

# CALOR

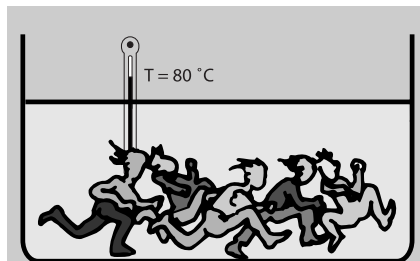
## TERMOMETRÍA

### TEMPERATURA

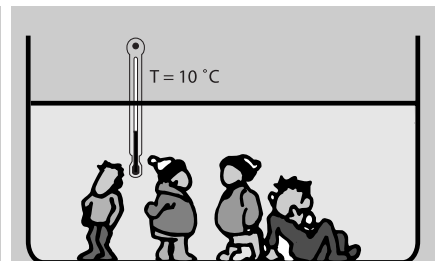
Es una magnitud escalar que mide el grado de agitación molecular de un cuerpo.

#### *Termómetro*

Es aquel instrumento que sirve para indicar la temperatura de un cuerpo. Este aparato está basado en el fenómeno de la dilatación que produce el calor en la sustancia encerrada en un tubo de vidrio (mercurio, alcohol, gas, etc).



*Las moléculas de agua se mueven rápidamente, luego su temperatura será alta.*

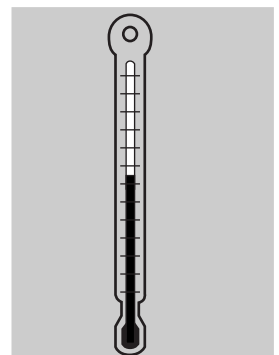


*Las moléculas de agua se mueven lentamente, luego su temperatura será baja.*

### ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Para poder medir las diferentes temperaturas es necesario establecer una serie de referencias, cuyo conjunto constituye la escala termométrica. Así para disponer de una escala práctica y fácil de verificar en cualquier aparato destinado a medir temperatura, se eligen dos puntos fijos que se obtienen al establecerse los estados de equilibrios térmico en condiciones rigurosamente controladas; luego se divide en intervalo cada uno de los cuales recibe el nombre de grado.

En la actualidad se usan con mayor frecuencia las escalas termométricas propuestas por los físicos: Celsius (1 701-1 744), Fahrenheit (1 686 – 1 736) y Kelvin (1 824 – 1 907).



Termómetro de mercurio

**A) Escala Celsius (Centígrada)**

Para construir esta escala se toman dos puntos fijos: Uno que es el punto de fusión del hielo a una atmósfera y el otro, el punto de ebullición del agua a una atmósfera. A estos puntos se le atribuyen las temperaturas de 0 °C y 100 °C, respectivamente. Enseguida se divide el intervalo entre los dos puntos en pequeños intervalos de 1 °C (1 grado centígrado).

La graduación del termómetro podrá también extenderse por debajo de 0 °C y por encima de 100 °C.

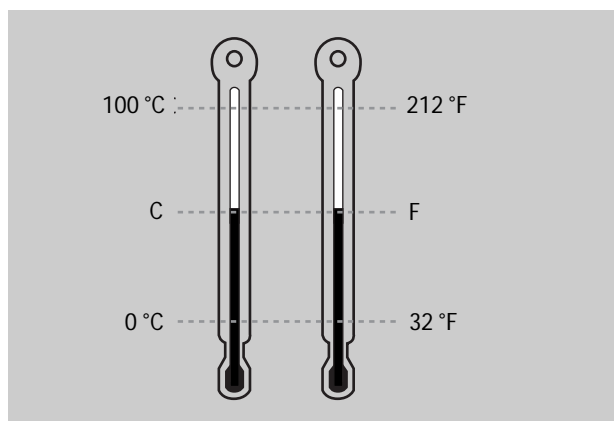
**B) Escala Fahrenheit**

Para construir esta escala se toma dos puntos fijos: Uno que es el punto de fusión de una mezcla de NaCl, NH<sub>4</sub>Cl y el hielo fundente; y el otro, la temperatura normal del cuerpo humano, a las cuales se atribuyen las temperaturas de 0 °F y 100 °F, respectivamente. En esta escala, el termómetro marca 32 grados Fahrenheit (32 °F) en la fusión del hielo y 212 °F en la ebullición del agua; intervalo que contiene 180 partes iguales o grados "F".

