

# CALOR Y TEMPERATURA

## Definiendo conceptos

Hoy en día sabemos que los átomos y moléculas de los que está formada la materia no están en reposo aunque el cuerpo que constituyen esté quieto. En los sólidos sus partículas vibran continuamente alrededor de su posición de equilibrio; en los líquidos se mueven con libertad, aunque confinadas a un determinado volumen; en los gases se mueven con libertad, ocupando todo el espacio disponible.

Llamaremos energía térmica a la suma de las energías de todas las partículas que componen un cuerpo. La temperatura es el valor medio de la energía cinética de estas partículas.

Todos sabemos que los cuerpos pueden calentarse (aumentar su energía interna) o enfriarse (perder energía interna). La energía ganada o perdida en estos procesos es el calor.

## LA TEMPERATURA



**¿Qué es?** Todos sabemos intuitivamente de qué estamos hablando. Por medio del tacto notamos la temperatura al tocar un cuerpo ya que unas terminaciones nerviosas situadas en la piel se encargan de ello.

Los gatos poseen termo sensores en la nariz que les permiten distinguir variaciones de  $0.2^{\circ}\text{C}$ .

Toda la materia está formada por partículas en continua agitación: incluso los sólidos, que a simple vista parecen estar en reposo, la tienen.

En los sólidos las vibraciones son pequeñas. Si la energía de agitación es muy grande, se pueden llegar a romper los enlaces entre las moléculas y entre los átomos.

Las partículas se desenlazan y vibran libres, rotan, chocan entre si y contra las paredes del recipiente.

No todas las partículas se mueven en la misma dirección y con la misma velocidad. A cada estado concreto se le puede asignar una velocidad media.

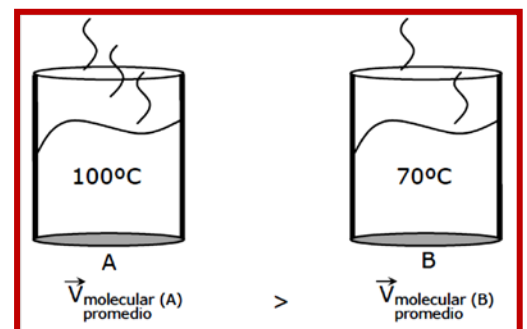
En un gas la temperatura es una magnitud (algo que podemos medir) que se relaciona con la medida de la velocidad media con que se mueven las partículas (por lo tanto con su energía cinética o nivel de agitación).

La temperatura no depende del número de partículas que se mueven sino de su velocidad media: a mayor temperatura mayor velocidad media. No depende por tanto de la masa total del cuerpo: si dividimos un cuerpo con una temperatura "T" en dos partes desiguales las dos tienen la misma temperatura.

La temperatura es una magnitud que refleja el nivel térmico de un cuerpo (su capacidad para ceder energía calorífica) y el calor es la energía que pierde o gana en ciertos procesos (es un flujo de energía entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas).

Nivel térmico es el nivel de agitación. Comparando los niveles térmicos sabemos hacia donde fluye el calor.

La temperatura refleja el nivel térmico de un cuerpo e indica el sentido en que fluye el calor.



La temperatura es una magnitud fundamental y escalar que nos dice cuan caliente o frío es algo respecto de cierta referencia. Esta cantidad está asociada con el movimiento de las moléculas que componen dicha sustancia. Si estas se encuentran a mayor o menor velocidad promedio, será mayor o menor su temperatura respectivamente.

### ¿CÓMO SE MIDE LA TEMPERATURA?

Nuestro tacto detecta la temperatura, pero carece de la capacidad de medirla con rigor. Si se introduce una mano en un recipiente frío y la otra en uno caliente, y luego las dos manos juntas en otro recipiente con agua templada.

La primera mano se encontrará caliente y la otra fría. Del cuerpo que está a mayor temperatura decimos que "está más caliente" y a veces, erróneamente, se dice "que tiene más calor". Los cuerpos no tienen calor, tienen energía interna y tienen temperatura. Reservamos el término "calor" para la energía que se transfiere de un cuerpo a otro. Esta energía es fácil de medir, pero la energía total que tiene el cuerpo no.

Si un cuerpo recibe energía calorífica aumenta la agitación de las partículas que lo forman (átomos, moléculas o iones) y se pueden producir también cambios en la materia: dilatación, cambios de color (piensa en una barra de metal al calentarla), variación de su resistencia a la conducción, etc. Estos cambios se pueden utilizar para hacer una escala de temperatura.

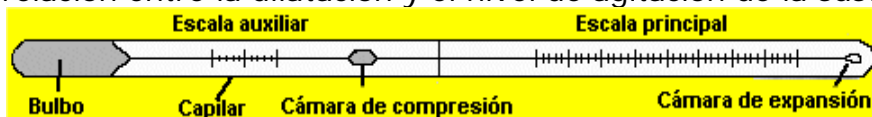
Al poner en contacto dos sustancias la agitación de las partículas de una se transmite, mediante choques, a las partículas de la otra hasta que se igualan sus velocidades. Las partículas de la sustancia más caliente son más rápidas y poseen más energía. En cada impacto ceden parte de la energía a las partículas más lentas con las que entran en contacto. Las partículas de la sustancia que está a mayor T se frenan un poco, pero al mismo tiempo hacen que las más lentas aceleren.

Finalmente las partículas de las dos sustancias alcanzan la misma velocidad media y por lo tanto la misma temperatura: se alcanza el "equilibrio térmico".

Para diseñar un instrumento que mida la temperatura debemos escoger una cualidad de la materia que sea fácilmente observable, que varíe de manera importante con la agitación de sus partículas, que sea fácil de medir y que nos permita relacionar su variación con la agitación que tiene el cuerpo.

La cualidad elegida en los termómetros de mercurio es la dilatación, pero existen otros tipos de termómetros basados en otras cualidades.

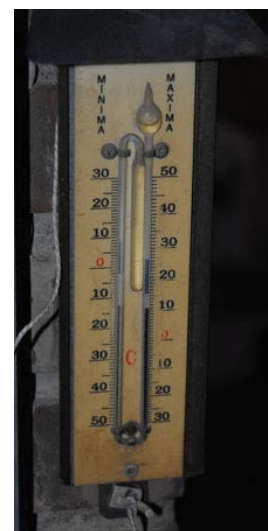
Se utiliza el mercurio para construir termómetros porque es un metal que es líquido entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y porque se dilata mucho. Encerramos el metal dentro de un tubo fino (capilar) para que al dilatarse un poco avance mucho por el tubo (cuanto más fino sea el tubo más centímetros avanza). Midiendo longitudes de la columna podemos establecer una relación entre la dilatación y el nivel de agitación de la sustancia a medir.



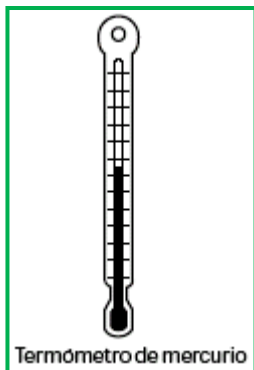
¡Medimos la temperatura midiendo una longitud!

Se pueden tomar como base para medir las temperaturas otras propiedades que cambien con ella como el color, la resistencia eléctrica, etc. Aparatos basados en las anteriores propiedades son el pirómetro óptico, el termopar....

Esto posibilita el medir en distintos rangos de temperaturas. Piensa en lo que pasaría si midieras la temperatura de un alto horno con un termómetro de mercurio.



## Calibrado del termómetro. Escala Celsius de temperatura



Celsius, eligió como cero de temperatura para su escala la temperatura del hielo en contacto con agua. Las temperaturas inferiores, por lo tanto, serán negativas.

Para marcar ese punto en el termómetro, lo introducimos en una mezcla de agua y hielo y esperamos hasta que se establezca la posición del mercurio de la columna. Marcamos ese punto en el vidrio (es el extremo de la columna de mercurio en ese momento) como punto 0.

Calentamos agua en un Erlenmeyer cerrado con un tapón bihoradado. Por un agujero del tapón sale un tubo y por él vapor, por el otro introducimos el termómetro. Se inserta hasta que el bulbo quede en un punto próximo a la superficie del agua.

La columna de mercurio sube pero cuando el agua empieza a hervir se para y no sube más. Marcamos el vidrio en ese punto como punto 100. Si la presión no es 1 atm. la temperatura de ebullición no será 100 °C.

Dividimos la longitud del vidrio entre 0 y 100 en 100 partes iguales. A cada división le corresponde 1 grado centígrado.

Con el termómetro de mercurio medimos la temperatura del aire. Este es el dato climatológico más conocido. El termómetro recibe el calor transmitido por conducción del aire que lo rodea.

### A) Escala Celsius (Centígrada)

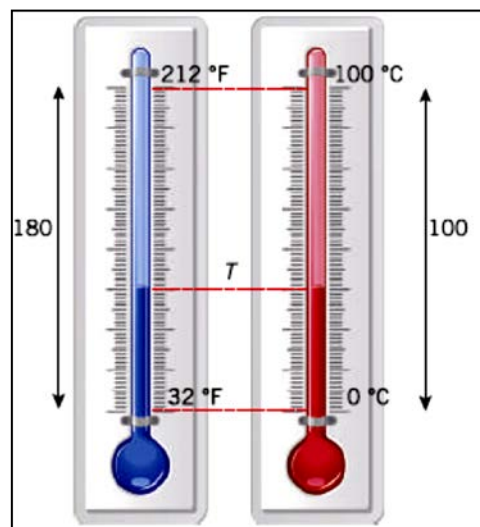
Para construir esta escala se toman dos puntos fijos: Uno que es el punto de fusión del hielo a una atmósfera y el otro, el punto de ebullición del agua a una atmósfera. A estos puntos se le atribuyen las temperaturas de 0 °C y 100 °C, respectivamente. Enseguida se divide el intervalo entre los dos puntos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

Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) era un físico Alemán que inventó el termómetro de Alcohol en 1709 y el termómetro de mercurio en 1714. La escala de temperatura Fahrenheit fue desarrollada en 1724. En la escala Fahrenheit, el punto de congelación del agua es de 32°F (grados Fahrenheit), y el de ebullición es de 212°F (grados Fahrenheit). Una diferencia de 1,8 grados Fahrenheit equivale a una diferencia de 1 grado Celsius. La temperatura del cuerpo humano es 98,6°F. Se usa mucho en los EEUU y Gran Bretaña.

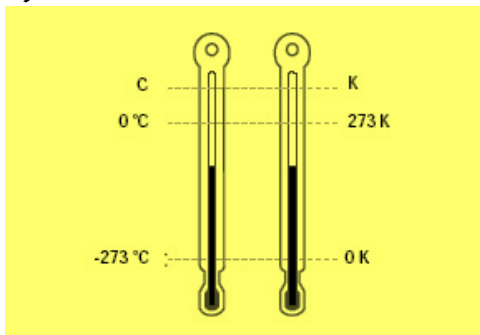
Para construir esta escala se toma dos puntos fijos: Uno que es el punto de fusión de una mezcla de NaCl, NH<sub>4</sub>Cl y el hielo fundente; y el otro, la temperatura normal del cuerpo humano, a las cuales se atribuyen las temperaturas de 0 °F y 100 °F, respectivamente.

Daniel Gabriel Fahrenheit, lo hizo así: "Colocando el termómetro en una mezcla de sal de amonio o agua salada, hielo y agua, encontré un punto sobre la escala al cual llamé cero. Un segundo punto lo obtuve de la misma manera, si la mezcla se usa sin sal. Entonces denoté este punto como 30. Un tercer punto, designado como 96, fue obtenido colocando el



termómetro en la boca para adquirir el calor del cuerpo humano." No debía estar muy bien ese día.

### C) Escala Kelvin



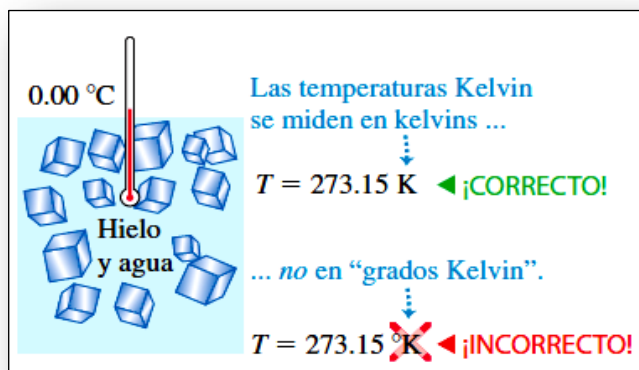
Se sabe que la temperatura no tiene un límite superior, pero si uno inferior. Métodos modernos de la Física de bajas temperaturas han conseguido bajar la temperatura de un cuerpo, máximo a la vecindad de  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; pero no se ha conseguido llegar hasta ella, ni bajar más.

