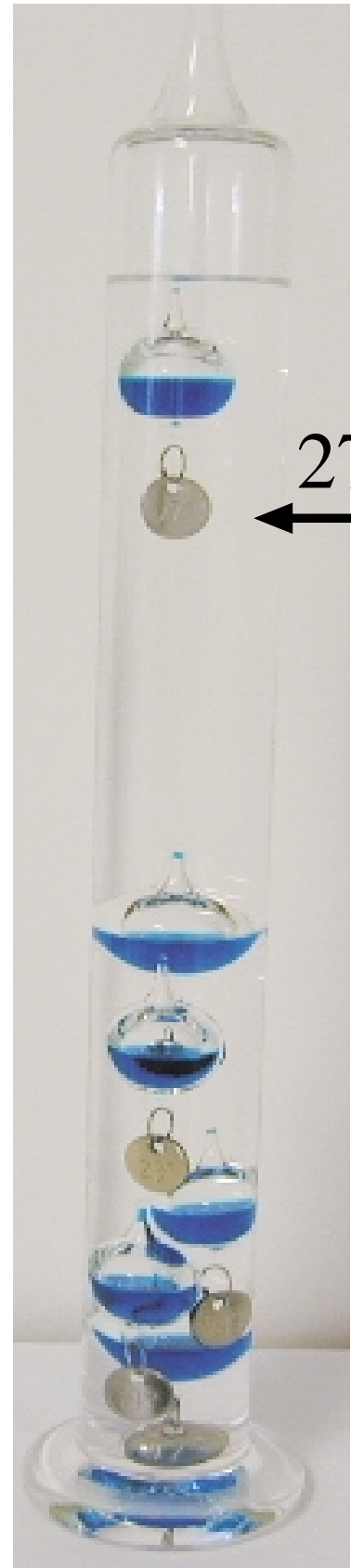


Descripción del dispositivo

El termómetro de Galileo consiste en un tubo de vidrio vertical, cerrado por ambos extremos, que contiene agua en la que se encuentran varias esferas flotantes de vidrio cerradas que contienen cada una de ellas una cierta cantidad de líquido coloreado (agua). El tubo es lo suficientemente estrecho como para que las esferas deban colocarse una debajo de la otra. Cada esfera lleva en su parte inferior una etiqueta mostrando diferentes valores de temperatura. El intervalo de temperaturas del termómetro varía desde los $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ con intervalos de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Descripción del comportamiento

Cuando la temperatura del agua del termómetro es menor de los $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, las esferas flotan todas ellas en línea, con la esfera de los $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ arriba y la de $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ abajo y las demás colocadas correlativamente en medio.

Si la temperatura del aire va aumentando y también la del agua, al alcanzarse los $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, la primera esfera desciende hasta el mismo fondo del tubo. A medida que la temperatura del agua va siendo ligeramente mayor que la mostrada en una plaquita la correspondiente esfera desciende hasta alcanzar las esferas que ya están en el fondo. Por tanto, en este termómetro de Galileo la temperatura en grados Celsius está próxima al valor de la plaquita de la *esfera más baja que todavía se encuentra en la parte superior del tubo*. Si el tubo fuese más ancho, todas las esferas colocadas en la parte superior flotarían.

Cuando la temperatura del aire alrededor del termómetro varía el agua del tubo tarda cierto tiempo en reaccionar, por lo que se trata de un termómetro con un gran tiempo de respuesta.

Fundamento físico

Su funcionamiento está basado en la variación de la densidad de un líquido al variar su temperatura y, por tanto, la variación del empuje de Arquímedes que experimenta una esfera situada en el seno del líquido con la temperatura.

Supóngase que todas las esferas tienen el mismo volumen, V_E y la misma masa de vidrio y que la plaquita pesa lo mismo en todas, m . Lo que varía de una a otra esfera es el volumen de líquido coloreado en su interior, V_L , de densidad ρ_L , y el volumen de aire en su interior, $V_E - V_L$.

A una temperatura dada la densidad $\rho(t)$ del agua es $\rho(t) = \rho_0 [1 + \alpha (t - t_0)]^{-1}$, siendo $\rho_0 = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ la densidad del agua a la temperatura $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, y $\alpha = 1,8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ el *coeficiente de dilatación del agua*.

Aplicando el *principio de Arquímedes*, sobre la esferas i -ésima se realiza la fuerza $F^{(i)}$,

$$F^{(i)} = (V_E - V_L^{(i)}) \frac{\rho_0 g}{[1 + \alpha (t - t_0)]} - mg, \quad (1)$$

siendo $V_L^{(i)}$ el volumen de agua coloreada del interior

de esa esfera y $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$ la aceleración de la gravedad. A medida que la temperatura t aumenta el término $(V_E - V_L^{(i)})\rho_0/[1 + \alpha(t - t_0)]^{-1}$ va disminuyendo hasta hacerse cero. Esto significa que el volumen de líquido coloreado en el interior de las esferas es *mayor cuanto menor es la temperatura* de su etiqueta.

Suponiendo que a los $18 \text{ }^\circ\text{C}$ la esfera más profunda empieza a descender, $F^{(1)} = 0$, y suponiendo que el agua en el interior de la esfera ocupa la mitad del volumen, se puede estimar que $m \approx 6 \text{ g}$.

Si a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ la segunda esfera empieza a descender, $F^{(2)} = 0$, entonces

$$F^{(1)} = \left[\frac{4}{3}\pi \left(\frac{0,03}{2} \right)^3 - V_L^{(1)} \right] \frac{10^3}{[1 + 1,8 \times 10^{-4} (18 - 0)]} g - 6 \times 10^{-3} g$$

$$F^{(2)} = \left[\frac{4}{3}\pi \left(\frac{0,03}{2} \right)^3 - V_L^{(2)} \right] \frac{10^3}{[1 + 1,8 \times 10^{-4} (20 - 0)]} g - 6 \times 10^{-3} g .$$

A partir de aquí se puede estimar que la diferencia entre $V_L^{(1)}$ y $V_L^{(2)}$ es aproximadamente de $V_E/18$.