**Relación entre "C" y "F":**

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

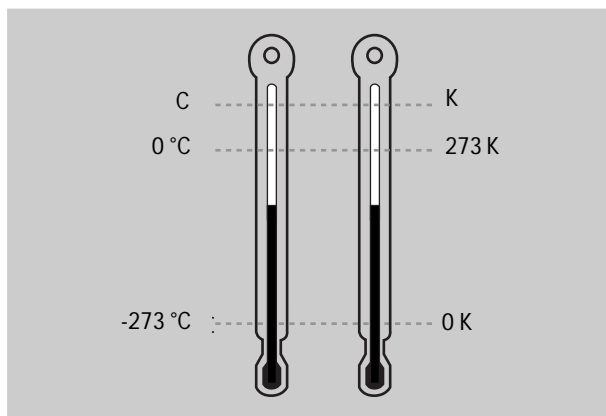


**C) Escala Kelvin**

Se sabe que la temperatura no tiene un límite superior, pero si uno inferior. Métodos modernos de la Física de bajas temperaturas han conseguido bajar la temperatura de un cuerpo, máximo a la vecindad de -273 °C; pero no se ha conseguido llegar hasta ella, ni bajar más. La temperatura de -273 °C se denomina Cero Absoluto y un gran Físico del siglo XIX, llamado Kelvin, propuso la construcción de una escala termométrica cuyo cero fuese el cero absoluto y cuyos intervalos de 1 grado fueran iguales a las de la escala Celsius. A esta escala se le da el nombre de escala Kelvin o escala Absoluta.

**Relación entre "C" y "K":**

$$K = 273 + C$$



**Determinación de Altas Temperaturas**

El termómetro de mercurio no puede utilizarse para temperaturas superiores a 350 °C porque hierve a 360 °C; pero se fabrican tipos con envoltura de cuarzo y atmósfera de nitrógeno que permiten utilizar el mercurio para medir hasta 750 °C. Los instrumentos destinados a medir altas temperaturas se designan generalmente con el nombre de pirómetros.

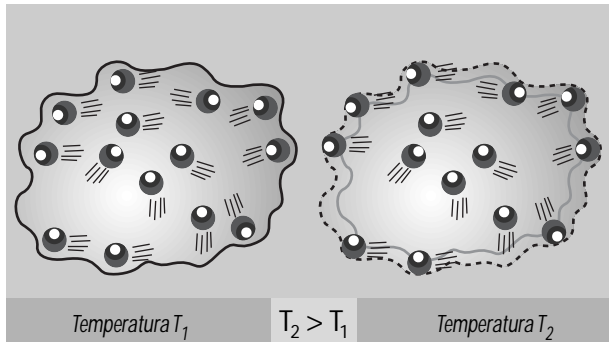
## DILATACIÓN

### Concepto

Es aquel fenómeno físico que consiste en el cambio de dimensiones que experimenta un cuerpo cuando aumenta o disminuye la temperatura. Esto es debido a lo siguiente: cuando la temperatura aumenta, las moléculas de un cuerpo se mueven con mayor intensidad y tratarán de ocupar el mayor volumen posible, el cuerpo cederá y se dilatará.

El estudiante deberá tener en cuenta que todo cuerpo al dilatarse lo hace en sus tres dimensiones; sin embargo, a veces puede interesarnos la variación de su longitud solamente, como el caso de los alambres; o quizás la variación de una superficie, (caso de una pizarra).

### Ilustración



En el presente capítulo estudiaremos las tres clases de dilataciones.

### DILATACIÓN LINEAL

Es aquella dilatación que aparece en cuerpos en que se hace notoria la longitud, esto no significa que sus demás dimensiones no se dilatan, ¡sí se dilatan!; pero en mínima escala.

$$L_f = L_o(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

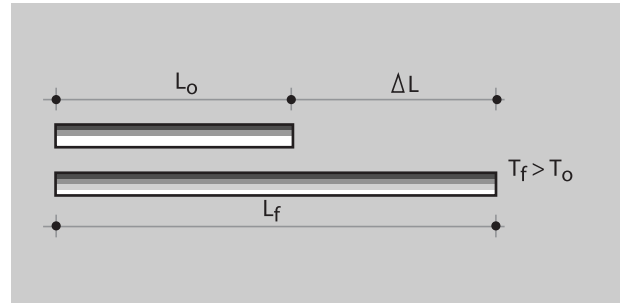
$L_f$  : longitud final

$L_o$  : longitud inicial

$\Delta T = T_f - T_o$  : variación de temperatura

$\alpha$  : coeficiente de dilatación lineal ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