La temperatura de  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  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

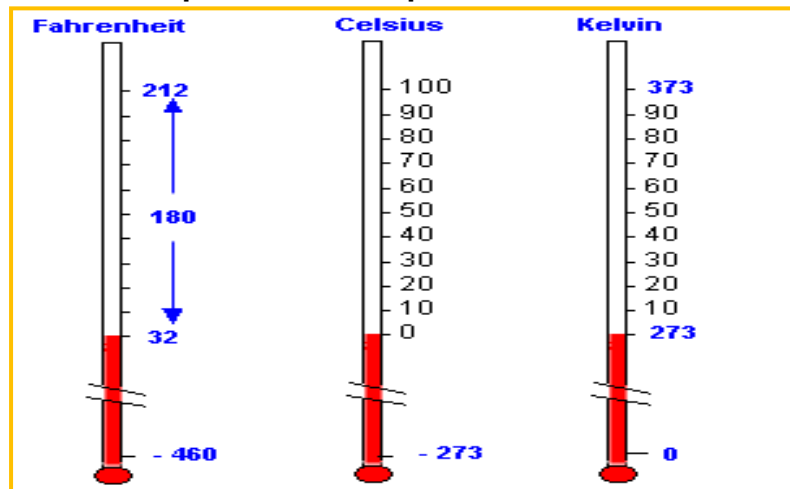
iguales a las de la escala Celsius. A esta escala se le da el nombre de escala Kelvin o escala Absoluta.

Creada por el británico William Thomson que fue nombrado «lord Kelvin», su cero o cero absoluto es la temperatura más baja posible del Universo. En ella, hasta el movimiento de los átomos y de sus electrones se detendría. Como el cero absoluto es la temperatura más baja posible, en la escala absoluta no hay temperaturas negativas.

Es la unidad de temperatura del Sistema Internacional, su símbolo es K (nunca  $^{\circ}\text{K}$ ) y su nombre no es el de «grado kelvin» sino simplemente «kelvin».



En este esquema se comparan las escalas más importantes:



### Conversión de valores de temperaturas

La escala Celsius y la escala Kelvin tienen una transformación muy sencilla:

$$K = 273 + ^{\circ}\text{C}$$

**Relación entre "C" y "K":**

$$K = 273 + C$$

En la transformación de grados centígrados a grados Fahrenheit debes tener en cuenta que cada grado centígrado vale  $1,8\text{ }^{\circ}\text{F}$  (0 - 100 en la escala centígrada equivale a 32 - 210 en la escala Fahrenheit). Por lo tanto debes multiplicar los grados centígrados por 1,8 que equivale a  $9/5$ . Como el cero Celsius corresponde al 32 Fahrenheit debes sumar 32:

$$^{\circ}\text{F} = (9/5) ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = 1,8 ^{\circ}\text{C} + 32$$



Escala Celsius	Escala Kelvin	Escala Fahrenheit
<p>Asigna el valor 0 °C (cero grados Celsius) al punto de fusión normal del agua y 100 °C, al punto de ebullición normal del agua.</p> <p>El intervalo entre las dos temperaturas se divide en 100 partes iguales llamadas grados Celsius.</p> <p>Estas divisiones son iguales que las de la escala Kelvin.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equivalencia entre la temperatura Celsius (<math>t_c</math>) y la Kelvin (T):</li> </ul> $T = t_c + 273$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equivalencia entre la temperatura Celsius (<math>t_c</math>) y la Fahrenheit (<math>t_f</math>):</li> </ul> $\frac{t_c}{5} = \frac{t_f - 32}{9}$	<p>Asigna el valor 0 K (cero kelvin) a la temperatura llamada cero absoluto.</p> <p>El punto de fusión normal del agua corresponde a 273,15 K y el de ebullición normal, a 373,15 K.</p> <p>Las divisiones de esta escala, llamadas kelvins, son iguales que las de la escala Celsius .</p> <p>El kelvin es la unidad utilizada en el Sistema Internacional (SI).</p> <p>Usualmente tomamos la temperatura de 273 K como la correspondiente a 0 °C, redondeando el valor de 273,15 K.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equivalencia entre la temperatura absoluta (T) y la Celsius (<math>t_c</math>):</li> </ul> $T = t_c + 273$	<p>Asigna el valor de 32 °F (32 grados Fahrenheit) al punto de fusión normal del agua y 212 °F, al punto de ebullición normal del agua.</p> <p>El intervalo entre ambas temperaturas se divide en 180 partes iguales llamadas grados Fahrenheit.</p> <p>Ésta es la escala usada comúnmente en Estados Unidos , Gran Bretaña y otros países de su influencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equivalencia entre la temperatura Fahrenheit (<math>t_f</math>) y la temperatura Celsius (<math>t_c</math>):</li> </ul> $\frac{t_c}{5} = \frac{t_f - 32}{9}$

## CALOR Y TEMPERATURA

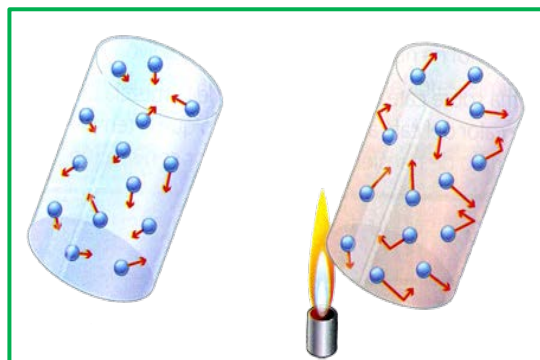
En el lenguaje cotidiano solemos confundir los términos **calor** y temperatura. Así, cuando hablamos del calor que hace en el verano o lo mal que saben los refrescos calientes, realmente nos referimos a la **temperatura**, a la mayor o menor **temperatura** del aire o los refrescos. La temperatura es una **magnitud física** que nos permite definir el estado de una sustancia, lo mismo que cuando decimos que un coche circula a 90 km/h o que una casa tiene 5 m de alto

Cuando se ponen en contacto dos sustancias a distinta **temperatura**, evolucionan de forma que el cuerpo a mayor **temperatura** la disminuye y el que tenía menor temperatura la aumenta hasta que al final los dos tienen la misma **temperatura**, igual que al echar un cubito de hielo a un refresco, que el refresco se enfría y el cubito de hielo se calienta y termina convirtiéndose en agua. Decimos que la sustancia a mayor **temperatura** ha cedido **calor** a la sustancia que tenía menor temperatura.

Sin embargo, el **calor** no es algo que esté almacenado en el cuerpo más caliente y que pasa al cuerpo más frío. Tanto uno como otro poseen **energía**, que depende de la masa del cuerpo, de su **temperatura**, de su ubicación, etc. y recibe el nombre de **energía interna**. Cuando esta **energía interna** pasa de una sustancia a otra a causa de la diferencia de temperatura entre ellas la llamamos **calor**. Una catarata es agua que pasa de un sitio a otro porque están a distinta altura, de forma similar el **calor** es la **energía** que pasa de un cuerpo a otro porque están a distinta temperatura.

Si un cuerpo absorbe calor, aumenta su energía interna y sus partículas se moverán más de rápido. En cambio, si pierde calor, disminuye su energía interna y el movimiento de sus partículas será más lento y menos agitado

El calor aumenta la energía interna de los cuerpos. Las moléculas de ese gas están más agitadas si la temperatura es mayor.



## CALOR

### ¿Qué es el calor?

Durante muchos años se creyó que el calor era un componente que impregnaba la materia y que los cuerpos absorbían o desprendían según los casos.

Una llama es una manifestación del calor, pero no es el calor.

El calor es un concepto y por lo tanto no se ve. Si puedes percibir los efectos del calor.

El calor es por lo tanto una forma de energía. Es la "energía calorífica"

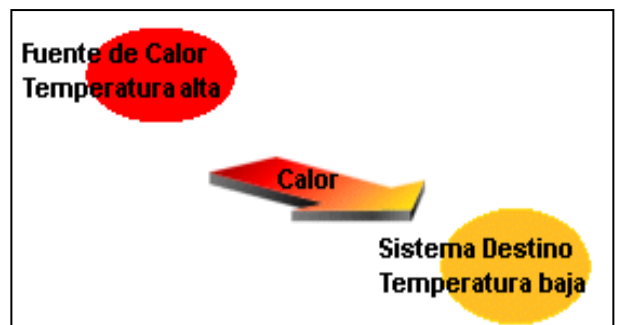
El Universo está hecho de materia y energía. La materia está compuesta de átomos y moléculas (que son grupos de átomos) y la energía hace que los átomos y las moléculas estén en constante movimiento: rotando alrededor de sí mismas, vibrando o chocando unas con otras. Cuando la materia desaparece (a veces esto ocurre espontáneamente en las sustancias radiactivas) se transforma en energía ( $E=mc^2$ )

El movimiento de los átomos y moléculas está relacionado con el calor o energía térmica. Al calentar una sustancia aumenta la velocidad de las partículas que la forman.

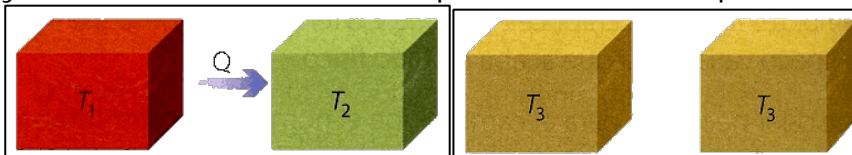
La cantidad total y absoluta de energía que tiene un cuerpo, que es la que podría teóricamente ceder, es muy difícil de precisar.

Nos referimos al calor como a esa energía que intercambian los cuerpos (energía de tránsito) y que podemos medir fácilmente.

El calor es una energía que fluye de los cuerpos que se encuentran a mayor temperatura a los de menor temperatura. Para que fluya se requiere una diferencia de temperatura. El cuerpo que recibe calor aumenta su temperatura, el que cede calor disminuye su temperatura. Resulta evidente que los dos conceptos, calor y temperatura, están relacionados.



Los cuerpos radian unos hacia otros pero el balance total del intercambio es favorable a uno y desfavorable al otro hasta que se alcanza el equilibrio térmico.



El calor es una energía de tránsito, sólo tiene sentido hablar de variación de calor mientras la energía fluye de un cuerpo a otro.

## ESTADOS DE LA MATERIA

Para cualquier cuerpo o agregado material considerado, se observa que modificando las condiciones de temperatura o presión se pueden obtener distintos **estado de agregación** con características peculiares.

Así, manteniendo constante la presión, a baja temperatura los cuerpos se presentan en forma **sólida** tal que los átomos se encuentran entrelazados formando generalmente estructuras cristalinas, lo que confiere al cuerpo la capacidad de soportar fuerzas sin deformación aparente; son por tanto agregados generalmente rígidos, duros y resistentes.

Incrementando la temperatura el sólido se va *descomponiendo* hasta desaparecer la estructura cristalina alcanzándose el estado **líquido**, cuya característica principal es la

capacidad de fluir y adaptarse a la forma del recipiente que lo contiene. En esta caso, aún existe una cierta ligazón entre los átomos del cuerpo, si bien de mucha menor intensidad que en el caso del sólido.

Por último, incrementando aún más la temperatura se alcanza el estado **gaseoso** en el que la materia es capaz de llenar todo el espacio que lo contiene. Los átomos o moléculas del gas se encuentran virtualmente libres de modo que son capaces de ocupar *todo* el espacio del recipiente que lo contiene, aunque con mayor propiedad debería decirse que se distribuye o reparte por todo el espacio disponible.



Los cambios de estado descritos también se producen si se incrementa la presión manteniendo constante la temperatura, así, por ejemplo, el hielo de las pistas se funde por efecto de la presión ejercida por el peso de los patinadores haciendo el agua líquida así obtenida de *lubricante* y permitiendo el suave deslizamiento de los patinadores.

Para cada elemento o compuesto químico existen unas determinadas condiciones de presión y temperatura a

las que se producen los cambios de estado, debiendo interpretarse, cuando se hace referencia únicamente a la temperatura de cambio de estado, que ésta se refiere a la presión de 1 atm (la presión atmosférica). De este modo, en condiciones normales (presión atmosférica y 20 °C) hay compuestos tanto en estado sólido como líquido y gaseoso.

Existe un cuarto estado de la materia denominado **plasma** que se produce para temperaturas y presiones extremadamente altas. Es el más abundante del universo.

Otro estado de la materia es el **condensado de Bose-Einstein (CBE)**, predicho en 1924 por Santyendra Nath Bose y Albert Einstein, y obtenido en 1995 (los físicos Eric A. Cornell, Carl E. Wieman y Wolfgang Ketterle compartieron el Premio Nobel de Física de 2001 por este hecho). Este estado se consigue a temperaturas cercanas al cero absoluto.

### ¿CÓMO SE MIDE EL CALOR?

El agua es importantísima en nuestra vida. Se ha utilizado para establecer la escala de Celsius de temperaturas y tiene una excepcional cualidad que hizo que se eligiera para definir el patrón de la energía calorífica: el agua es una de las sustancias que, aunque reciba mucha energía calorífica, incrementa muy poco su temperatura.

Esta cualidad del agua es la responsable del clima benigno (poco oscilante entre el día y la noche) en las proximidades del mar para una misma latitud terrestre.

La capacidad del agua de "encajar" los impactos de calor "sin casi inmutarse" incrementando poco su temperatura se representa mediante una magnitud llamada "**calor específico**" (**Ce**) : calor que necesita 1 gramo de sustancia para aumentar 1 grado Celsius su temperatura.

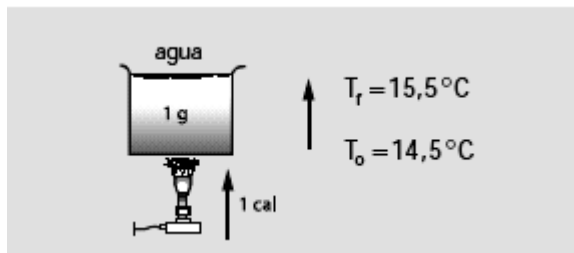
En consecuencia, el calor específico del agua es 1 cal /g °C.

