

Termodinámica (N° 1)  
TEMPERATURA Y DILATACION

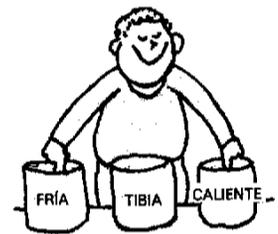
Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

En nuestro lenguaje confundimos dos conceptos distintos, como es el de calor y el de temperatura. Para comprender el significado de temperatura debemos tener en cuenta sus principales manifestaciones y las propiedades que posee para la medición.

Toda la materia está compuesta de átomos y moléculas en constante movimiento. El que los átomos y moléculas se combinen para formar sólidos, líquidos, gases o plasmas depende de la rapidez de las vibraciones moleculares. Al movimiento caótico y aleatorio de los átomos y moléculas, lo denominamos movimiento térmico. Se comienza por considerar que un cuerpo posee en virtud de este movimiento; energía térmica.

La energía térmica tiene que ver con todos los aspectos de la vida diaria, desde cocinar los alimentos hasta calentarse los pies. Las moléculas de las sustancias están en constante actividad, efectuando cierta forma de movimiento vibratorio oscilante. Mientras mayor sea esta energía cinética molecular aleatoria en una sustancia, mayor será la temperatura de ésta.

Cuando se golpea un trozo de metal con un martillo, por ejemplo, el metal se calienta (así como el martillo) Esto se debe a que el impacto del martillo hace que las moléculas del metal se muevan más aprisa. Después, conforme las moléculas de la sustancia reducen su actividad al ceder parte de su energía al aire o medio circundante, el metal se enfría de nuevo.



Cuando se toca una estufa caliente, la energía térmica penetra a la mano porque la estufa está más caliente que la mano. En cambio, cuando se toca un trozo de hielo, la energía térmica pasa de la mano hacia el hielo, más frío. En tales circunstancias la dirección de la transferencia de energía es siempre de un cuerpo caliente a uno más frío. La cantidad que expresa cuan caliente o frío es algo respecto de un cuerpo patrón se denomina temperatura. **Se dice que la temperatura es una medida del movimiento aleatorio de traslación de los átomos y moléculas de un cuerpo;** en forma más específica, es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas de un cuerpo.

### Equilibrio térmico

El primer procedimiento para medir la temperatura consiste en determinar cuándo dos cuerpos están a la misma temperatura. Para ello imaginemos dos sistemas que inicialmente separados los colocamos en contacto por medio de una pared conductora y los aislamos del resto del ambiente. Al cabo de cierto tiempo los dos sistemas se encuentran en equilibrio térmico uno con otro, pero cada uno de ellos ha tenido, que cambiar su Temperatura, presión y volumen.

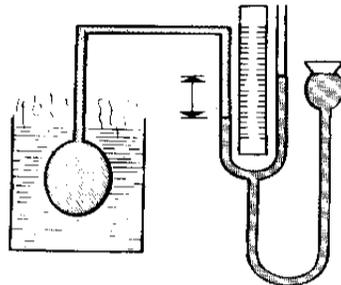
Si al colocar los dos sistemas en contacto observamos que ninguno de ellos tiene variación, podemos afirmar que están, *en equilibrio térmico* a pesar de estar separados.

Supongamos que un cuerpo A se encuentra en equilibrio térmico con un cuerpo C y otro cuerpo B se encuentra en equilibrio con C. Al colocar en contacto el cuerpo A con B, observamos que ninguno de los dos tiene variación, por lo cual, podemos afirmar que están en equilibrio térmico.