### Ilustración



### DILATACIÓN SUPERFICIAL

Es el aumento superficial que experimenta un cuerpo al ser calentado.

$$S_f = S_o(1 + \beta \cdot \Delta T)$$

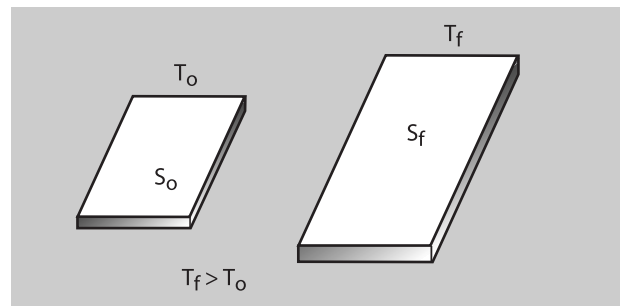
$S_f$  : superficie final

$S_o$  : superficie inicial

$\Delta T = T_f - T_o$  : variación de temperatura

$\beta$  : coeficiente de dilatación superficial ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

### Ilustración



### DILATACIÓN VOLUMÉTRICA

El volumen de un cuerpo aumenta cuando éste se calienta. Este aumento de volumen recibe el nombre de dilatación volumétrica o cúbica.

$$V_f = V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

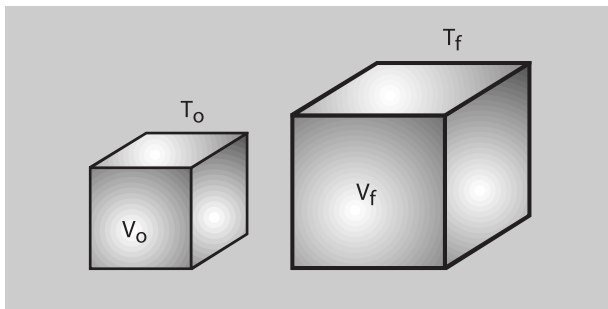
$V_f$  : volumen final

$V_o$  : volumen inicial

$\Delta T = T_f - T_o$  : variación de temperatura

$\gamma$  : coeficiente de dilatación volumétrica ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

## Ilustración

**OBSERVACIÓN**

Los coeficientes de dilatación dependen del tipo de material, además:

$$\begin{aligned}\gamma &= 3\alpha \\ \beta &= 2\alpha\end{aligned}$$

## Coeficientes de dilatación lineal de sólidos

Sustancia	$\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Plomo	$29 \times 10^{-6}$
Zinc	$26 \times 10^{-6}$
Aluminio	$23 \times 10^{-6}$
Latón	$18 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$
Vidrio (común)	$9 \times 10^{-6}$
Vidrio (pirex)	$3,2 \times 10^{-6}$
Diamante	$0,9 \times 10^{-6}$

## Coeficientes de dilatación volumétrica de fluidos

Sustancia	$\gamma$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Aire	$36,0 \times 10^{-4}$
Eter	$16,0 \times 10^{-4}$
Alcohol	$11,0 \times 10^{-4}$
Petróleo	$9,20 \times 10^{-4}$
Glicerina	$5,0 \times 10^{-4}$
Mercurio	$1,82 \times 10^{-4}$
Agua	$1,80 \times 10^{-4}$

**EXPERIENCIA: DILATACIÓN DE LOS SÓLIDOS****OBJETIVO**

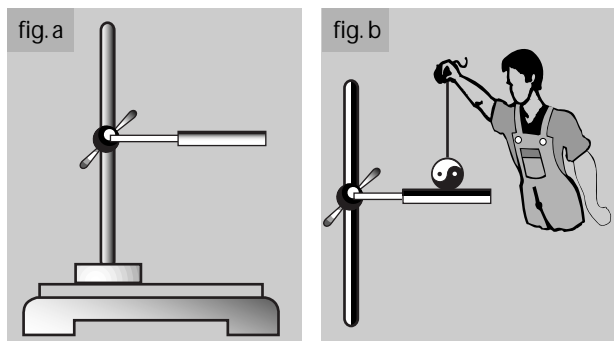
Demostrar que los sólidos se dilatan por efecto de un incremento en su temperatura.

**MATERIAL A EMPLEARSE**

- Un soporte.
- Un anillo metálico.
- Una bola de acero cuyo diámetro sea igual al diámetro interior del anillo.
- Un mechero.