**Tabla de calores específicos:**

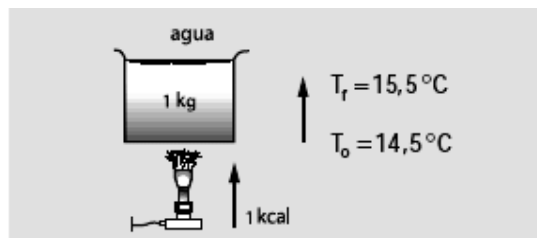
Sustancia	Ce (cal/g °C)
Hielo	0,5
Agua	1,0
Vapor de agua	0,5
Aluminio	0,217
Cobre	0,093
Vidrio	0,199
Hierro	0,113
Plomo	0,031
Mercurio	0,033
Plata	0,056

## CALORÍA

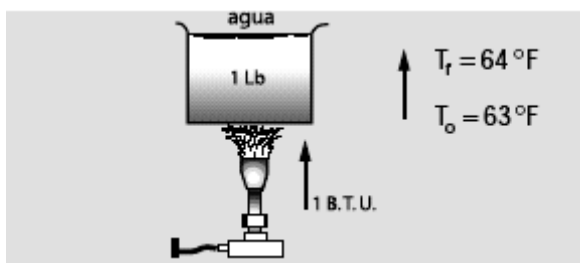
Se llama caloría " la cantidad de calor necesaria para que 1 gramo de agua aumente 1° Celsius su temperatura" (más exactamente para pasar de 14,5 ° a 15,5° C)



**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 °C (14,5 °C a 15,5 °C).



**Brittish 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 °F (63 °F a 64 °F).



### Equivalencias

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

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

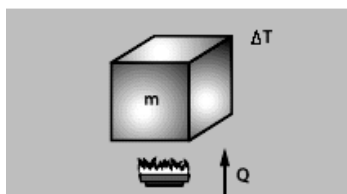
Una vez demostrado que el calor es una forma de energía se halló su equivalencia con otras unidades que surgieron del estudio de la energía mecánica. Hoy se utiliza siempre el S.I. y usamos como unidad de trabajo y de energía el Joule (1 caloría=4,18 Joule).

En el S.I. el  $C_{e(\text{agua})} = 4180 \text{ J/kg K}$

También suele usarse el  $C_{e(\text{agua})} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

Cada sustancia tiene un calor específico característico, casi siempre mucho menor que el del agua.

## CAPACIDAD CALORÍFICA



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).

Pero la cantidad de calor que puede acumular o perder una masa de agua depende, además de su calor específico, de la masa de la sustancia. El producto de la masa por el calor específico se llama "capacidad calorífica".

Cuanta más capacidad calorífica tenga un cuerpo menos incrementa su temperatura para un mismo aporte de calor. Es como la capacidad que tiene la sustancia para "encajar" el calor.

$$\text{Capacidad Calorífica} = \frac{Q}{\Delta T^\circ}$$



## CANTIDAD DE CALOR CON VARIACIÓN DE TEMPERATURA

Si se desea variar la temperatura de una sustancia se involucra una cantidad de calor. La Cantidad de calor se define como la energía cedida o absorbida por un cuerpo de masa (**m**) cuando su temperatura varía ( **$\Delta T^\circ$** ) en un número determinado de grados.

Está relacionada directamente con la naturaleza de la sustancia que compone el cuerpo. La dependencia de la cantidad de calor con la naturaleza de la sustancia se caracteriza por una magnitud denominada Calor específico de la sustancia ( **$C_e$** )

Uniendo todos los factores anteriores obtenemos la fórmula que nos da el calor cedido o absorbido por un cuerpo cuando varía su temperatura:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T^\circ$$

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_f^\circ - T_i^\circ)$$

Donde :

Q: cantidad de calor (calorías)

m: masa (gramos)

$C_e$  : calor específico (cal/g  $^\circ\text{C}$ )

$\Delta T^\circ$ : Variación de temperatura ( $^\circ\text{C}$ )

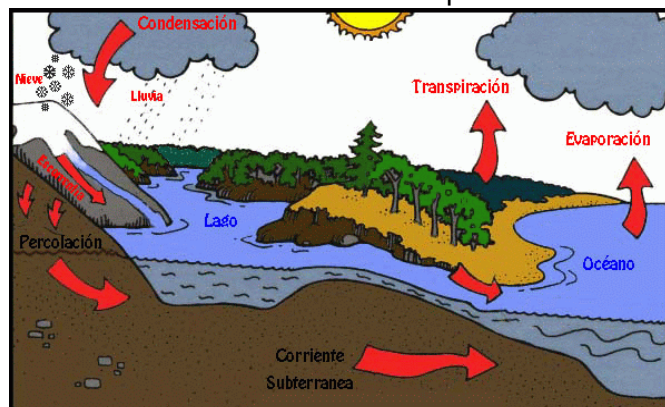
$T_f^\circ$ : Temperatura final ( $^\circ\text{C}$ )

$T_i^\circ$ : Temperatura inicial ( $^\circ\text{C}$ )

Para medirlo necesitamos conocer el comportamiento de la sustancia frente al calor, es decir su  $C_e$ , su masa y el indicativo de su nivel térmico (su temperatura) antes y después de recibir o perder calor.

## CAMBIOS DE ESTADOS

**PUNTO DE EBULLICIÓN:** Si ponemos al fuego un recipiente con *agua*, como el fuego está a mayor **temperatura** que el *agua*, le cede



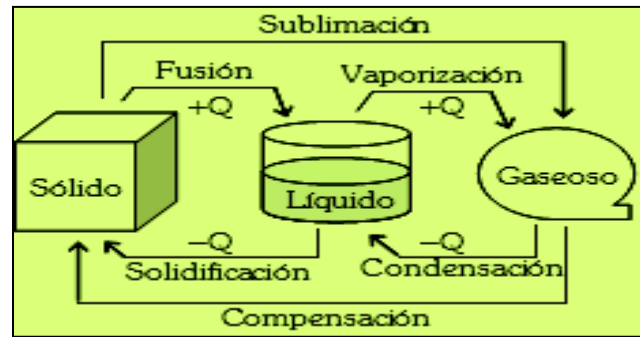
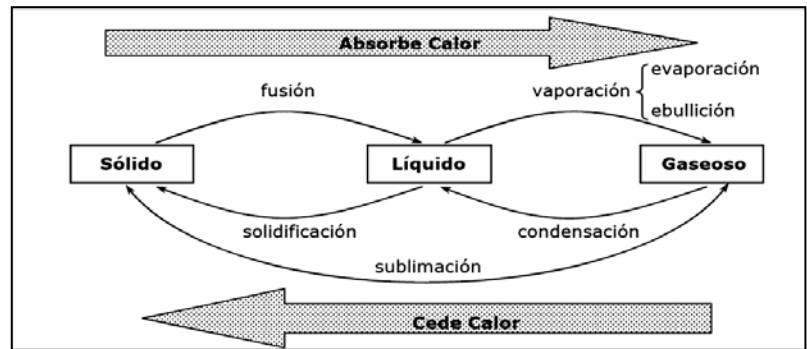
a mayor **temperatura** que el *agua*, le cede **calor** y la **temperatura** del *agua* va aumentando, lo que podemos comprobar si ponemos un termómetro en el *agua*. Cuando el agua llega a 100  $^\circ\text{C}$ , empieza a hervir, convirtiéndose en *vapor de agua*, y deja de aumentar su **temperatura**, pese a que el fuego sigue suministrándole **calor**: al pasar de *agua* a *vapor de agua* todo el **calor** se usa en cambiar de líquido a gas, sin variar la **temperatura**.

La **temperatura** a la que una *sustancia* cambia de líquido a gas se llama **punto de ebullición** y es una propiedad característica de cada *sustancia*, así, el **punto de ebullición** del *agua* es de 100  $^\circ\text{C}$ , el del *alcohol* de 78  $^\circ\text{C}$  y el *hierro* hierve a 2750  $^\circ\text{C}$ .

**PUNTO DE FUSIÓN:** Si sacas unos cubitos de hielo del congelador y los colocas en un vaso con un termómetro verás que toman **calor** del aire de la cocina y aumentan su **temperatura**. En un principio su **temperatura** estará cercana a -20  $^\circ\text{C}$  (depende del tipo de congelador) y ascenderá rápidamente hasta 0  $^\circ\text{C}$ , se empezará a formar *agua* líquida y la **temperatura** que permanecerá constante hasta que todo el hielo desaparezca.

Igual que en el punto de ebullición, se produce un *cambio de estado*, el agua pasa del *estado sólido* (hielo) al *estado líquido* (agua) y todo el **calor** se invierte en ese cambio de estado, no variando la **temperatura**, que recibe el nombre de **punto de fusión**. Se trata de una **temperatura** característica de cada sustancia: el **punto de fusión** del agua es de 0  $^\circ\text{C}$ , el alcohol funde a -117  $^\circ\text{C}$  y el hierro a 1539  $^\circ\text{C}$ .

Sustancia	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)
Agua	0	100
Alcohol	-117	78
Hierro	1539	2750
Cobre	1083	2600
Aluminio	660	2400
Plomo	328	1750
Mercurio	-39	357



### CANTIDAD DE CALOR EN CAMBIO DE ESTADO

En un proceso de cambio de estado se ve involucrada cierta cantidad de calor. En el cambio de fase o estado el calor es la energía que se requiere para modificar los enlaces y así propiciar el correspondiente cambio. Según lo anterior en el cambio de fase la temperatura no varía, se mantiene constante.

- **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  $L_f = 144 \text{ B.T.U. / lb}$

Para una masa "m":

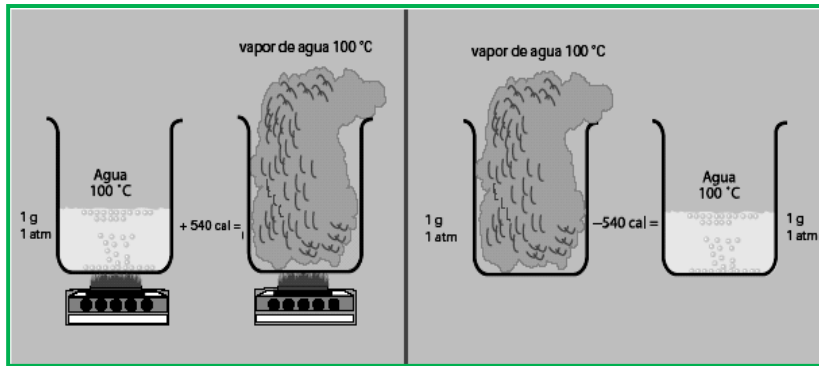
$$Q = m \cdot L_v$$

En el caso de agua:

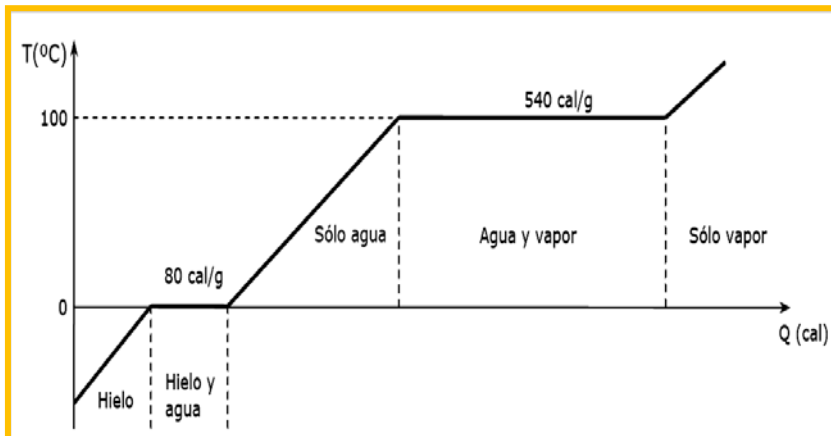
$L_v = 540 \text{ cal/g}$   
ó  $L_v = 970 \text{ B.T.U. / lb}$

#### 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.



## REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE CAMBIO DE FASE, $T^\circ$ VS $Q$



En el gráfico se muestra el caso del agua, en condiciones normales. Se parte con una masa de hielo que está a una temperatura inferior a  $0^\circ\text{C}$ , este hielo se calienta hasta transformarlo en vapor de agua, pasando por su fase líquida:

Cuando se tiene un bloque de hielo a una temperatura de, por ejemplo,  $-10^\circ\text{C}$  y se le comunica gradualmente calor, se aprecia que su temperatura va