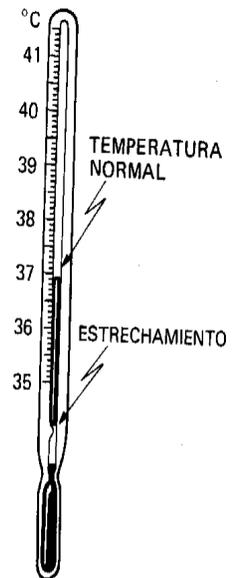
La anterior afirmación se conoce con el nombre de ley cero de la termodinámica, la cual se expresa de la siguiente forma. **“dos o más cuerpos en contacto y aislados de influencias externas tienden a un estado final denominado estado de equilibrio térmico, que se caracteriza por la uniformidad en la temperatura de los dos cuerpos”**

**Medición de la temperatura**

La comparación de las temperaturas de los cuerpos por medio del tacto sólo proporciona una idea cualitativa de ellas, por lo que se hace necesario medirla, y esta medición de la temperatura se hace con los *termómetros*. Existen varios tipos de ellos y en cada uno se utiliza la variación lineal de una cierta cantidad por un cambio de la temperatura. Se pueden utilizar termómetros de gas a volumen constante, midiendo la variación del volumen o un termómetro corriente de mercurio, midiendo la longitud de la columna de mercurio dilatado dentro de un tubo capilar.



*Termómetro de gas: en este instrumento el valor de la temperatura se obtiene por la lectura de la presión de un gas que se mantiene a volumen constante.*

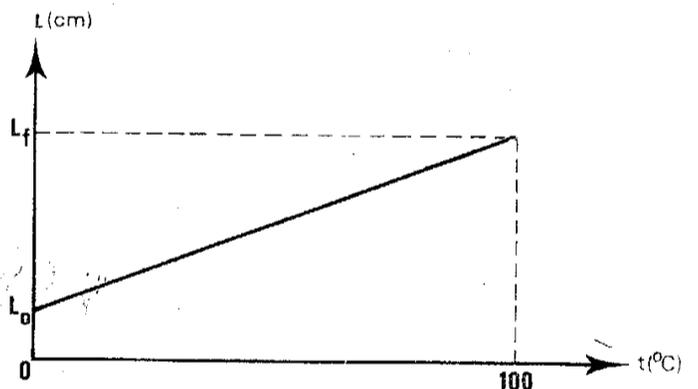
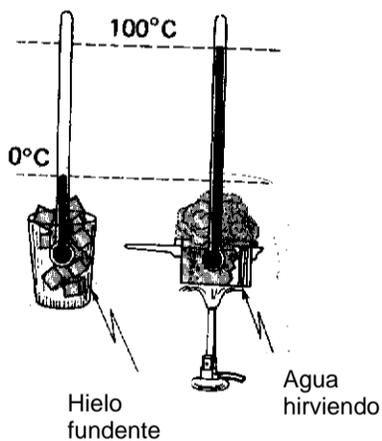


*Termómetro clínico: debido al estrechamiento en la base del tubo capilar, la columna de Hg no puede regresar al depósito. Por ello, este termómetro sigue indicando la temperatura de una persona, aunque ya no esté en contacto con ella.*

**Escalas termométricas**

- Escala Celsius o Centígrada:

Anders Celsius (1701-1744) en 1742 designó al punto de fusión del agua con 0° C y al punto de ebullición, del agua, con 100 °C. Al utilizar un termómetro de mercurio, la longitud inicial ( $L_0$ ) corresponde a 0°C y la longitud final ( $L_f$ ) a 100°C. La centésima parte de la longitud  $L_f - L_0$  corresponde a 1° Celsius. Observase que a cada temperatura le corresponde una longitud de la columna y cada longitud de la columna representa una temperatura.



- Escala Fahrenheit

G.D Fahrenheit (1686-1736) ideó la escala de temperatura que actualmente lleva su nombre llamó 0°F a la temperatura: correspondiente al punto de fusión de una solución de agua con sal común y cloruro de amonio; y a la temperatura normal del cuerpo humano le asigno la temperatura 100 °F. La centésima parte, de la longitud que corresponde en el termómetro, a esta longitud se llama grado Fahrenheit. En esta escala los puntos de fusión y ebullición del agua son 32° F y 212° F, respectivamente.