**NÚMERO DE ALUMNOS:** Dos**PROCEDIMIENTO:**

- 1.- Colocar el anillo en la posición mostrada, (fig. a).
- 2.- Introducir la bola de acero con ayuda de una cuerda, (fig. b).
- 3.- Extraer la bola y calentarla en el mechero.
- 4.- Tratar de introducir nuevamente al anillo con ayuda de la cuerda.

**PREGUNTAS**

- 1.- La bola caliente. ¿Se introduce en el anillo? Sí-No. ¿Porqué?
- 2.- ¿Qué se dilató, el anillo o la bola? ¿Por qué?
- 3.- ¿Qué pasaría si la bola fría, se trata de introducir en el anillo caliente? Inténtelo.

## CALORIMETRÍA

### Concepto

Es una parte de la física que se encarga de realizar las mediciones referentes al calor.

### CALOR

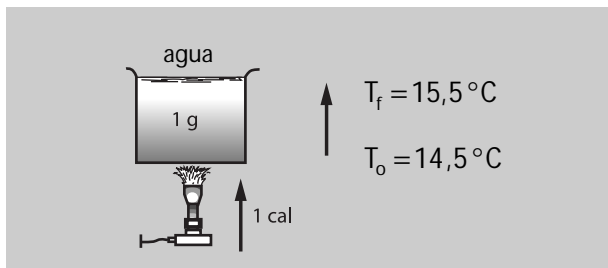
Es una magnitud escalar que mide el "paso de energía" (energía en tránsito) de un cuerpo a otro, exclusivamente por diferencia de temperatura.

### Unidad de Calor en el S.I.:

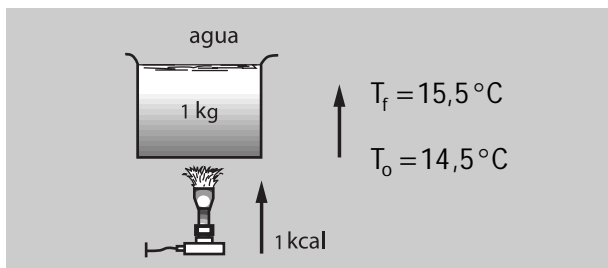
Joule (J)

### Unidades Tradicionales del Calor:

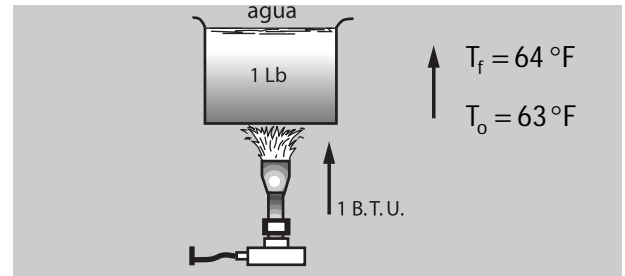
**Caloría – gramo (cal).**- Se define así a la cantidad de calor que se le debe suministrar a un gramo de agua para que aumente su temperatura en  $1^\circ\text{C}$  ( $14,5^\circ\text{C}$  a  $15,5^\circ\text{C}$ ).



**Kilocaloría (kcal).**- Se define así a la cantidad de calor que se le debe suministrar a 1 kg de agua para que su temperatura aumente en  $1^\circ\text{C}$  ( $14,5^\circ\text{C}$  a  $15,5^\circ\text{C}$ ).



**British Thermal Unit (B.T.U.).**- Se define así a la cantidad de calor que se le debe adicionar a una libra de agua para que su temperatura aumente en  $1^\circ\text{F}$  ( $63^\circ\text{F}$  a  $64^\circ\text{F}$ ).



### Equivalencias

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$$

$$1 \text{ B.T.U.} = 252 \text{ cal}$$

### PROPAGACIÓN DEL CALOR

La transmisión de calor se efectúa mediante tres mecanismos.

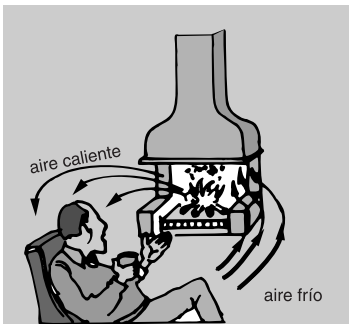
**A) Conducción.**- Es la transferencia de calor a través de un cuerpo sin transporte de materia, esto se debe a que la energía cinética de las moléculas del extremo caliente, transmite por choques a las moléculas vecinas y así sucesivamente. Algunos cuerpos buenos conductores conducen bien el calor, en tanto que otros, llamados malos conductores o aislantes lo conducen mal (los metales son buenos conductores; la madera, el carbón y el azufre son malos conductores).