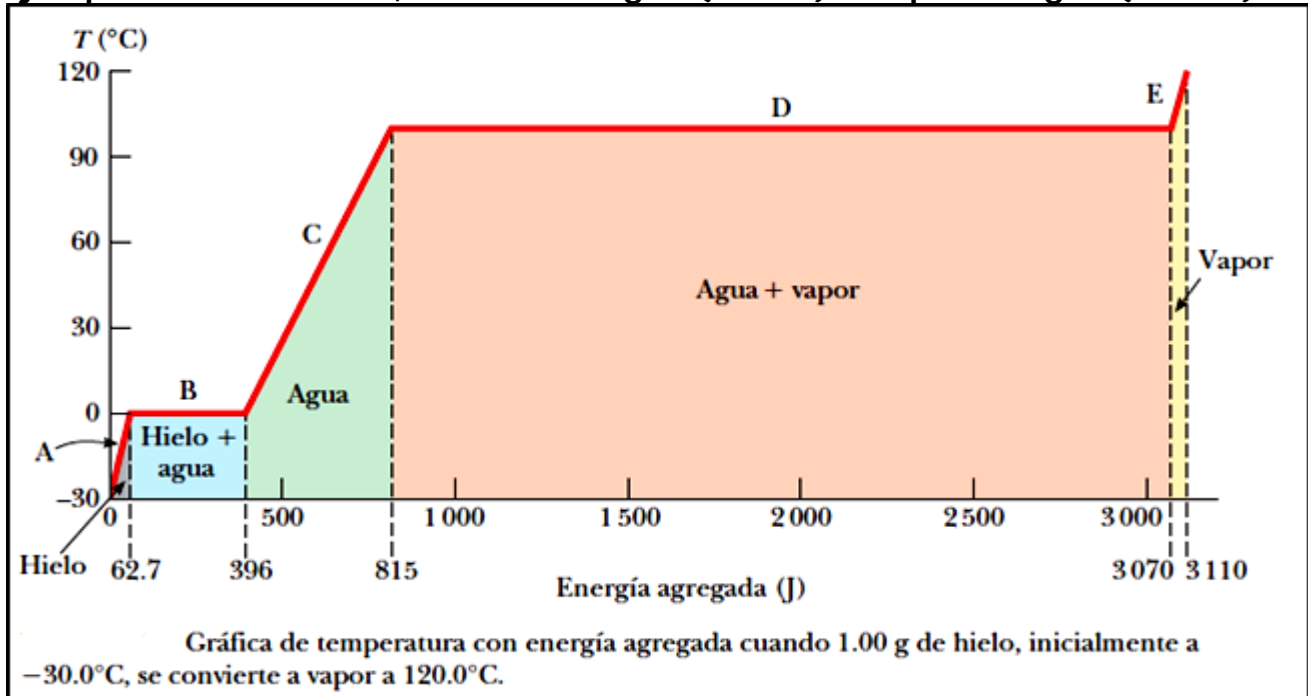
aumentando. Sin embargo, al llegar a la temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , se detiene el incremento de temperatura. Durante un rato, aunque se añade calor, la temperatura del sistema permanece constante. En su lugar, lo que está ocurriendo es que el hielo a  $0^\circ\text{C}$  se va fundiendo transformándose en agua líquida, también a  $0^\circ\text{C}$ .

Una vez que todo el hielo se ha transformado en agua, se reanuda el aumento de temperatura, ahora con la capacidad calorífica del agua. Continúa el ascenso hasta que se llega a los  $100^\circ\text{C}$ , momento en que de nuevo se detiene el aumento, mientras el agua se transforma de manera turbulenta en vapor de agua, también a  $100^\circ\text{C}$ . Sólo cuando toda el agua se ha convertido en vapor de agua continúa el ascenso de temperatura, ahora con la capacidad calorífica del vapor de agua.

A la inversa ocurre si comenzamos con vapor y vamos extrayendo calor gradualmente. La temperatura va descendiendo, pero el descenso se interrumpe mientras el vapor se licúa y mientras el agua se congela.

Concluimos entonces que un segundo efecto del calor es el cambio de fase. A la temperatura del punto de fusión o de ebullición, el sistema absorbe o cede una cantidad de calor que es proporcional a la masa de sustancia que cambia de fase.

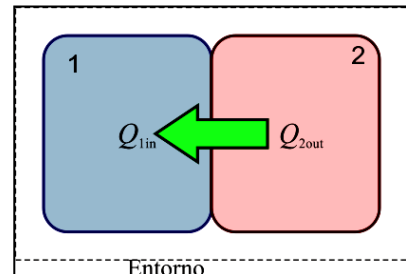
## Ejemplo cambio de fase, de hielo de agua (-30 °C) a vapor de agua (120 °C)



## EQUILIBRIO TÉRMICO

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 produjo 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.



“Cuando mezclamos dos o más cuerpos a diferentes temperaturas, ocurre que el calor que pierden los cuerpos calientes lo ganan los cuerpos fríos”. Esto no es más que una aplicación de la Ley de Conservación de la Energía.

Considerando un sistema adiabático, un calorímetro “ideal” y una mezcla de dos masas de a distintas temperaturas, se sabe que después de un cierto tiempo se alcanzará la misma temperatura final. Para calcular la temperatura de equilibrio se recurre a la conservación de la energía. Como no se efectúa trabajo mecánico, se mantiene la energía térmica total del sistema. Por tanto, se puede escribir:

**Ganancia de calor (por una parte del sistema) + Pérdida de calor (por otra parte del sistema) = 0**

Es decir:

$$Q_{\text{Absorbido}} + Q_{\text{Cedido}} = 0$$

$$Q_{\text{Absorbido}} = -Q_{\text{Cedido}}$$

Esta ecuación de conservación se puede escribir en términos de masas, calores específicos y diferencias de temperatura de los diversos componentes:

$$Q_{\text{Absorbido}} + Q_{\text{Cedido}} = 0$$

$$m_{\text{Absorbe}} \cdot C_{\text{especifico Absorbe}} \cdot \Delta T_{\text{Absorbe}} = -m_{\text{Cede}} \cdot C_{\text{especifico Cede}} \cdot \Delta T_{\text{Cede}}$$

$$m_{\text{Absorbe}} \cdot C_{\text{especifico Absorbe}} \cdot (T_{\text{Equilibrio}} - T_{\text{inicial Absorbe}}) = -m_{\text{Cede}} \cdot C_{\text{especifico Cede}} \cdot (T_{\text{Equilibrio}} - T_{\text{inicial Cede}})$$

Veamos de qué factores depende la cantidad de calor absorbido o cedido por un cuerpo.

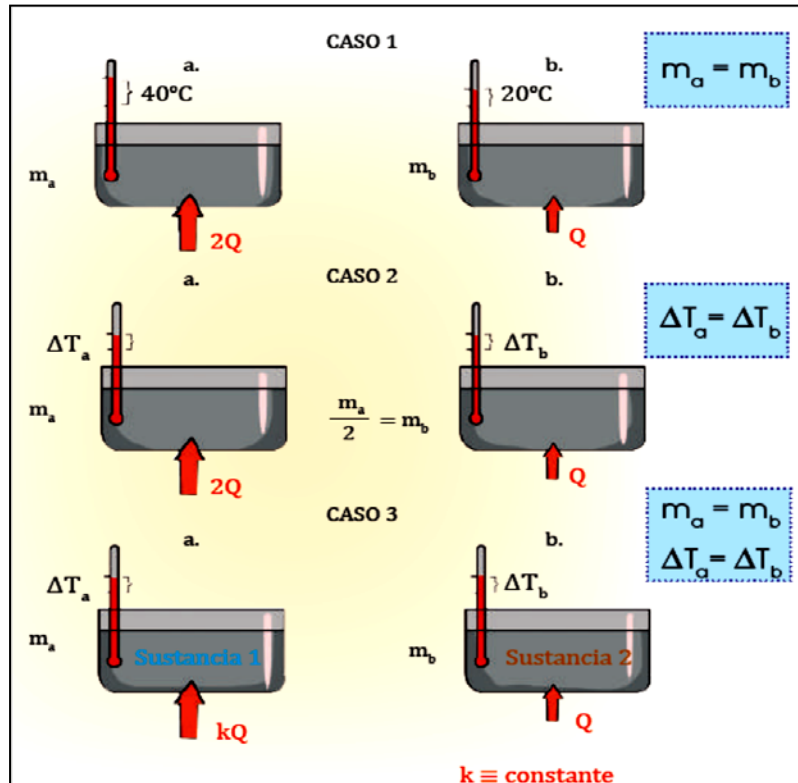
La cantidad de calor absorbido o cedido por un cuerpo depende del incremento de temperatura, de su masa y de su propia naturaleza.

La naturaleza de cada sustancia se refleja en una magnitud física denominada calor específico o capacidad calorífica específica.

#### Caso 1:

Los recipientes *a* y *b* contienen masas iguales de agua.

- Para que la masa de agua contenida en *a* aumente 40 °C su temperatura y la contenida en *b* aumente 20 °C, el agua de *a* debe recibir el doble de calor que el agua de *b*.



#### Caso 2:

El recipiente *a* contiene el doble de agua que el recipiente *b*.

- Para que la temperatura de las dos masas de agua experimente el mismo aumento, el agua de *a* debe recibir el doble de calor que el agua de *b*.

#### Caso 3:

Los recipientes *a* y *b* contienen masas iguales de sustancias distintas.

- Para que la temperatura de las dos masas experimente el mismo aumento, estas deben recibir distinta cantidad de calor

### TRANSMISIÓN DEL CALOR

El calor se transmite de un lugar a otro de tres maneras diferentes:

Por conducción entre cuerpos sólidos en contacto

Por convección en fluidos (líquidos o gases)

Por radiación a través del medio en que la radiación pueda propagarse

La energía se transmite de la forma que resulta más eficiente.



## PROPAGACIÓN DEL CALOR

La transmisión de calor se efectúa mediante tres mecanismos.

**A) Conducción.**- Al calentar el extremo de una barra metálica, el calor llega al otro extremo al cabo de poco tiempo. Es un caso de conducción de calor. Así, ollas y sartenes transmiten por conducción el calor desde el fuego hacia su lado interior.

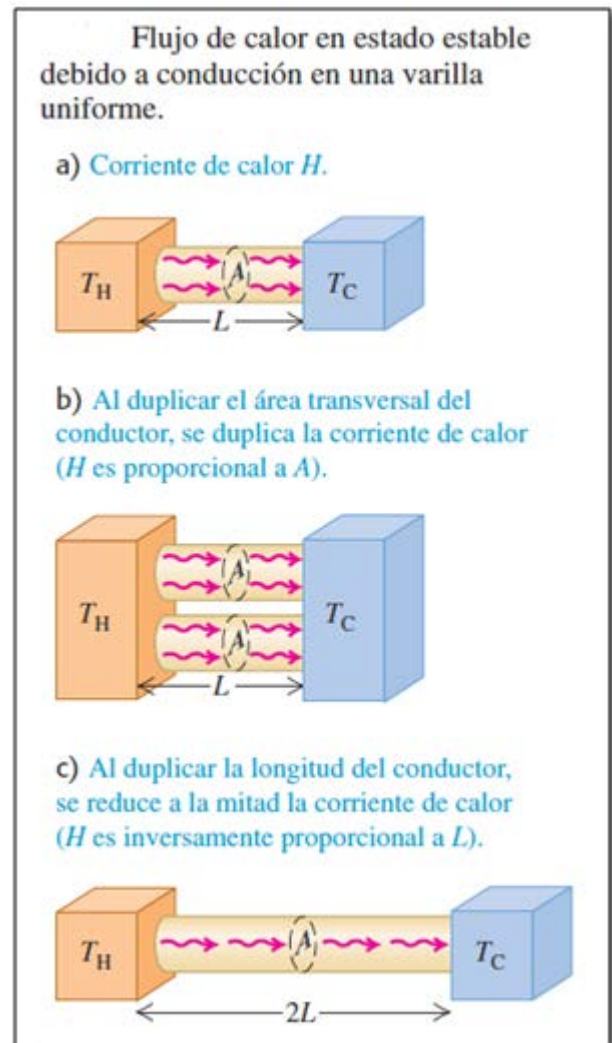
Es típica de los sólidos cuyos átomos, iones o moléculas no se pueden desplazar. Los átomos del extremo caliente vibran con más energía que los del extremo frío. Esta energía la comunican a los átomos vecinos, estos a sus vecinos de más allá y así, sucesivamente, la energía llega al otro extremo del sólido.

En la conducción, el calor se transmite por interacción entre átomos o moléculas sin que exista un transporte o desplazamiento neto de



estos, o sea de materia.

**Transmisión de calor por conducción en el hierro.**



La transmisión por conducción no es igual de efectiva en todas las sustancias:

Los buenos conductores permiten el paso rápido del calor a través suyo. Los metales son buenos conductores del calor (y también de la electricidad) y se usan para fabricar calderas, radiadores, cacharros de cocina, etc.

Los malos conductores o aislantes dificultan el paso del calor a través suyo. Por ejemplo, podemos introducir un extremo de un palo de madera en una hoguera sin quemarnos la mano por el otro extremo. Nuestros vestidos son aislantes del calor. Los abrigo, bufandas o guantes no nos dan calor pero evitan que escape el calor de nuestro cuerpo.

Si sujetamos el extremo de una varilla de cobre y colocamos el otro en una flama, el extremo que sostenemos se calienta cada vez más, aunque no esté en contacto directo con la flama. El calor llega al extremo más frío por conducción a través del material.

En el nivel atómico, los átomos de las regiones más calientes tienen más energía cinética, en promedio, que sus vecinos más fríos, así que empujan a sus vecinos, transfiriéndoles algo de su energía. Los vecinos empujan a otros vecinos, continuando así a través del material. Los átomos en sí no se mueven de una región del material a otra, pero su energía sí.

