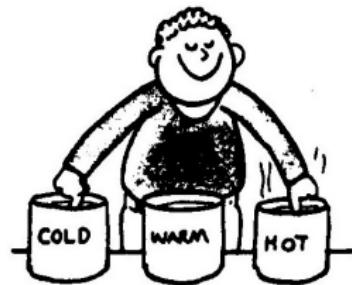


Temperatura



La **temperatura** es un concepto familiar. Simplemente es una medida de qué tan **caliente** o **frío** está un objeto.

Es un número que indica el estado de “calidez” o “frialdad” de un objeto.

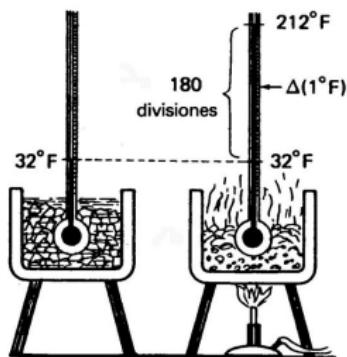
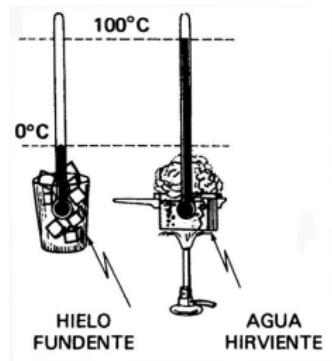
Microscópicamente, es una medida de la agitación de las partículas que constituyen el objeto (Teoría cinética de los gases)

$$\vec{v} \uparrow \quad \iff \quad e_c \uparrow \quad \iff \quad T \uparrow$$

Es una propiedad intensiva (no depende de la masa)

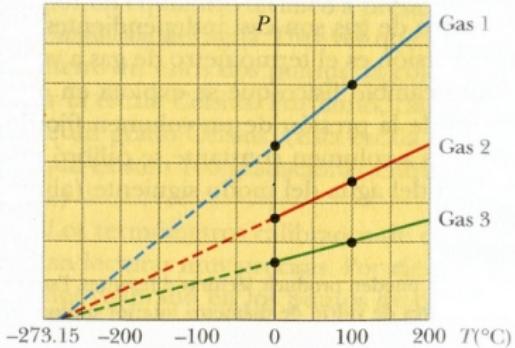
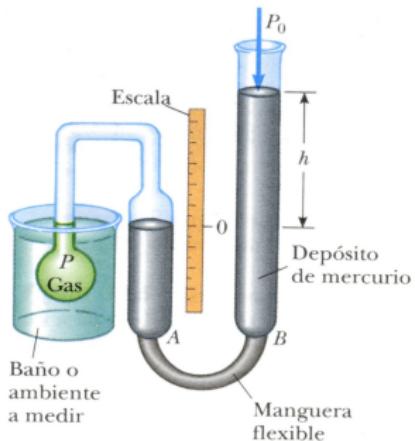
Escalas de temperatura

Definir una escala consiste en asignar puntos de referencia y una graduación



	Celsius centígrada	Fahrenheit	Kelvin absoluta
Punto de referencia inferior	$H_2O + \text{hielo}$	$H_2O + \text{hielo}$	$P(T) = 0$
Temperatura inferior	0°C	32°F	0 K
Punto de referencia superior	H_2O en ebullición	H_2O en ebullición	\nexists
Temperatura superior	100°C	212°F	
Graduación	100	180	100
Símbolo	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{F}$	K

Termómetro de gas



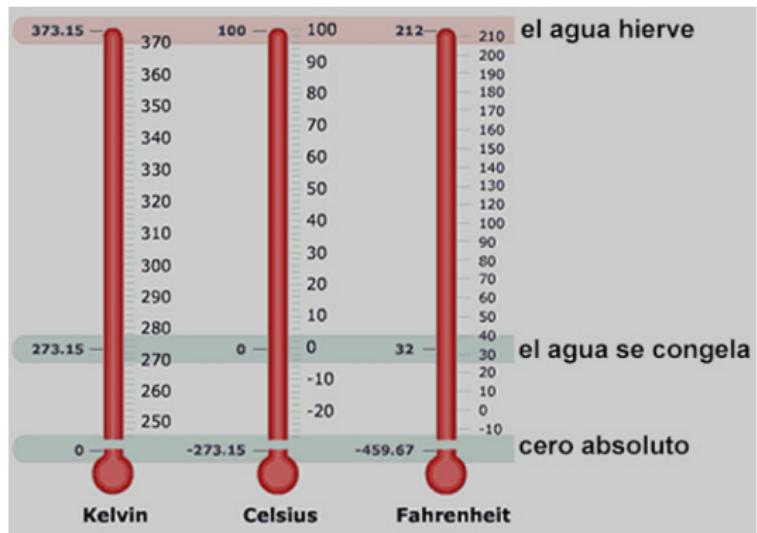
En un termómetro de gas a volumen constante, la presión es proporcional a la altura de la columna de mercurio.