**B) Convección.**- Sólo se efectúa en los fluidos (líquidos y/o gases); consiste en la transferencia de calor de un lugar a otro por transporte de masa caliente.

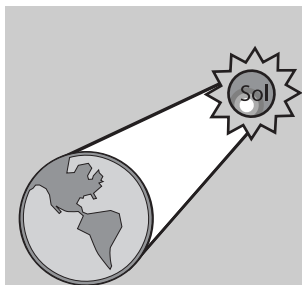


Las masas de agua del fondo son las primeras en calentarse; ahora como su densidad disminuye, estas se desplazan hacia arriba y su lugar es reemplazado por otra masa fría, este proceso se repite por ciclos.



El sistema de calefacción de las casas se realizan utilizando el sistema de convección.

c) **Radiación.**- Todo cuerpo cuya temperatura sea mayor al cero absoluto, emite radiación térmica que viene ser **infrarroja**, semejantes a las ondas luminosas; se propagan en línea recta y con una velocidad en el vacío de 300 000 km/s (también se propagan en cuerpos transparentes). Cuando inciden sobre un cuerpo opaco, estas absorben la energía transportada y se transforma en calor:



La Tierra recibe el calor del Sol por radiación, pero sólo la porción expuesta al Sol.

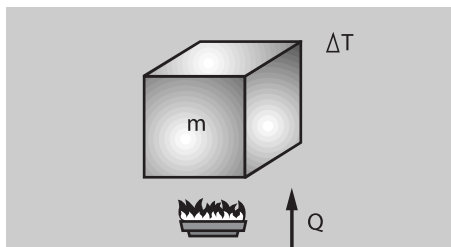


La persona absorbe el calor de la fogata, en su mayor parte por radiación.

### CAPACIDAD TÉRMICA OCALORÍFICA(C)

Es una característica de cada cuerpo, es decir que diferentes trozos de un mismo material pueden tener diferentes "C". La capacidad térmica se mide por la cantidad de calor comunicado al cuerpo para aumentar su temperatura en un grado, (por la escala elegida de temperatura).

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$



### CALOR ESPECÍFICO (Ce)

Es aquella magnitud escalar que indica la cantidad de calor que debe suministrarse a la "Unidad de masa" de una sustancia para que su temperatura se incremente en un grado, (escogido). El calor específico, es una característica de cada material.

$$C_e = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Pero la fórmula que más se empleará es:

$$Q = C_e m \Delta T$$

Q = calor entregado o calor perdido  
 Ce = calor específico del cuerpo  
 $\Delta T = T_f - T_o$ : variación de temperatura  
 m = masa del cuerpo

**Unidad de Calor Especifico en el S.I.:**

$$\frac{\text{Joule}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

**Unidades Tradicionales:**  $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$  ,  $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$  ,  $\frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$

**Equivalencias:**  $\frac{1\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = \frac{1\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} = \frac{1\text{B.T.U.}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$

Tabla de calores específicos:

Sustancia	Ce (cal/g °C)
Hielo	0,5
Agua	1,0
Vapor de agua	0,5
Aluminio	0,217
Cobre	0,093
Vidrio	0,199
Hierro	0,113
Plomo	0,031
Mercurio	0,033
Plata	0,056

## EQUILIBRIO TÉRMICO

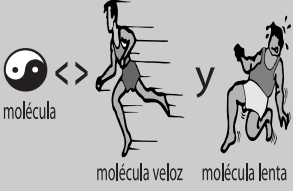
Si tomamos dos cuerpos a diferentes temperaturas y los colocamos en un ambiente aislado, se observa que uno de ellos se calienta, mientras que el otro se enfría, hasta que al final los dos cuerpos quedan a la misma temperatura, llamada temperatura de equilibrio.

El mecanismo de transferencia de calor podrá entenderse del modo siguiente:

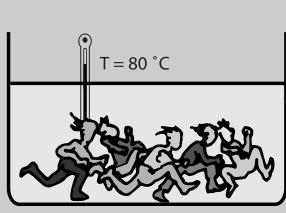
El cuerpo a temperatura más alta tiene mayor energía de vibración en sus partículas atómicas, cuando se coloca en contacto con el cuerpo más frío que tiene una energía de agitación menor; las partículas del cuerpo caliente entregan energía a las del cuerpo frío, que pasan a tener mayor agitación, produciendo un aumento de temperatura de este cuerpo y un descenso en la del cuerpo caliente. Se produce una transferencia de energía y después un paso de calor del cuerpo caliente hacia el cuerpo frío. Cuando las dos temperaturas se igualan, las moléculas de los cuerpos tienen, en promedio, la misma energía de agitación. Pueden existir en cada cuerpo, individualmente, partículas con energía de agitación diversa; pero en promedio, la energía es la misma para los dos cuerpos.