La mayoría de los metales usa otro mecanismo más eficaz para conducir calor. Dentro del metal, algunos electrones pueden abandonar sus átomos originales y vagar por la red cristalina. Estos electrones "libres" pueden llevar energía rápidamente de las regiones más calientes del metal a las más frías; por ello, los metales generalmente son buenos conductores del calor. Una varilla metálica a 20 °C se siente más fría que un trozo de madera a 20 °C porque el calor puede fluir más fácilmente de la mano al metal. La presencia de electrones "libres" también hace que, en general, los metales sean buenos conductores eléctricos.

Sólo hay transferencia de calor entre regiones que están a diferente temperatura, y la dirección de flujo siempre es de la temperatura más alta a la más baja. La figura muestra una varilla de material conductor con área transversal A y longitud L.

El extremo izquierdo de la varilla se mantiene a una temperatura  $T_H$ , y el derecho, a una temperatura menor  $T_C$ , así que fluye calor de izquierda a derecha. Los costados de la varilla están cubiertos con un aislante ideal, así que no hay transferencia de calor por los lados.

Si se transfiere una cantidad de calor  $dQ$  por la varilla en un tiempo  $dt$ , la tasa de flujo de calor es  $dQ/dt$ . Llamamos a ésta la corriente de calor, denotada por H.

Es decir,  $H = dQ/dt$ . Se observa experimentalmente que la corriente de calor es proporcional al área transversal A de la varilla y a la diferencia de temperatura ( $T_H - T_C$ ), e inversamente proporcional a la longitud de la varilla L.

Introduciendo una constante de proporcionalidad k llamada conductividad térmica del material, tenemos:

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_H - T_C}{L} \quad (\text{corriente de calor en conducción})$$

La cantidad  $(T_H - T_C)/L$  es la diferencia de temperatura por unidad de longitud, llamada gradiente de temperatura. El valor numérico de k depende del material de la varilla. Los materiales con k grande son buenos conductores del calor; aquellos con k pequeña son conductores o aislantes deficientes. La ecuación también da la corriente de calor que pasa a través de una plancha, o por cualquier cuerpo homogéneo con área transversal A uniforme y perpendicular a la dirección de flujo; L es la longitud de la trayectoria de flujo del calor.

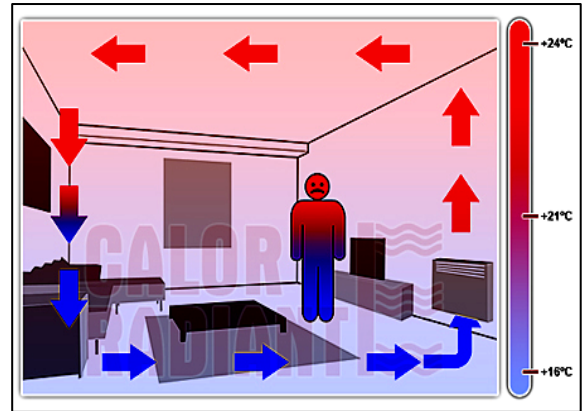
Las unidades de corriente de calor H son unidades de energía por tiempo, es decir, potencia; la unidad SI de corriente de calor es el watt ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ ).

La conductividad térmica del aire "muerto" (inmóvil) es muy baja. Un suéter de lana nos mantiene calientes porque atrapa aire entre las fibras. En realidad, muchos materiales aislantes como la espuma de poliestireno y la fibra de vidrio son en su mayoría aire muerto.

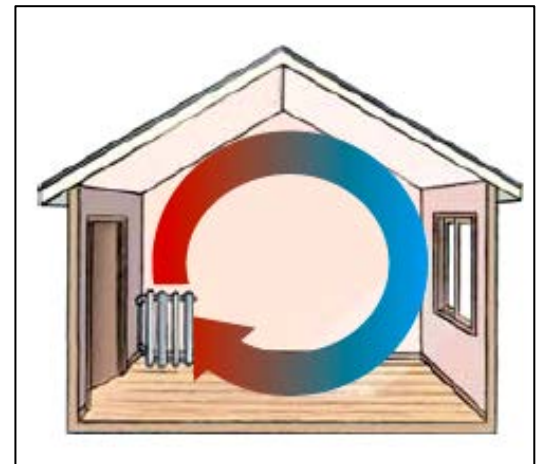
Los radiadores de automóvil o de calefacción se diseñan en forma de láminas para aumentar su superficie. Algunos animales como los elefantes eliminan calor por las grandes superficies de sus orejas.



**B) Convección.-** Al calentar agua en la cocina de casa se observan las sombras que se producen por la ascensión de moléculas calientes y descenso de las frías. Es un ejemplo de transferencia de calor por convección. En la convección, el calor se transmite gracias al desplazamiento de átomos, moléculas o iones. La transmisión de calor por convección. Se acompaña del movimiento de las partículas constituyentes.



La convección es típica de líquidos y gases. No se da en sólidos, pues las partículas que los forman no pueden desplazarse unas respecto a otras. En el caso del aire, la capa en contacto con el suelo recibe su calor y se calienta dilatándose. Con ello, disminuye su densidad y asciende a través de capas de aire más frías y densas. La ascensión da un transporte de calor ligado al transporte del propio aire. Se crean las llamadas corrientes convectivas de aire caliente que aprovechan las aves planeadoras y los pilotos de aviones sin motor y alas delta. A menor escala estas corrientes convectivas también se dan en el aire de una habitación y al calentar líquidos como agua en un recipiente metálico.

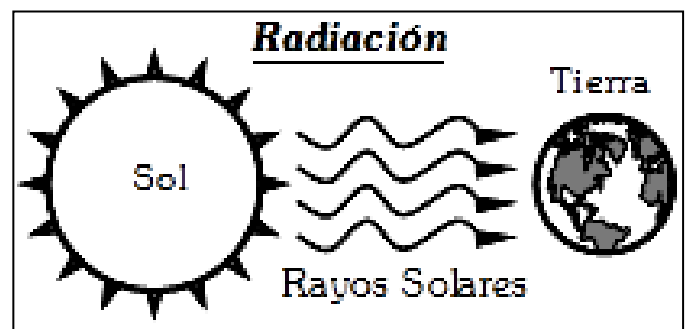


Tanto a nivel de toda la atmósfera como de una habitación, la transmisión de calor se produce por corrientes convectivas de aire.



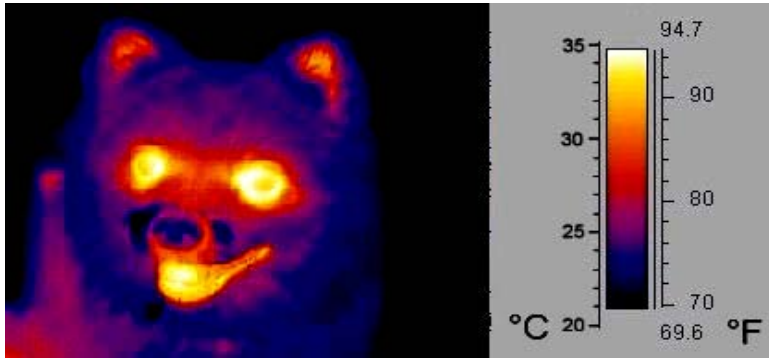
Convección producida al calentar agua en la vitrocerámica. Se observan las sombras del agua caliente que asciende.

**c) Radiación.-** Son ejemplos de la transmisión por radiación tanto el calor que nos llega de una estufa como el calor del Sol que nos llega desde 150 millones de kilómetros sin que entre él y la Tierra haya ningún medio material. En la transmisión por radiación el calor se propaga sin necesitar la ayuda de materia. La energía calorífica se transmite por ondas electromagnéticas. (Son las radiaciones infrarrojas).



Las radiaciones electromagnéticas son ondas que viajan tanto a través de la materia como del vacío. Entre ellas, la luz visible, los rayos ultravioleta, los rayos infrarrojos, los rayos X, las ondas de radio y televisión y las microondas.

Todos los cuerpos, solo por tener una temperatura, emiten radiación electromagnética. La cantidad de energía que irradia un cuerpo depende:



- de su temperatura,
- del área del cuerpo expuesta al entorno.

Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética.

La imagen es una termografía de un perro que muestra las zonas de mayor y menor emisión de calor.

**Radiación del calor**

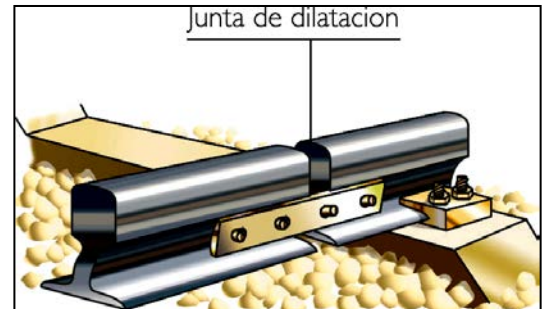
**Radiación infrarroja**

### EFFECTOS DEL CALOR: DILATACIÓN

Un hecho muy conocido es que las dimensiones de los cuerpos aumentan cuando se eleva su temperatura. Salvo algunas excepciones, todos los cuerpos, independientemente de que sean sólidos, líquidos o gaseosos, se dilatan cuando aumenta su temperatura.

#### DILATACIÓN LINEAL

Este tipo de dilatación se presenta en cuerpos cuya dimensión principal es su longitud y es indispensable considerarla en cables, vías de ferrocarril o varillas. Al tomar una barra de cierta temperatura y calentarla, se producirá un aumento en todas sus dimensiones lineales, o sea, aumentará su longitud, su altura, su ancho, o la dimensión de cualquier otra línea que imaginemos trazada en la barra. En un laboratorio podemos descubrir experimentalmente que factores influirán en la dilatación de cualquiera de esas líneas.



Consideremos, por ejemplo, que  $L_0$  es longitud inicial de una barra, a una temperatura  $T_0$ , si elevamos la temperatura de la barra a  $T$ , su longitud se vuelve  $L$ .

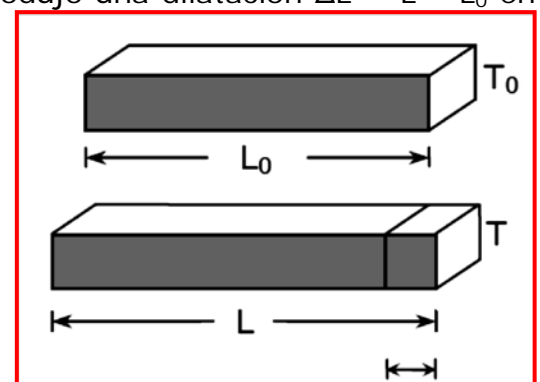
Entonces, una variación de temperatura  $\Delta T = T - T_0$  produjo una dilatación  $\Delta L = L - L_0$  en la longitud de la barra.

Al hacer varias mediciones de  $\Delta T$  y  $\Delta L$  para las barras de diferente longitud (diversos valores de  $L_0$ ), es posible concluir que la dilatación ( $\Delta L$ ) depende de la longitud inicial ( $L_0$ ), del aumento de temperatura ( $\Delta T$ ) y del coeficiente de dilatación lineal ( $\alpha$ ).

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

La longitud final ( $L_F$ ) del cuerpo dilatado será:

$$L_F = L_0(1 + \alpha \Delta T)$$

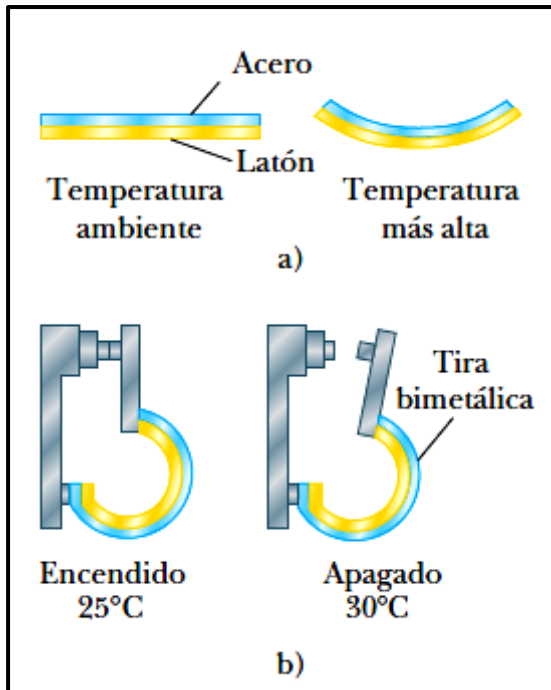




Si efectuamos experimentos con barras de distinto material, se comprueba que el valor de  $\alpha$  es distinto. Esto se puede comprender recordando que las fuerzas que unen a los átomos y a las moléculas varían de una sustancia a otra, haciendo que se dilaten de distinta manera.