$$P = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} = \frac{\rho_{Hg} g A h}{A} = \rho_{Hg} g h$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = \left(\frac{P_T - P_{0^{\circ}}}{P_{100^{\circ}} - P_{0^{\circ}}} \right) 100^{\circ}$$

Permite introducir un **cero absoluto** para la temperatura

Conversión de temperatura entre distintas escalas



$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5} T(^{\circ}C) + 32$$

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

Temperaturas características

Horno de cocina	$100^{\circ}C - 350^{\circ}C$	Helio líquido	4.22 K
Llama de vela	$1650^{\circ}C$	Ignición del papel	506 K
Filamento ampolleta	$2500^{\circ}C$	Fusión del cobre	1358 K
Menor T lograda en lab.	$10^{-9} K$	Superficie del Sol	5700 K
Ampolleta halógena	3200 K	Explosión nuclear	$10^7 K$

Termómetros

Sistemas con alguna propiedad que varía linealmente con la temperatura.

- **termocupla** (-200°C y 1700°C)

basados en el efecto Seebert, la diferencia de temperatura entre las junturas de metales produce un voltaje proporcional al ΔT

- **detectores resistivos de temperatura (RTD)** (-180°C y 670°C)

basados en la variación de la resistencia eléctrica con la temperatura

- **Termistor** (-80°C y 120°C)

la resistencia eléctrica del sulfuro de Ag decrece drásticamente al aumentar la temperatura

- **Pirómetro óptico** (700°C y 3200°C)

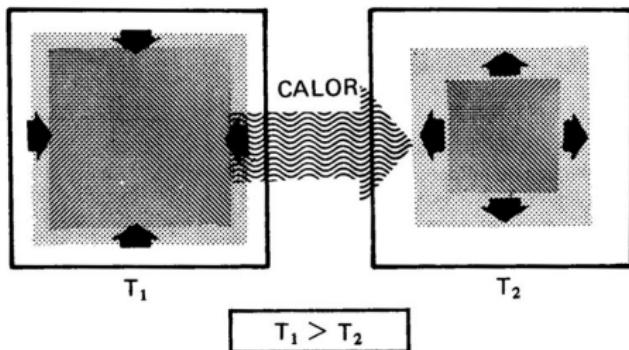
capta la radiación emitida por un objeto sin necesidad de contacto físico

- **Cámara termográfica** (< 500 K)

dispositivo capaz de formar imágenes visibles a partir del espectro electromagnético infrarrojo (λ entre 3 μm y 14 μm)

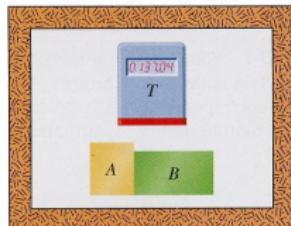
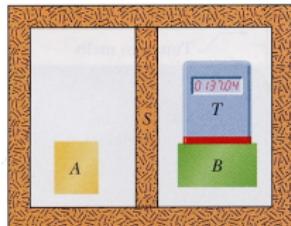
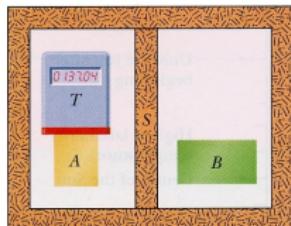
Equilibrio térmico

Siempre que dos cuerpos a distintas temperaturas se ponen en **contacto térmico**, circula energía del más caliente al más frío hasta que ambos cuerpos alcanzan la misma temperatura.



Cuando ambos cuerpos llegan a la misma temperatura, decimos que los dos cuerpos están en **equilibrio térmico** y cesa el flujo de energía (**calor**) entre ambos y sus temperaturas ya no cambiarán.

Equilibrio térmico



Ponemos T en contacto con A .

La lectura de T variará hasta alcanzar un valor estacionario, entonces decimos que los dos cuerpos están en **equilibrio térmico** uno con otro. Podemos concluir que tienen la misma temperatura.

Ahora ponemos T en contacto con B .

Cuando logran el equilibrio térmico, notamos que la lectura en T es igual al caso anterior.