### Ilustración

**Supongamos:**

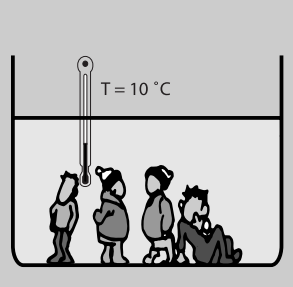


molécula veloz      molécula lenta



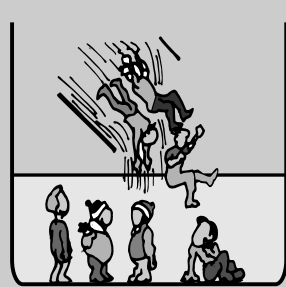
T = 80 °C

*Las moléculas de agua se mueven más rápido, tienen mayor energía de vibración.*



T = 10 °C

*Las moléculas de agua se mueven más lento, tienen menor energía de vibración.*



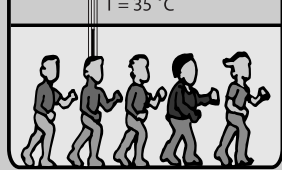
*Veamos lo que pasa cuando se mezclan. Un cuerpo de mayor temperatura con otro de menor temperatura.*

**TRANSFERENCIA DE ENERGÍA**



*Las moléculas de mayor temperatura, empujarán a las de menor temperatura y harán que éstas se muevan más rápido, sin embargo para esto, las moléculas (80 °C) perderán energía y bajarán la rapidez de su movimiento.*

**TEMPERATURA DE EQUILIBRIO**



T = 35 °C

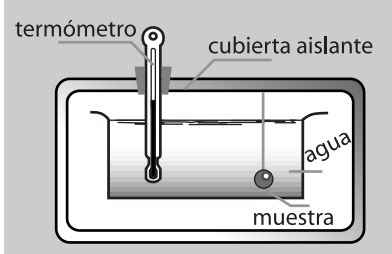
*Finalmente todo el sistema tendrá un movimiento promedio (energía promedio), es decir habrá ocurrido el Equilibrio Térmico.*

## CALORÍMETRO

Es aquel recipiente térmicamente aislado que se utiliza para determinar el calor específico de un sólido o líquido cualquiera; para ello se sigue el siguiente procedimiento:

- A) El cuerpo cuyo calor específico se desea calcular se calienta hasta una temperatura superior a la del calorímetro y el líquido que contiene.
- B) El cuerpo así calentado se sumerge en el líquido que contiene el calorímetro, de manera que el líquido y el calorímetro se calientan mientras que el cuerpo sumergido se enfría. Al final todo el sistema queda a una sola temperatura, llamada Temperatura de Equilibrio. Si se desprecia las pérdidas de calor con el medio ambiente, se puede decir entonces que el calor perdido por el cuerpo caliente es igual al calor ganado por el calorímetro y líquido contenido en él.

$Q_{\text{ganado}} = Q_{\text{perdido}}$



## EQUIVALENTE MECÁNICO DE CALOR

Es aquel valor que nos indica la relación existente entre la energía mecánica y la energía calorífica.

$$W = J \cdot Q$$

- J = equivalente mecánico de calor
- Q = calor ganado
- W = energía perdida

**Valores "J":**    J = 4,186 Joule/cal  
                           J = 427 kg – m / kcal  
                           J = 778 lb – pie/B.T.U.