$$t \text{ } ^\circ\text{F} = \frac{9^\circ\text{F}}{5^\circ\text{C}} t \text{ } ^\circ\text{C} + 32 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- **Escala absoluto o Kelvin**

La idea de proponer la escala Kelvin surgió de las discusiones ocasionadas por las temperaturas máximas y mínimas que puede alcanzar un cuerpo. Se comprobó teóricamente que no hay un límite superior para la temperatura que puede alcanzar un objeto. Pero se observa que existe un límite natural cuando se intenta bajar la temperatura, es imposible obtener una temperatura inferior a  $-273^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura se denomina *cero absoluto*, en realidad el cero absoluto es una temperatura límite que no se puede alcanzar y por ello solo se han obtenido valores muy próximos al 0 Kelvin.

$$T_K = \frac{1\text{K} \cdot t_C}{^{\circ}\text{C}} + 273\text{K}$$

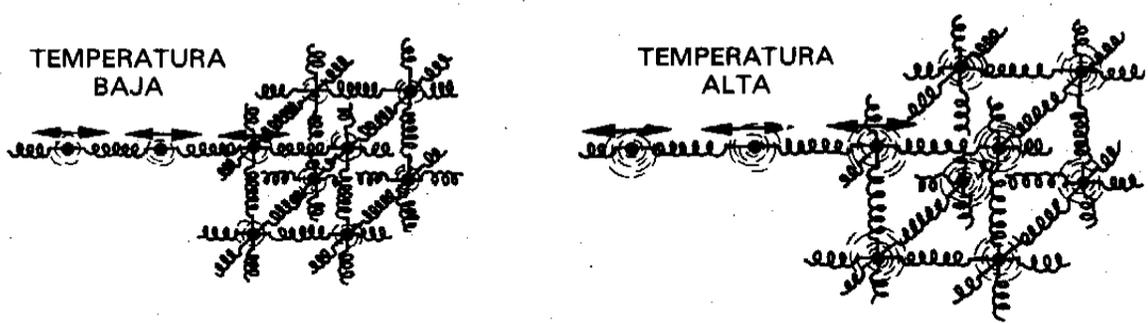
**TEMPERATURAS NOTABLES EN ALGUNOS FENÓMENOS**

Explosión de un alambre metálico por descarga eléctrica .....	10 000°C
Fotosfera solar .....	5 700°C
Arco voltaico .....	4 800°C
Fusión de tungsteno .....	3 400°C
Filamento de una lámpara eléctrica .....	2 500°C
Fusión del plomo .....	327°C
Mezcla frigorífica [cloruro de sodio (NaCl) + hielo] .....	-21°C
Condensación del hidrógeno.....	20 K
Condensación del helio.....	4 K
Evaporación rápida de helio .....	0.71 K
Desmagnetización de algunos cristales .....	$10^{-6}\text{K}$

**DILATACIÓN DE SÓLIDOS**

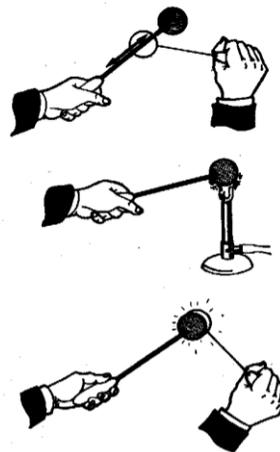
Cuando utilizamos un termómetro de mercurio o un termómetro de alcohol al fijar las temperaturas críticas nos encontrábamos que la columna tomaba posiciones diferentes, si previamente fijábamos el 0 con el punto de fusión del agua (agua con hielo) en la escala Celsius, al cambiar el termómetro e ir incrementando paulatinamente la energía interna del agua la columna de Hg se dilataba. La gran mayoría de los cuerpos, salvo raras excepciones, se dilatan cuando se les entrega energía.