La Tabla proporciona los coeficientes de dilatación lineal de algunas sustancias. Para analizar el significado físico del coeficiente de dilatación lineal, veamos el cobre con  $\alpha = 17 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

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	$9 \times 10^{-6}$
Cinc	$25 \times 10^{-6}$
Vidrio Pirex	$3,2 \times 10^{-6}$
Tungsteno	$4 \times 10^{-6}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$
Sílice	$0,4 \times 10^{-6}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$
Diamante	$0,9 \times 10^{-6}$



Lo que significa que una barra de cobre de 1 m de longitud, aumenta  $17 \times 10^{-6}$  m cuando su temperatura se eleva en  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

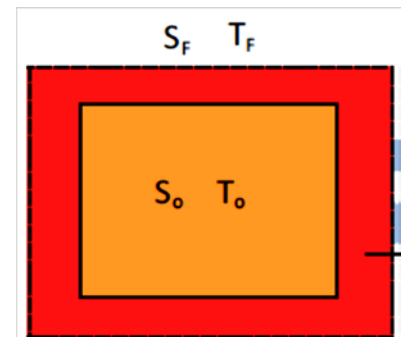
#### Aplicación: Efecto en una tira bimetalítica

- Una tira bimetalítica se dobla a medida que la temperatura cambia, porque los dos metales tienen diferentes coeficientes de expansión.
- Una tira bimetalítica usada en un termostato para interrumpir o hacer contacto eléctrico.

#### DILATACIÓN SUPERFICIAL

Es un fenómeno que ocurre, en general, en piezas de pequeño espesor y gran superficie. Análogamente al caso anterior, experimentalmente se observó que la variación que experimenta una superficie es proporcional a la superficie inicial ( $S_0$ ) y al cambio de temperatura ( $\Delta T$ ).

$$\Delta S = \beta S_0 \Delta T$$



Donde " $\beta$ " es un coeficiente de proporcionalidad, denominado "coeficiente de dilatación superficial", y es distinto para cada material. Se puede considerar que " $\beta$ " es el doble del coeficiente de dilatación lineal " $\alpha$ ". El área final de la superficie dilatada es:

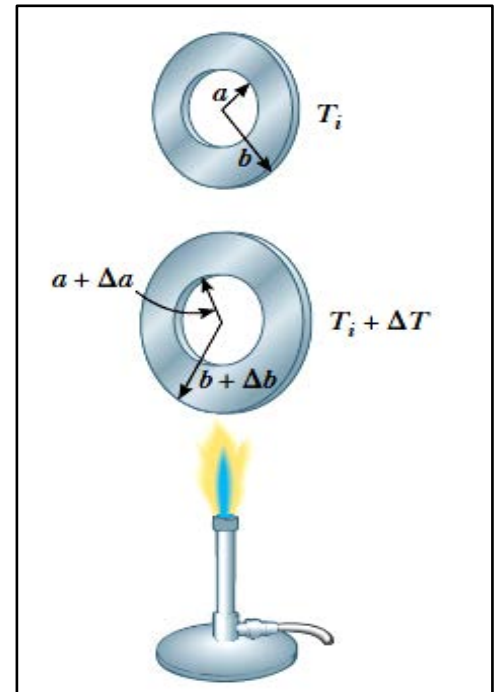
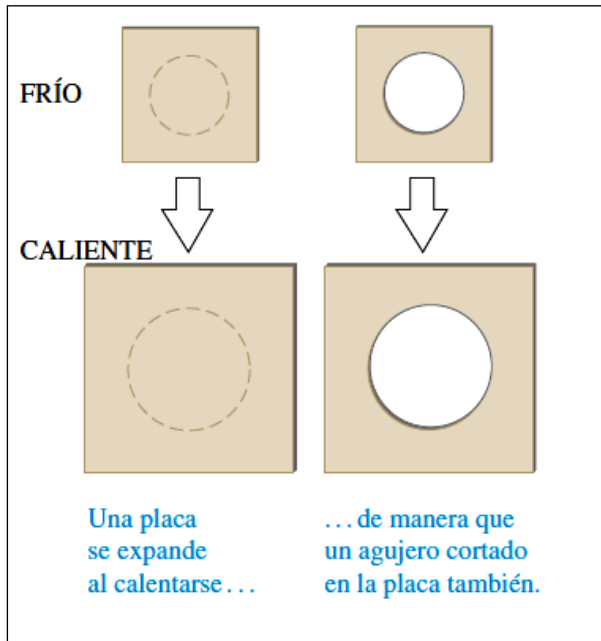
$$S_F = S_0 (1 + \beta \Delta T)$$



## Aplicación dilatación superficial

¿Los hoyos se vuelven más grandes o más pequeños?

Cuando la temperatura de un objeto se eleva, cada dimensión lineal aumenta en tamaño. Esto incluye cualquier hoyo en el material, que se expande en la misma forma como si el hoyo estuviera lleno con el material, como se muestra en la figura. A medida que la rondana se calienta, todas las dimensiones aumentan. Tenga en mente que la noción de expansión térmica es similar a una amplificación fotográfica.



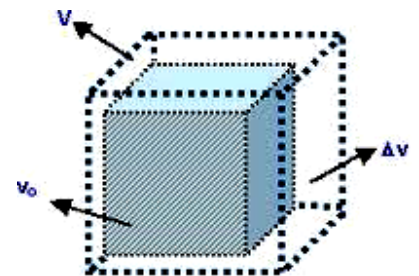
## DILATACIÓN VOLUMÉTRICA

La dilatación de los cuerpos es la misma en todas las direcciones, por lo tanto el volumen de un sólido, líquido o gas tendrá un aumento ante un aumento de temperatura. Al igual que en los casos anteriores, de manera experimental, se tiene que la variación que experimenta el volumen ( $\Delta V$ ) cuando la temperatura varía, es proporcional a su volumen inicial ( $V_0$ ) y al cambio de temperatura ( $\Delta T$ ).

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

Donde " $\gamma$ " es un coeficiente de proporcionalidad, denominado "coeficiente de dilatación cúbica", y que es distinto para cada material. Para los materiales sólidos podemos considerar que " $\gamma$ " es el triple del coeficiente de dilatación lineal " $\alpha$ ". El volumen final del material es:

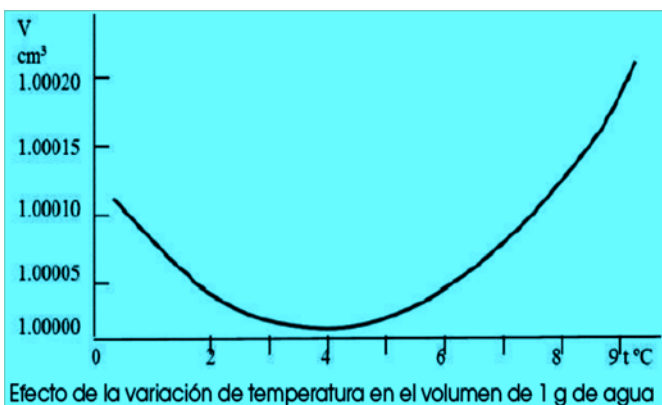
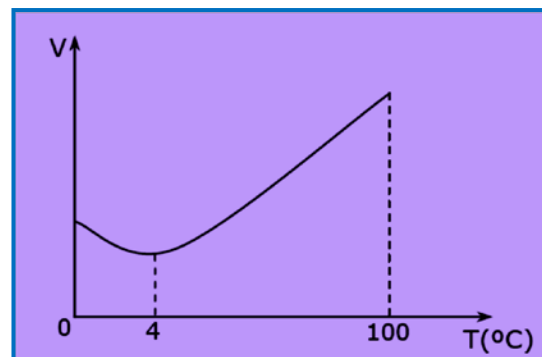
$$V_F = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$$



## DILATACIÓN IRREGULAR DEL AGUA (ANOMALÍA DEL AGUA)

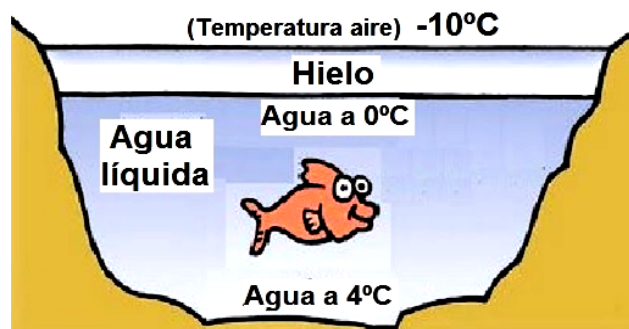
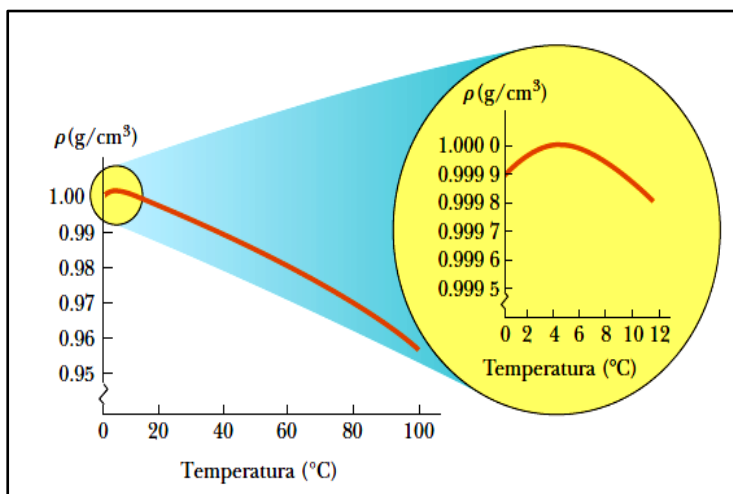
Todos los cuerpos y sustancias se dilatan al aumentar su temperatura y se contraen al disminuir su temperatura.

Sólo una se comporta de una forma distinta: el agua. De 100 °C hasta 4 °C disminuye de volumen si desciende la temperatura y aumenta si asciende esta, pero entre 4 °C y 0 °C al disminuir la temperatura se da un ligero aumento del volumen. Además, el agua al pasar de líquida a sólida aumenta de volumen. La menor densidad permite al hielo flotar sobre el agua líquida. La densidad máxima del agua se alcanza a 4 °C.



El diagrama volumen v/s temperatura para el agua tiene, entonces, el aspecto que muestra la figura. Así una cierta masa de agua tendrá un volumen mínimo en 4 °C, o sea, que a esta temperatura la densidad del agua es máxima.

Al aumentar su volumen al congelarse, el hielo pesa menos por unidad de volumen que el agua líquida de la que procede, con lo que ese hielo flota sobre el agua en los ríos, lagos, mares y océanos con superficies congeladas, sirviendo la capa de hielo como aislante para que el agua bajo él permanezca líquida y haga posible el desarrollo y evolución de las especies en toda la masa del agua que va desde la capa de hielo hasta el fondo, y es precisamente ahí en el fondo donde se mantiene el agua de mayor densidad, el agua que más pesa, que es la que está a 4 °C.





**I. PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE**

1. Un termómetro de mercurio tiene una escala que marca 0 °X cuando la temperatura es de -20 °Y, y marca 240 °X para 100 °Y. ¿Cuántos °X corresponden a la temperatura de 37 °Y?

- A) 37 °X
- B) 57 °X
- C) 74 °X
- D) 94 °X
- E) 114 °X

2. Una placa metálica que tiene un orificio circular, se calienta de 50 °C a 100 °C. A consecuencia de este calentamiento, podemos concluir que el diámetro del orificio

- A) se duplica.
- B) se reduce a la mitad.
- C) aumenta un poco.
- D) no cambia.
- E) disminuye un poco.

3. La escala Celsius, usada para graduar termómetros considera como “puntos fijos”

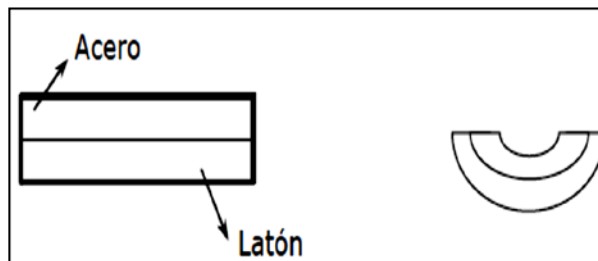
- A) las temperaturas normales de fusión del hielo y de ebullición del agua.
- B) el 0 y el 100.
- C) las temperaturas normales de solidificación del agua y de fusión del hielo.
- D) las temperaturas de una mezcla de hielo con cloruro de amonio y de ebullición del agua.
- E) la temperatura de una mezcla de hielo con cloruro de amonio y el punto normal de fusión del hielo.

4. La escala absoluta de temperaturas tiene como único punto de referencia el llamado “cero absoluto”. En grados Celsius, esta temperatura corresponde a

- A) 273 °C
- B) -273 °C
- C) 212 °C
- D) 0 °C
- E) -32 °C

5. En la figura se muestra un sencillo dispositivo denominado tira bimetálica. Cuando la temperatura de la tira aumenta, esta se dobla. ¿Cuál es la explicación más precisa de este hecho?

- A) La variación de temperatura es diferente para cada material.
- B) La temperatura aumenta más rápido en uno que en el otro.
- C) Cuando aumenta la temperatura, la dilatación lineal para cada material es diferente.
- D) La densidad de cada material.
- E) Todas las anteriores.



6. El comportamiento del agua respecto de las variaciones de temperatura es
- A) similar al resto de los líquidos.
  - B) anormal, en el sentido de que su volumen disminuye al aumentar la temperatura.
  - C) anormal, en el sentido de que entre 0 °C y 4 °C se contrae en lugar de dilatarse.
  - D) anormal, ya que presenta su menor densidad a 4 °C.
  - E) anormal, ya que presenta su mayor volumen a 0 °C.

7. Los cambios experimentados por los cuerpos por efecto del calor que se usan para medir temperaturas son:

- I) La dilatación.
- II) Los cambios de color.
- III) Los cambios de resistencia en ciertos conductores eléctricos.