## CAMBIO DE ESTADO DE UNA SUSTANCIA

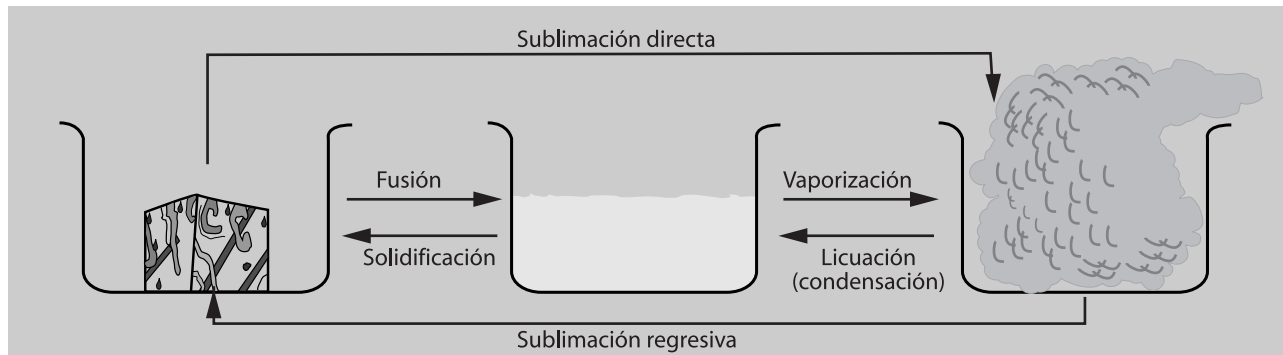
Si a un cuerpo que está a una determinada temperatura en estado sólido se le calienta progresivamente, se puede observar que, al llegar a una presión y temperatura determinada, se convierte gradualmente en un líquido. Si se continúa calentando ese líquido, llega un momento en que se convierte gradualmente en vapor.

**Se llama cambio de estado, al fenómeno que consiste en el paso de un estado cualquiera a otro, por adición o sustracción de calor.**

Todo cambio de estado se realiza a una temperatura y presión constante y depende de cada sustancia. Así tenemos que el hielo se convierte en líquido a 0 °C y 1 atmósfera de presión, y el agua se convierte en vapor a 100 °C y 1 atmósfera de presión. Para otro cuerpo estos valores son diferentes. Cuando un cuerpo cambia de estado, adquiere otras propiedades que le son inherentes a su nuevo estado.

**En el aspecto macroscópico podemos distinguir tres estados de la materia: El sólido, el líquido y el gaseoso.**

### Ilustración



Recientemente se estudió un cuarto estado denominado "Plasma". El plasma es un gas cuyos constituyentes están cargados eléctricamente o ionizados. Su comportamiento depende mucho de la presencia de fuerzas eléctricas y magnéticas. Como la mayor parte de la materia del Universo existe en forma de plasma, varios investigadores en el campo de la Física Moderna se han dedicado a su estudio.

### CALOR LATENTE (L)

Es la cantidad de calor que se le debe adicionar o quitar a la unidad de masa de una sustancia, para que cambie de estado. La cantidad de calor absorbida o emitida durante el cambio de estado se usa para realizar dicho fenómeno; esto es, para quebrar o unir la ligazón o separación respectiva, entre los átomos o moléculas del cuerpo. Sin producir por lo tanto, una elevación o disminución de la temperatura. Resumiendo: En un cambio de estado, la temperatura permanece constante.

Existen dos tipos de calor latente:

#### A) **Calor Latente de Fusión ( $L_f$ )**

Es la cantidad de calor que se le debe suministrar o quitar a la unidad de masa de una sustancia, que está en condiciones de cambiar de estado, para que pase del estado sólido al líquido o viceversa. Así, el plomo se funde a 327 °C y a la presión de 1 atm, y el hielo que está a 0 °C y a 1 atm se necesita adicionarle 80 calorías, para derretir un gramo.

- Para una masa "m":