Al analizar la estructura interna de un sólido encontramos que los átomos se encuentran distribuidos ordenadamente, formando lo que se denomina red cristalina del sólido. La unión de estos átomos se realiza por medio de fuerzas eléctricas las cuales se comportan como pequeños resortes que unen los átomos. Siempre estos átomos se encuentran en vibración, cuando aumenta la energía interna del sólido se produce un incremento en la vibración o agitación en los átomos y el efecto visible de lo anterior corresponde un alejamiento de la posición de equilibrio.



La elevación de la temperatura produce un aumento en la distancia media entre los átomos de un sólido. Por ello, una sustancia sólida se dilata o aumenta de tamaño.

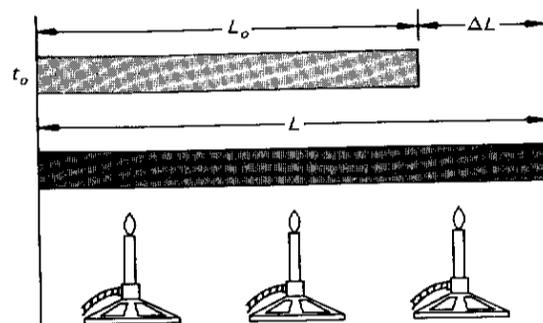
En la figura adyacente se muestra un cuerpo esférico, el cual atraviesa una argolla, ambos cuerpos inicialmente tenían la temperatura ambiente. Se procede a calentar la esfera y se observa que al intentar pasarla nuevamente por el anillo, en esta ocasión se ha dilatado y por lo tanto no atraviesa la argolla, lo anterior corresponde a la dilatación del cuerpo en forma volumétrica. Al estudiar el crecimiento de las dimensiones de una barra a cierta temperatura se observará el aumento de las tres dimensiones de ella.



Consideremos una barra de longitud inicial  $L_0$  a una temperatura  $t_0$ , si se eleva la temperatura de la barra a  $t_f$ , su longitud se vuelve  $L_f$ , por lo tanto una variación de temperatura ( $\Delta t$ ) produce una variación de la longitud ( $\Delta L$ ) de la barra.

Al efectuar varias mediciones de la variación de temperatura y la variación de longitud de la barra, se obtiene que su  $\Delta L$  es directamente proporcional a la longitud inicial ( $L_0$ ) y directamente proporcional a la variación de temperatura ( $\Delta t$ ); por lo tanto:

$$\Delta L \propto L_0 \Delta t$$



Lo anterior que es una relación directamente proporcional se transforma en una igualdad mediante una constante de proporcionalidad, en este caso la constante recibe el nombre de *coeficiente de dilatación lineal* ( $\alpha$ ); por lo tanto, la expresión anterior se transforma en una igualdad:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

Esta relación permite calcular la dilatación lineal de una barra si conocemos la longitud inicial, la variación de temperatura y el coeficiente de dilatación lineal. A continuación se entrega una tabla de coeficiente de dilatación para diferentes sustancias:

Coeficiente de dilatación lineal	
Sustancia	$\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Aluminio	$23 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$
Invar	$0.7 \times 10^{-6}$
Vidrio común	$9.0 \times 10^{-6}$
Zinc	$25 \times 10^{-6}$
Vidrio Pyrex	$3.2 \times 10^{-6}$
Tungsteno	$4 \times 10^{-6}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$
Sílice	$0.4 \times 10^{-6}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$
Diamante	$0.9 \times 10^{-6}$

Que el coeficiente de dilatación lineal del aluminio sea de  $23 \times 10^{-6}$  ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), significa que una barra de Al de 1m de longitud incrementará en  $23 \times 10^{-6}$  m cuando su temperatura aumente en  $1^{\circ}\text{C}$ .