Es (son) correcta(s)

- A) Sólo I
- B) Sólo II
- C) Sólo III
- D) Sólo I y II
- E) I, II y III

8. Un estudiante de enfermería observa que la temperatura de cierto paciente varía, en un periodo en 5 °C. Dicha variación corresponde en la escala Fahrenheit a

- A) 4 °F
- B) 9 °F
- C) 12 °F
- D) 13 °F
- E) 18 °F

9. De las siguientes afirmaciones:

- I) La temperatura es el estado de reposo de las moléculas de un cuerpo.
- II) La temperatura es sinónimo de calor.
- III) La temperatura es la medida del estado de agitación de átomos y moléculas de una sustancia.

Es (son) verdadera(s)

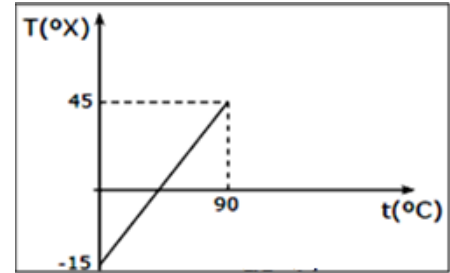
- A) Sólo II
- B) Sólo III
- C) Sólo I y II
- D) Sólo II y III
- E) I, II y III

10. Cierta escala termométrica adopta los valores -20°E y 280°E, respectivamente, para los puntos de fusión del hielo y ebullición del agua a 1 atm de presión. La fórmula de conversión entre esa escala (E) y la escala Celsius es

- A)  $t_E = t_C + 20$
- B)  $t_E = t_C - 20$
- C)  $t_E = 3t_C - 20$
- D)  $t_E = 3 t_C + 20$
- E)  $t_E = 3t_C$

11. El gráfico adjunto relaciona las escalas X y Celsius de temperatura. La indicación correspondiente a la temperatura 45 °C en la escala X es

- A) 15 °X
- B) 30 °X
- C) 45 °X
- D) 0 °X
- E) -15 °X



12. En un laboratorio de investigaciones se midió la temperatura a la cual cierto gas se licúa, encontrándose un valor extremadamente bajo. ¿Cuál de los valores siguientes cree usted que se pudo haber obtenido?

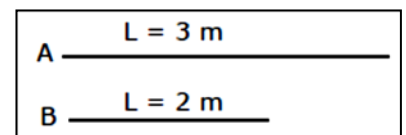
- I) -327 °C
  - II) -15 K
  - III) -253 °C
- Es (son) verdadera(s)
- A) Sólo I
  - B) Sólo II
  - C) Sólo III
  - D) Todos ellos
  - E) Ninguno de ellos

13. Dos termómetros, uno graduado en la escala Celsius y el otro en la escala Fahrenheit, se encuentran en un mismo ambiente. Si el termómetro Fahrenheit está indicando como temperatura un número que duplica al que se observa en el termómetro Celsius, entonces la temperatura en dicho ambiente es igual a

- A) -40 °C
- B) -2,5 °C
- C) 25 °C
- D) 160 °C
- E) 320 °C

14. Se tienen dos alambres de hierro, A y B, A tiene 3 m de largo y se le aumenta la temperatura en 20 °C, y a B de 2 m de largo se le aumenta la temperatura en 10 °C. Entonces, la alternativa que indica en forma correcta la relación de lo que se dilata,  $\Delta L$ , cada uno es:

- A)  $\Delta L_A = \Delta L_B$
- B)  $\Delta L_A = 2\Delta L_B$
- C)  $2\Delta L_A = \Delta L_B$
- D)  $\Delta L_A = 3\Delta L_B$
- E)  $3\Delta L_A = \Delta L_B$



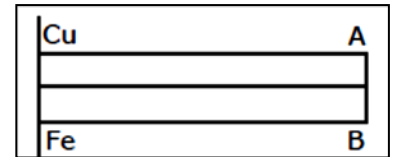
15. De acuerdo a la relación matemática entre las escalas Celsius y Fahrenheit, las temperaturas serán iguales en los

- A) 0°
- B) -273°
- C) 100°
- D) -40°
- E) ninguna de las anteriores



16. Dos láminas, una de cobre y otra de hierro, se encuentran soldadas y empotradas en una pared como lo muestra la figura. Si las láminas se encuentran a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y sabiendo que el coeficiente de dilatación térmica del cobre es mayor que el hierro, entonces se podría predecir que a una temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

- A) el extremo libre se doblará hacia A.
- B) el extremo libre se doblará hacia B.
- C) las láminas se dilatarán sin doblarse.
- D) las láminas se contraerán sin doblarse.
- E) la lámina de coeficiente de dilatación térmica menor impedirá la dilatación de la otra.



17. Dos tubos de acero de igual sección transversal y de largo  $L$  y  $2L$  metros, respectivamente, se encuentran en ambientes aislados idénticos. ¿En cuál de las siguientes alternativas se expresa correctamente lo que se debe hacer para que ambos tubos se dilaten o contraigan en la misma medida?

- A) Poner en contacto los dos tubos.
- B) Someter ambos tubos a la misma variación de temperatura.
- C) Someter al más corto al doble de variación de temperatura que el más largo.
- D) Someter al más largo al doble de variación de temperatura que el más corto.
- E) Ninguna de las anteriores.

18. El concepto de calor queda mejor definido como

- A) energía.
- B) energía molecular caótica.
- C) incremento de energía interna de un sistema.
- D) energía que pasa entre dos cuerpos que se encuentran a distinta temperatura.
- E) energía cinética y potencial de los átomos de los cuerpos.

19. Una característica fundamental de la fusión de un sólido es de ser un proceso

- A) adiabático
- B) isocórico
- C) isobárico
- D) isotérmico
- E) ninguna de las anteriores

20. Un recipiente de paredes aislantes y capacidad calorífica despreciable contiene un litro de agua a temperatura  $T$ . Si se le agregan dos litros de agua a temperatura  $T/2$ , ¿cuál es la temperatura final después de establecido el equilibrio térmico?

- A)  $1/2 T$
- B)  $2/3 T$
- C)  $3/4 T$
- D)  $4/5 T$
- E)  $5/6 T$

21. El calor específico del agua se define como la cantidad de calor necesaria para

- A) elevar la temperatura de un mol de agua, en un grado Celsius.
- B) elevar la temperatura de un gramo de agua, en un grado Celsius.
- C) hervir un gramo de agua a la presión de 1 atmósfera.
- D) extraer un mol de agua y transformarlo de líquido en sólido.
- E) transformar un gramo de agua, en vapor de agua.

22. Se le suministra 1000 calorías a 200 gramos de una sustancia, con lo cual esta eleva su temperatura en  $25^{\circ}\text{C}$ . El calor específico de esta sustancia medido en las unidades antes mencionadas es:

- A) 0,2
- B) 0,3
- C) 0,4
- D) 0,5
- E) 1,0

23. En un día de verano, se tiene una jarra conteniendo limonada a la temperatura ambiente y se desea enfriarla a la temperatura más baja posible. ¿Será más conveniente introducir en la jarra 25 g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ , o introducir 25 g de agua helada a  $0^{\circ}\text{C}$ ?

- A) 25 g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ .
- B) 25 g de agua helada a  $0^{\circ}\text{C}$ .
- C) Cualquiera de los dos anteriores.
- D) La decisión depende de la cantidad de limonada.
- E) La decisión depende de la temperatura a que se encuentra la limonada.

24. Dos cuerpos, A y B, que tienen temperaturas  $t_A = 90^{\circ}\text{C}$  y  $t_B = 20^{\circ}\text{C}$  son puestos en contacto y aislados térmicamente del medio ambiente. Ellos alcanzan el equilibrio térmico a temperatura de  $45^{\circ}\text{C}$ . En estas condiciones podemos afirmar que el cuerpo A,

- A) cedió una cantidad de calor mayor que la que absorbió B.
- B) tiene capacidad calórica menor que la de B.
- C) tiene calor específico menor que el de B.
- D) tiene masa menor que la de B.
- E) tiene densidad menor que la de B.

25. La cantidad de calor necesaria, en promedio, para aumentar en un grado Celsius la temperatura de una sustancia, se denomina

- A) calor latente.
- B) calor de vaporización.
- C) calor de fusión.
- D) calor específico.
- E) capacidad calórica.

26. Una misma cantidad de calor es absorbida por masas iguales de agua y aluminio que estaban inicialmente a la misma temperatura. La temperatura final del cuerpo de aluminio es mayor que la del agua porque el aluminio tiene

- A) mayor calor específico.
- B) menor calor específico.
- C) menor calor latente.
- D) mayor densidad.
- E) menor densidad.

27. El calor proveniente del sol, llega a nuestro planeta por

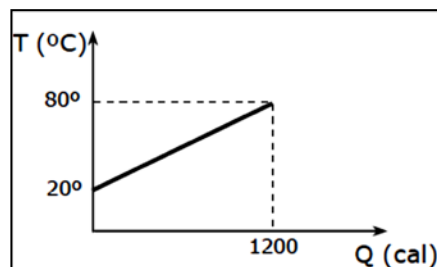
- A) conducción
- B) convección
- C) radiación
- D) sublimación
- E) condensación

28. Un sólido uniforme, se divide en dos partes de masas  $m_1$  y  $m_2$ . Si ambas partes reciben la misma cantidad de calor, la masa  $m_1$  eleva su temperatura en  $1\text{ }^\circ\text{C}$ , mientras que la masa  $m_2$  eleva su temperatura en  $3\text{ }^\circ\text{C}$ , entonces  $m_2 : m_1 =$

- A) 3 : 1
- B) 1 : 2
- C) 1 : 3
- D) 1 : 6
- E) 6 : 1

29. El gráfico de la figura muestra la temperatura de una muestra de masa 100 g de una sustancia, en función de la cantidad de calor absorbida por ella. El calor específico de la sustancia, en  $\text{cal/g }^\circ\text{C}$  es

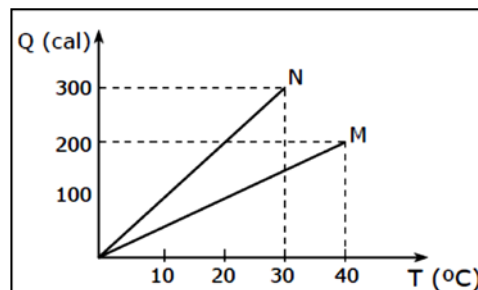
- A) 3,2
- B) 32
- C) 80
- D) 160
- E) 0,2



30. El gráfico adjunto representa la cantidad de calor absorbida por dos cuerpos M y N de masas iguales, en función de la temperatura.

¿Cuál es la razón entre los calores específicos de los cuerpos N y M respectivamente

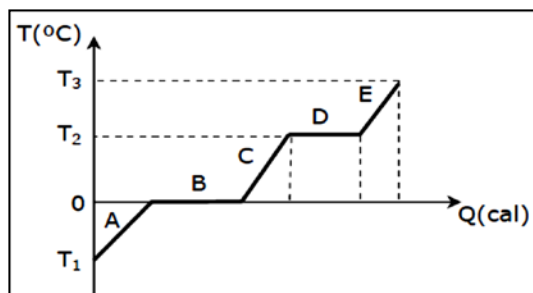
- A) 2 : 1
- B) 2 : 3
- C) 3 : 2
- D) 1 : 4
- E) 1 : 2



31. El Gráfico de temperatura versus energía calórica, fue hecho con los datos obtenidos al calentar una sustancia.

De acuerdo a lo que se muestra en el gráfico esta sustancia

- A) aumentó su temperatura hasta  $T_3$  pero sin cambiar de fase
- B) experimentó tres cambios de fase.
- C) experimentó dos cambios de fase.
- D) desde  $T_1$  hasta  $T_3$  el cuerpo siempre está aumentando su temperatura.
- E) desde  $T_1$  hasta  $T_3$  el cuerpo está cediendo energía



32. El uso de chimeneas para extraer gases calientes procedentes de la combustión es una aplicación de transferencia de calor por

- A) radiación.
- B) conducción.
- C) absorción.
- D) convección.
- E) dilatación.

33. Considere las siguientes afirmaciones:

I) Un cuerpo puede absorber calor sin aumentar su temperatura.

II) El calor puede transmitirse en el vacío sólo por radiación.

III) Dos cuerpos de distinto material y de distinta masa pueden tener la misma capacidad calórica.

Es(son) correcta(s)

A) Sólo I

B) Sólo II

C) Sólo III

D) Sólo I y II

E) I, II y III

34. La fusión de un sólido se produce

I) a temperatura constante.

II) cuando se transforma un sólido en líquido.

III) determinando un aumento de volumen, salvo excepciones.

A) Sólo I y II

B) Sólo II

C) Sólo II y III

D) Sólo I y III

E) I, II y III

35. Los IGLUS, si bien están hechos de hielo, posibilitan a los esquimales vivir en ellos porque

A) el calor específico del hielo es mayor que el del agua.

B) el calor específico del hielo es despreciable comparado con el del agua.

C) la capacidad térmica del hielo es muy grande.

D) el hielo no es un buen conductor de calor.

E) la temperatura externa es igual a la interna.