Ponemos ahora los objetos A y B en contacto térmico.

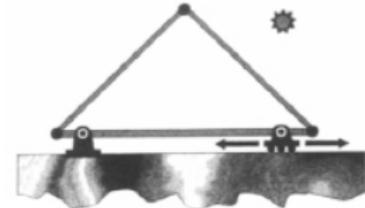
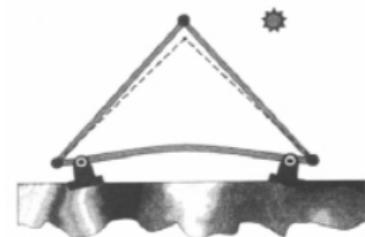
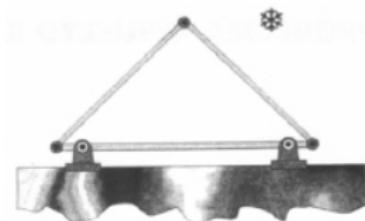
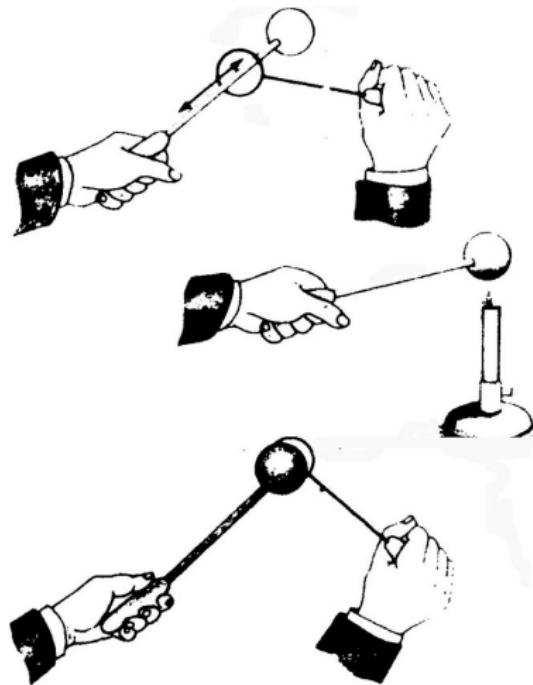
¿están en equilibrio térmico?

Experimentalmente se encuentra que lo están.

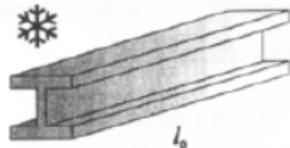
Ley cero de la Termodinámica

Expansión térmica

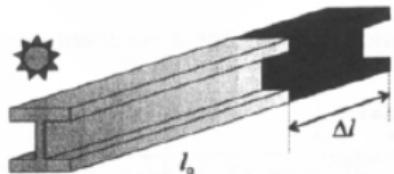
Casi todos los materiales aumentan sus dimensiones cuando aumenta su temperatura.



Expansión térmica lineal



$$\Delta L = L(T) - L(T_o) = \alpha L_o \Delta T$$



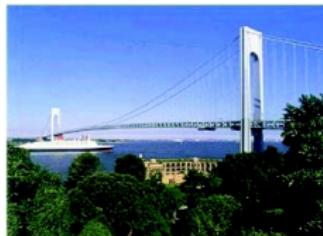
α es el coeficiente de dilatación lineal

α depende del material!

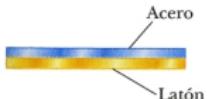
El puente Verrazano es uno de los puentes colgantes más largos que existen. Su sección central tiene ≈ 1300 m de largo y sufre cambios de temperatura de hasta 100°C , ¿cuánto se dilatará esta sección?

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 11 \times 10^{-6} \times 1300 \times 100 = 1,43 \text{ m}$$

Por dilatación térmica de las cuerdas de suspensión y la calzada, la altura de la calzada cambia en ≈ 3 m entre invierno y verano.