### DILATACIÓN SUPERFICIAL Y VOLUMÉTRICA:

Las ecuaciones para calcular estas dilataciones tienen la misma estructura que la ecuación de la dilatación lineal  $\Delta L = \alpha L_0 \Delta t$ , es decir, para la dilatación superficial y volumétrica serán las siguientes:

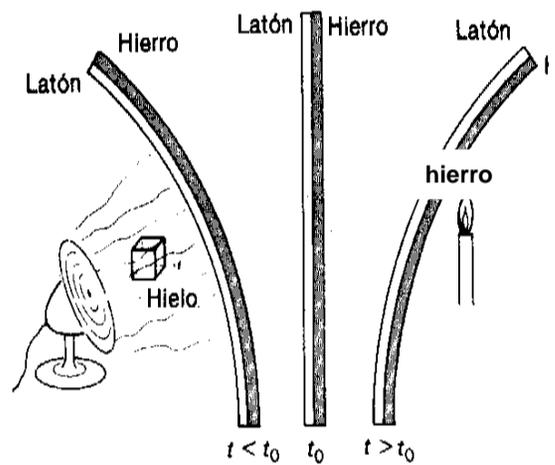
Dilatación superficial:  $\Delta A = \beta A_0 \Delta t$

Dilatación volumétrica:  $\Delta V = \gamma V_0 \Delta t$

El coeficiente de dilatación superficial equivale al doble del valor del coeficiente de dilatación lineal,  $\beta = 2 \alpha$ , y el coeficiente de dilatación volumétrica es el triple del valor del coeficiente lineal,  $\gamma = 3 \alpha$

### Banda bimetalica

La dilatación lineal tiene una gran utilidad en bandas o cintas bimetalicas, en la figura se muestra un dispositivo que está formado por dos bandas planas de diferentes material soldadas o remachadas. Las bandas están fusionadas de tal modo que tienen la misma longitud a una temperatura ambiente, si se calienta la banda el material con coeficiente de dilatación mayor se alargará más, por lo tanto, la banda se curvará hacia el lado de menor coeficiente de dilatación, en el caso de que la banda se enfriara por debajo de la temperatura ambiente se curvará en la dirección opuesta, esto se debe a que el material con el coeficiente de dilatación mayor también decrece en longitud con mayor rapidez. Las bandas bimetalicas se utilizan en sistemas de controles termostáticos, ya que la dilatación está en proporción directa con el incremento de la temperatura.



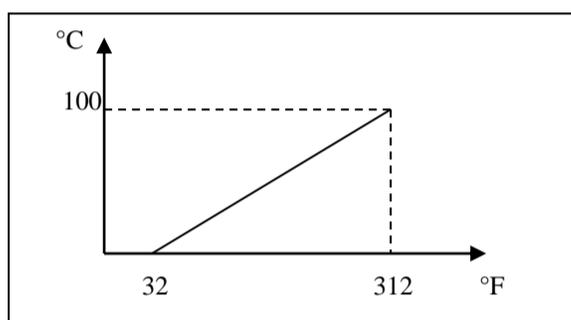
Nota:  $\alpha_{\text{latón}} = 19 \cdot 10^{-6} (\text{°C}^{-1})$

$\alpha_{\text{hierro}} = 12 \cdot 10^{-6} (\text{°C}^{-1})$

### APLICACIONES

1. A que corresponde el concepto de temperatura
2. ¿Cómo se mide la temperatura comúnmente?
3. Los cuerpos A y B, con temperaturas diferentes, siendo  $t_A > t_B$  si se ponen en contacto se encuentran aislados sin influencias externas:
  - a) ¿Qué sucede con los valores  $t_A$  y  $t_B$ ?
  - b) ¿Cómo se denomina el estado hacia el cual tienden ambos cuerpos?
4. Se calienta una olla con agua de  $20^\circ \text{C}$  a  $72^\circ \text{C}$ . ¿Qué variación experimenta en las escalas: a) Kelvin? b) Fahrenheit?