36. Cuando existe diferencia de temperatura entre dos puntos, el calor puede fluir por convección, radiación o conducción desde el punto de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. La transferencia de calor se da junto con el transporte de masa en el caso de la

A) conducción solamente.

B) radiación y convección.

C) convección solamente.

D) radiación solamente.

E) conducción y radiación.

37. Una persona anda descalza en el interior de su casa donde las paredes, el piso y el aire están en equilibrio térmico. La persona siente el piso de cerámica más frío que el de madera debido a

A) efectos psicológicos.

B) diferencias en las propiedades de conducción entre la cerámica y la madera.

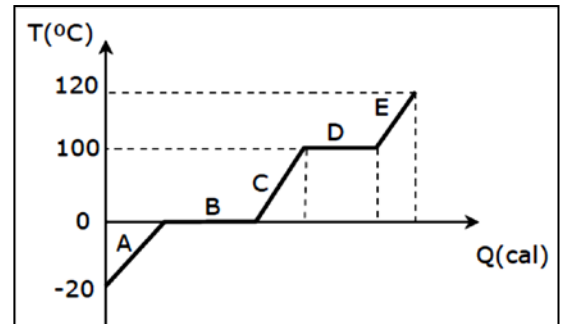
C) la diferencia de temperatura entre la cerámica y la madera.

D) la diferencia entre los calores específicos entre la cerámica y la madera.

E) diferencias en las propiedades de radiación entre la cerámica y la madera.

38. Un trozo de hielo se calienta desde los  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta los  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , entonces la alternativa que muestra una aseveración correcta es:

- A) En D sólo hay vapor de agua.
- B) En A coexiste agua y hielo.
- C) En B el hielo aumenta su temperatura sin variar el calor.
- D) En E hay una mezcla
- E) En C sólo hay agua



39. Respecto de la radiación del calor, podemos afirmar que

- A) sólo ocurre en los sólidos.
- B) sólo ocurre en los líquidos.
- C) sólo ocurre en los gases a baja presión.
- D) sólo ocurre en el vacío.
- E) no necesita medio material para ocurrir.

40. Al ir de campamento es común encender una fogata en las noches, las personas se colocan a los costados de la fogata, esto es debido a que

- A) se calientan principalmente por convección.
- B) se calientan principalmente por radiación.
- C) aunque hay un poco de humo a los costados, gracias a este humo se calientan.
- D) el aire caliente baja por los costados de la fogata y sube por el centro.
- E) ninguna de las anteriores.



41. La figura muestra una olla puesta en el fuego, si dentro de la olla hay agua, entonces es correcto afirmar que

- A) Las llamas calientan por conducción la olla.
- B) dentro de la olla el agua se calienta por convección.
- C) la olla calienta los alrededores por radiación.
- D) el humo que se genera sube gracias a la conducción.
- E) las tres primeras afirmaciones son verdaderas.

42. Con respecto a la radiación se hacen distintas afirmaciones, la que esta **errada** es:

- A) Al colocar las manos a los costados de una vela encendida, se siente calor por radiación pero es pequeño este calor, debido a que el aire es mal conductor del calor.
- B) los cuerpos oscuros emiten mayor radiación que los cuerpos claros bajo condiciones similares.
- C) la radiación puede viajar en el vacío.
- D) la radiación consiste en ondas electromagnéticas.
- E) las ondas electromagnéticas que más calientan son las correspondientes al espectro visible.



## II. PROBLEMAS DE DESARROLLO

1. Dado un cuerpo A a mayor temperatura que un cuerpo B:

- ¿En qué caso B tendrá más energía interna que A?
  
- ¿En el caso anterior, ¿cómo explicarías que A ceda energía a B ?

2. Razona si es correcta la siguiente expresión: El agua a 80 °C tiene mucho calor. Si es incorrecta, corrígela.

3. Un recipiente contiene agua fría y otro, agua caliente.

- ¿Podrían tener la misma cantidad de energía interna las dos masas de agua? Explica en qué condiciones.

- ¿Podrían tener la misma energía cinética media? ¿Por qué?

4. En Gran Bretaña aún se usa la escala Rankine, en donde la relación con la escala Kelvin es  $T_R = 9/5 T_K$  Determine los puntos de fusión y ebullición del agua en la escala.

5. La temperatura de ebullición del oxígeno es de 90,19°K. Determine dicha temperatura en las escalas Celsius, Fahrenheit y Rankine.

6. Expresar la temperatura normal del cuerpo,  $37^{\circ}\text{C}$ , en las escalas: Fahrenheit, Kelvin.

7. Si es que las hay. ¿A qué temperaturas son iguales (los valores numéricos) las escalas:

a) Celsius y Fahrenheit

b) Kelvin y Fahrenheit

c) Kelvin y Celsius?

8. El punto de ebullición normal del helio es  $2,2^{\circ}\text{K}$ ; una temperatura ambiente confortable es  $295^{\circ}\text{K}$ ; la superficie del Sol está a una temperatura en torno a los  $6.000^{\circ}\text{K}$ ; el interior de una estrella está a una temperatura de alrededor de diez millones de  $^{\circ}\text{K}$ . Expresar estas temperaturas en:

a) escala Celsius

b) escala Fahrenheit

9. ¿En qué valor numérico, una medida de temperatura en la escala Celsius es el doble que en la escala Fahrenheit?

10. Termito acaba de inventar, para su uso personal, una escala termométrica, en donde se pudo saber que: la fusión del agua se produce a los 100 °ter y cada grado ter equivale a 2°C. Determine:

a) la temperatura de ebullición del agua en °ter

b) 0°ter equivalen a cuántos °C

c) el cero absoluto en °ter.

11. ¿En qué valor numérico la temperatura medida en la escala Fahrenheit es el doble que en la escala Celsius?

12. Un día de verano se registra una temperatura mínima de 10° C y una máxima de 32°C. Determine el intervalo de temperatura (variación térmica) de ese día en:

a) Grados Celsius

b) grados Kelvin

c) grados Fahrenheit.

13. Bárbara, la gran amiga de Ernesto, inventó su propia escala termométrica y la definió a partir de los siguientes puntos de referencia: a la temperatura de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  le asignó el valor  $0^{\circ}\text{B}$ , y a los  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$  le asignó el valor  $100\text{ }^{\circ}\text{B}$ . Determine, en  $^{\circ}\text{B}$ , la temperatura de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

14. La energía liberada, en forma de calor, por  $300\text{ g}$  de una aleación a medida que se enfría en  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aumenta la temperatura de  $300\text{ g}$  de agua de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es el calor específico de la aleación?

15. El calor específico del plomo es de  $0.030\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$ .  $300\text{ g}$  de perdigones de plomo a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  se mezclan con  $100\text{ g}$  de agua a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un recipiente aislado. Calcule la temperatura de equilibrio de la mezcla.

16. La capacidad calorífica del objeto B es el doble de la de A. El objeto A está inicialmente a  $300\text{ K}$  y el objeto B está a  $450\text{ K}$ . Se colocan en contacto térmico y la combinación es aislada. Calcule la temperatura final de ambos objetos. Considere igual masa de A y B

17. El calor de fusión del agua es de 80 cal/g. ¿Qué significa esto?

18. Diez gramos de hielo a  $-20^{\circ}\text{C}$  se transforman en vapor a  $130^{\circ}\text{C}$ . El calor específico del hielo y vapor de agua es de 0,5 cal/g  $^{\circ}\text{C}$ . El calor de fusión es de 80 cal/g, y el calor de vaporización es de 540 cal/g. ¿Cuántas calorías requiere el proceso completo?

19. El oro se derrite a 1336 K. ¿Cuál es la temperatura correspondiente en grados Celsius y grados Fahrenheit?

20. A  $20^{\circ}\text{C}$  un cubo de cobre mide 40 cm de lado. ¿Cuál es el volumen del cubo cuando la temperatura alcanza  $150^{\circ}\text{C}$ ?

21. Un trozo de cobre de 400 g inicialmente a  $200^{\circ}\text{C}$  es puesto en un contenedor lleno con 3 kg de agua a  $20^{\circ}\text{C}$ . Ignorando las pérdidas de calor ¿Cuál es la temperatura de equilibrio de la mezcla?



22. ¿Cuánto aluminio (capacidad calorífica de  $0,22 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ ) a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  debe agregarse a  $400 \text{ g}$  de agua caliente a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , en orden a que la temperatura de equilibrio de la mezcla sea  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

23. La longitud de un cable de aluminio es de  $30 \text{ m}$  a  $20^\circ\text{C}$ . Sabiendo que el cable es calentado hasta  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  y que el coeficiente de dilatación lineal del aluminio es de  $24 \times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ . Determine:

a) la longitud final del cable

b) la dilatación del cable.

24. Una barra de hierro de  $10 \text{ cm}$  de longitud está a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ; sabiendo que el valor de  $\alpha$  es de  $12 \times 10^{-6} \text{ } (1/^\circ\text{C})$  Calcular:

a) La  $L_f$  de la barra y la  $\Delta L$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

b) La  $L_f$  de la barra a  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

25. La longitud de un cable de acero es de 40 m a 22 °C. Determine su longitud en un día en que la temperatura es de 34 °C, sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del acero es igual a  $11 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

26. En el interior de un horno se coloca una barra de 300,5 m de  $L_o$  a una temperatura  $t_o = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  y su  $L_f$  pasa a ser 300,65 m. Determinar la  $t_f$  del horno; sabiendo que:  $\alpha = 13 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

27. Un hilo de latón tiene 20 m de longitud a 0 °C. Determine su longitud si fuera calentado hasta una temperatura de 350°C .Se sabe que:  $\alpha_{\text{latón}} = 0,000018 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

28. En cuánto varía la longitud de un cable de plomo de 100 m inicialmente a 20 °C, cuando se lo calienta hasta 60 °C, sabiendo que:  $\alpha_{\text{plomo}} = 29 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

29. A través de una barra metálica se quiere medir la temperatura de un horno para eso se coloca a una temperatura de 22 °C en el horno. Después de un cierto tiempo se retira la barra del horno y se verifica que la longitud final sufrida equivale a 1,2 % de su longitud inicial, sabiendo que  $\alpha = 11 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ . Determine: La temperatura del horno en el instante en que la barra fue retirada

30. Una barra de hierro a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  se introduce en un horno cuya temperatura se desea determinar. El alargamiento sufrido por la barra es un centésimo de su longitud inicial. Determine la temperatura del horno, sabiéndose que el coeficiente de dilatación lineal del hierro es de  $11,8 \times 10^{-6}\text{ }1/^{\circ}\text{C}$ .

31. Un puente de acero de una longitud de  $1\text{ Km}$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  está localizado en una ciudad cuyo clima provoca una variación de la temperatura del puente entre  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la época más fría y de  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la época más calurosa. ¿Cuál será la variación de longitud del puente para esos extremos de temperatura?. Se sabe que:  $\alpha_{\text{acero}} = 11 \times 10^{-6}\text{ }1/^{\circ}\text{C}$ .

32. Una barra de acero tiene una longitud de  $2\text{ m}$  a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una de aluminio  $1,99\text{ m}$  a la misma temperatura. Si se calientan ambas hasta que tengan la misma longitud, ¿cuál debe ser la temperatura para que ocurra? Se sabe que:  $\alpha_{\text{acero}} = 11 \times 10^{-6}\text{ }1/^{\circ}\text{C}$  y  $\alpha_{\text{aluminio}} = 24 \times 10^{-6}\text{ }1/^{\circ}\text{C}$ .

33. Un anillo de cobre tiene un diámetro interno de  $3,98\text{ cm}$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿A qué temperatura debe ser calentado para que encaje perfectamente en un eje de  $4\text{ cm}$  de diámetro?. Sabiendo que:  $\alpha_{\text{cobre}} = 17 \times 10^{-6}\text{ }1/^{\circ}\text{C}$ .

34. Una chapa de zinc tiene un área de  $6 \text{ m}^2$  a  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ . Calcule su área a  $36 \text{ }^\circ\text{C}$ , sabiendo que el coeficiente de dilatación lineal del zinc es de  $27 \times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ .
35. Determine la temperatura en la cual una chapa de cobre de área  $10 \text{ m}^2$  a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  adquiere el valor de  $10,0056 \text{ m}^2$ . Considere el coeficiente de dilatación superficial del cobre es  $34 \times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$
35. La longitud de un cable de latón de  $10 \text{ m}$  de longitud, aumenta en  $1 \text{ cm}$  cuando su temperatura pasa de  $20$  a  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es el coeficiente de dilatación lineal del latón?
36. Cuando la temperatura de una moneda de cobre se eleva en  $100^\circ\text{C}$  su diámetro aumenta en  $0,18\%$ . ¿Cuál es el coeficiente de dilatación lineal?
37. En una rueda de madera de  $100 \text{ cm}$  de diámetro es necesario colocar un neumático de hierro cuyo diámetro es  $4,8 \text{ mm}$  menor que el de la rueda. ¿En cuántos grados es necesario elevar la temperatura del neumático? ( $\alpha_{\text{hierro}} = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
38. La longitud de un puente rectilíneo de hierro es de  $40 \text{ m}$ . La temperatura en aquella región tiene por valores extremos  $-4^\circ\text{C}$  y  $36^\circ\text{C}$ . Calcular la máxima variación de longitud del puente, si se sabe que incrementa su longitud en  $2,4 \text{ cm}$  al incrementar la temperatura en  $50^\circ\text{C}$