Expansión térmica lineal



Temperatura ambiente



Temperatura más alta

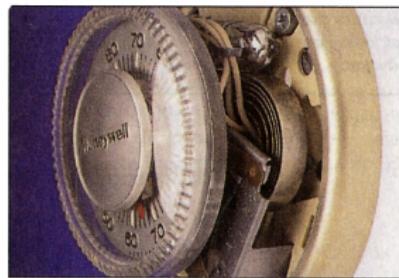


Encendido 25°C



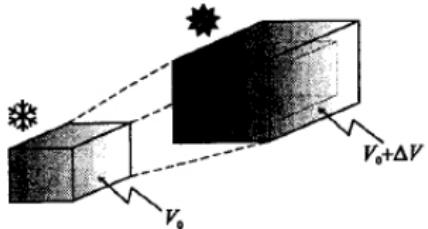
Apagado 30°C

Banda bimetálica



Expansión térmica volumétrica

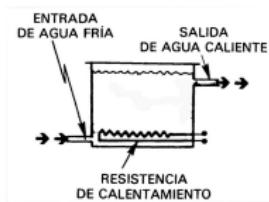
$$\Delta V = V(T) - V(T_0) = \beta V_0 \Delta T$$



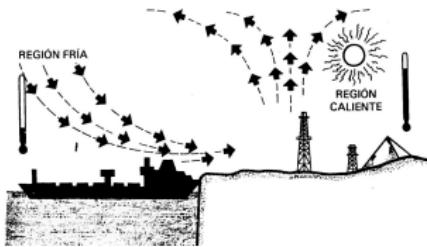
β es el coeficiente de dilatación volumétrica

β depende del material!

$$\beta = 3\alpha \text{ (sólidos)}$$



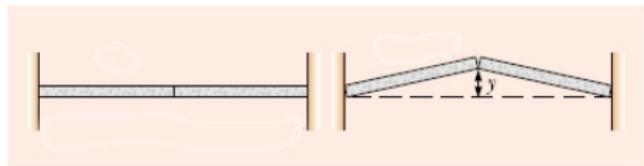
En un calentador eléctrico de agua, la entrada de agua fría (más densa) se coloca en la parte inferior, y la salida de agua caliente (menos densa) en la parte superior.



Los vientos se originan por el cambio en la densidad del aire sobre partes de la superficie terrestre con temperatura distinta.

Ejemplo de dilatación térmica lineal

Como resultado de un aumento de temperatura de 32°C , una barra con una fisura en su centro se desvía hacia arriba. Si la distancia fija L_o es 3.77 m y el coeficiente de expansión lineal de la barra es $25 \times 10^{-6} (\text{ }^\circ\text{C})^{-1}$, encontrar el levantamiento central.



Consideremos la mitad de la barra.

$$\text{Longitud original, } \ell_o = L_o/2$$

$$\text{Longitud después del incremento de temperatura, } \ell = \ell_o + \alpha \ell_o \Delta T$$

Usando el teorema de Pitágoras,

$$y^2 = \ell^2 - \ell_o^2 = \ell_o^2 (1 + \alpha \Delta T)^2 - \ell_o^2$$

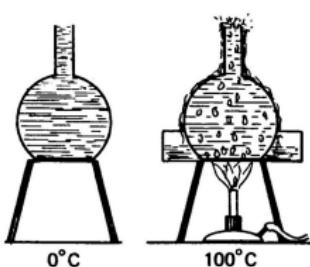
Como el cambio es pequeño, $(1 + \alpha \Delta T)^2 \approx 1 + 2 \alpha \Delta T$.

$$y^2 = 2 \ell_o^2 \alpha \Delta T \quad \rightarrow \quad \mathbf{y = \ell_o \sqrt{2 \alpha \Delta T} = 7,5 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

Ejemplo de dilatación térmica volumétrica

Un frasco de vidrio, cuyo volumen es 1000 cm^3 a 0°C , está lleno de mercurio a tal temperatura. Cuando el conjunto se calienta hasta 100°C , se derraman 15 cm^3 de mercurio.

¿Cuál fue la dilatación real del mercurio? ¿Cuál fue la dilatación volumétrica del frasco? ¿Cuál es el valor de α para el vidrio del cual está hecho el frasco?



$$\Delta V_{Hg} = \beta_{Hg} V_o \Delta T$$

$$\Delta V_{Hg} = (0,18 \times 10^{-3} (\text{ }^\circ\text{C})^{-1}) (1000 \text{ cm}^3) (100 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\Delta V_{Hg} = 18 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V_{\text{frasco}} = \Delta V_{Hg} - V_{\text{derramado}} \quad \longrightarrow \quad \Delta V_{\text{frasco}} = 3 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V_{\text{frasco}} = \beta_v V_o \Delta T \rightarrow \beta_v = \frac{\Delta V_{\text{frasco}}}{V_o \Delta T} \rightarrow \beta_v = 1 \times 10^{-5} (\text{ }^\circ\text{C})^{-1}$$

Expansión térmica del agua

El agua es un caso irregular $V_{H_2O} \downarrow$ cuando $T \uparrow$ entre 0°C y 4°C