5. Demuestra que las escalas Celsius y Fahrenheit tienen la misma lectura a  $-40^{\circ}\text{C}$ .
6. La temperatura normal del cuerpo humano es de  $98,6^{\circ}\text{F}$ . ¿Una persona con fiebre puede tener  $102,6^{\circ}\text{F}$ ? Expresa dichas temperaturas en grados Celsius.
7. El punto de congelación del oxígeno es  $-218^{\circ}\text{C}$ . Expresa esta temperatura en grados Kelvin.
8. En un laboratorio de investigación, un científico midió la temperatura a la cual cierto gas se licua, encontrando un valor extremadamente bajo. ¿Cuál de los valores siguientes cree Ud. que pudo haber obtenido este científico?
  - a)  $-327^{\circ}\text{C}$
  - b)  $15\text{ K}$
  - c)  $-253^{\circ}\text{C}$
9. A partir de la gráfica encuentra la expresión matemática para convertir temperatura expresada en  $^{\circ}\text{C}$  a temperatura expresada en  $^{\circ}\text{F}$ .



10. Juanito decide crear su propio termómetro para ello al punto de fusión del hielo le asigna el valor  $50^{\circ}\text{J}$  y al punto de ebullición del agua le asigna el valor  $250^{\circ}\text{J}$ 
  - a) Trazar la gráfica que relacione la escala Juanito con la escala Celsius. (Nota: ubique a Juanito en el eje de la ordenada)
  - b) Encuentre la ecuación que relacione la escala Celsius con la escala Juanito
  - c)  $500\text{ K}$  expréselo en la escala Juanito
11. Al observar los rieles de las líneas de un ferrocarril cada cierta distancia hay una separación al igual que en los puentes peatonales o para vehículos. Explique por qué los ingenieros dejan tal separación.
12. Explique por qué las rocas en el desierto de Atacama se fragmentan.
13. Las barras A y B tienen la misma longitud inicial y su temperatura inicial es la misma, se les entrega energía mediante un mechero incrementando su temperatura en el mismo valor. Explique qué sucede están constituidas de:
  - Materiales diferentes.
  - Del mismo material
14. La longitud de un puente de acero de  $34\text{ m}$  de longitud se encuentra a una temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$ . Calcule la diferencia entre la longitud a una temperatura de  $-6^{\circ}\text{C}$  y una temperatura de  $38^{\circ}\text{C}$ .

**Instituto Nacional**  
**Física**  
**Profesor.- Aldo Scapini**

15. Una placa bimetálica está conformada por dos metales, de acero y de aluminio, a una temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ) tienen ambas la misma longitud. Explique qué sucede con la placa cuando a esta se le entrega energía aumentando su temperatura.
16. ¿Por qué es aconsejable dejar que los cables telefónicos cuelguen un poco, al instalarlos en los postes?
17. Las barras A y B de la misma longitud inicial, tienen la misma elevación de temperatura  $\Delta t$ . ¿Podrían ser diferentes las dilataciones de estas barras?. Explique.
18. Dos barras del mismo material, experimentan la misma elevación de temperatura. Las dilataciones de estas barras. ¿podrían ser distintas?. Explique.
19. ¿Por qué las amalgamas que se utilizan en los tratamientos dentales tienen el mismo coeficiente de dilatación que los dientes?
20. Los rieles de acero de una vía ferrocarril tiene una longitud de 30 m a  $0^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es su longitud en un día caluroso en que la temperatura es de  $32^{\circ}\text{C}$ ?
21. Para medir longitudes se hacen marcas sobre una barra de acero, la cual se encuentra en un cuarto que tiene una temperatura de 200 K. Si se toman medidas con esta barra en un lugar cuya temperatura es de  $27^{\circ}\text{C}$ ,
  - a) ¿Qué pasa con las medidas tomadas con la barra cuando se mide en el cuarto y cuando se mide fuera del cuarto?
  - b) ¿Qué diferencia existe en las mediciones efectuadas?
22. Una placa de zinc cuyo coeficiente de dilatación  $\alpha = 25 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$ . es de forma rectangular mide 60 cm de largo y 40 cm de ancho, se encuentra a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . Suponiendo que la placa fuese calentada y aumenta su temperatura hasta  $120^{\circ}\text{C}$ 
  - a) ¿Cuál es el valor del aumento de su largo y de su ancho?
  - b) En qué porcentaje crece el área de la placa con el aumento de la temperatura