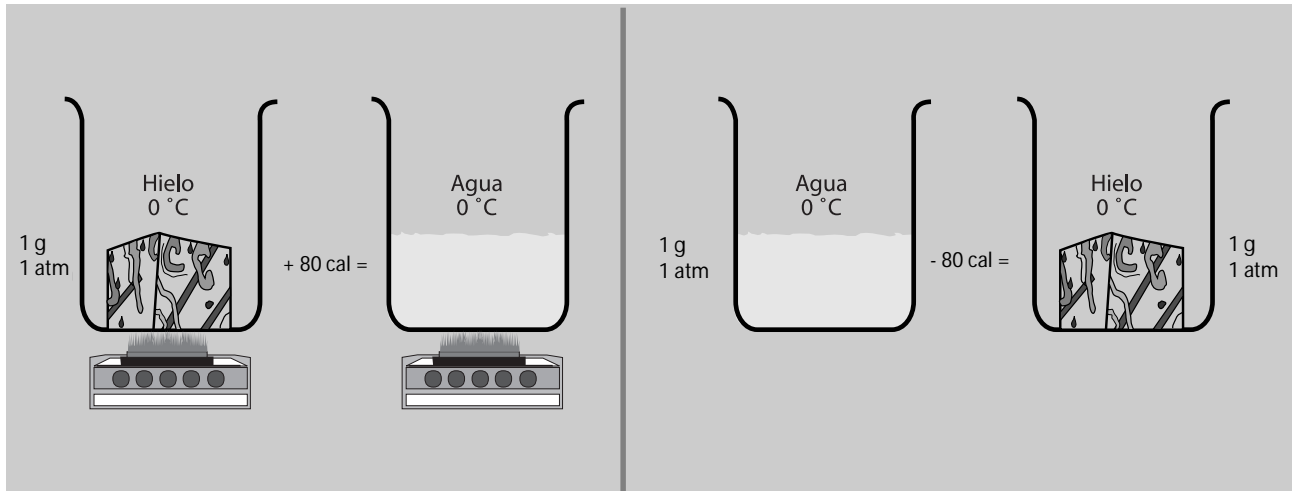
$$Q = m \cdot L_f$$

- En el caso de agua:

$$L_f = 80 \text{ cal/g}$$

ó  $L_f = 144 \text{ B.T.U. / lb}$





**B) Calor latente de Vaporización ( $L_v$ )**

Es la cantidad de calor que se le debe adicionar o quitar a la unidad de masa de una sustancia, que está en condiciones de cambiar de estado, para que pase del estado líquido al estado gaseoso o viceversa. Así tenemos que si el agua está a 100 °C y 1 atmósfera de presión, entonces para que pase a vapor de agua un gramo de este líquido se necesita adicionarle una cantidad de 540 calorías.

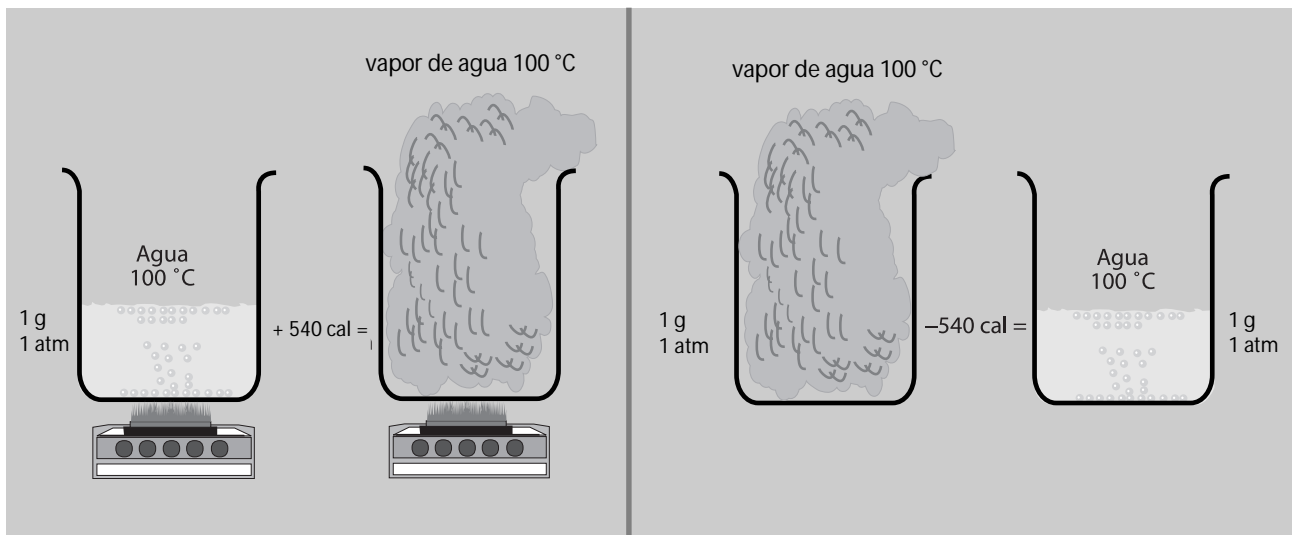
☐ Para una masa "m":

$$Q = m \cdot L_v$$

☐ En el caso de agua:

$$L_v = 540 \text{ cal/g}$$

$$\text{ó } L_v = 970 \text{ B.T.U. / lb}$$



**OBSERVACIONES**

El estudiante debe darse cuenta que ya conocemos dos fórmulas para calcular el calor:

– La primera fórmula se aplica cuando la temperatura varía.

$$Q = C_e m \Delta T$$

– La segunda fórmula se aplica cuando hay un cambio de estado; recuerde que "L" es el calor latente, puede ser de fusión o de vaporización, según sea el caso.

$$Q = m \cdot L$$