

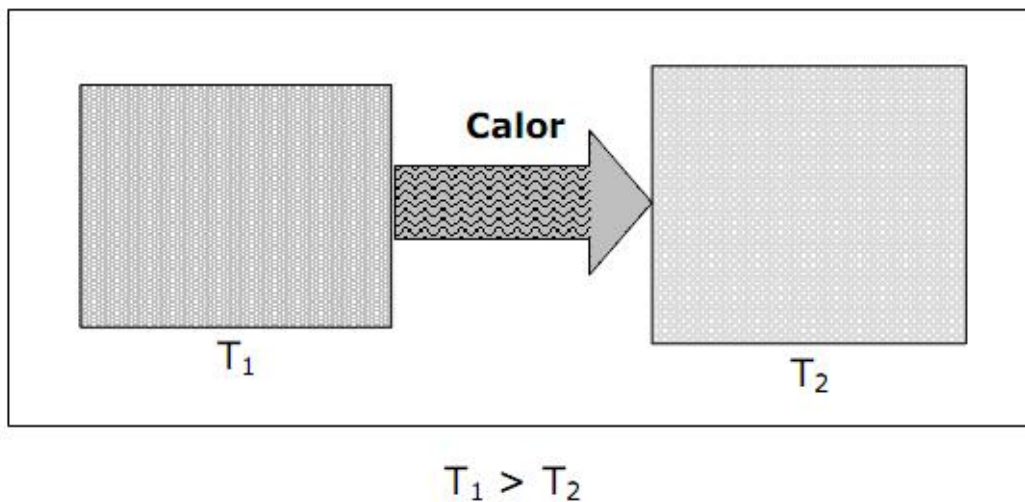
Guía de verano Termodinámica 4º Medios

Introducción

Nicolás Léonard Sadi Carnot (París, 1796-id., 1832) Ingeniero y científico francés. Describió el ciclo térmico que lleva su nombre (ciclo de Carnot) , a partir del cual se deduciría el segundo principio de la termodinámica. Hijo del revolucionario Lazare Carnot, en 1812 ingresó en la École Polytechnique y se graduó dos años después, en la época en que se iniciaba el declive del imperio napoleónico y los ejércitos extranjeros asediaban París. Muchos estudiantes, entre ellos Carnot, participaron en las escaramuzas que se produjeron en las afueras de la capital francesa. Tras la guerra con el Reino Unido, Francia tuvo que importar de ese país la maquinaria de vapor más avanzada de la época, lo cual reveló a Carnot lo atrasada que se encontraba Francia con respecto a los demás países industrializados. Este hecho, unido a las inspiradoras conversaciones que mantuvo con el eminente científico e industrial Nicolás Clément-Desormes, lo impulsaron a centrar su actividad en el desarrollo de las máquinas movidas por vapor En su ensayo publicado en 1824 bajo el título *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, Carnot, sin perderse en detalles técnicos, describió el ciclo energético de una máquina idealizada, cuyo rendimiento depende únicamente de las temperaturas inicial y final de la sustancia que impulsa la máquina (vapor o cualquier otro fluido) , con independencia de la naturaleza de la misma. Descubrió que el calor no puede pasar de un cuerpo más frío a uno más caliente.

CALOR

La idea del calor como una sustancia se debe descartar. No se trata de algo que el objeto posea, sino de algo que él mismo cede o absorbe. **El calor es energía en tránsito, que pasa desde un objeto de mayor temperatura a otro de menor temperatura.**



La unidad de energía del SI, el joule, es también la unidad preferida para medir el calor, puesto que éste es una forma de energía. Sin embargo, hay tres antiguas unidades que aún se conservan. Estas primeras unidades se basaron en la energía térmica requerida para producir un cambio patrón (estándar), Son la caloría, la kilocaloría y la unidad británica (British thermal unit) o Btu.

1 British thermal unit (Btu) = cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura 1 libra de agua, en 1 grado Fahrenheit.

Como $1 \text{ lb} = 453,6 \text{ g}$ y $1^\circ \text{F} = \frac{5}{9}^\circ \text{C}$

se tendrá que:

$1 \text{ Btu} = 453,6 \times \frac{5}{9} \text{ cal} = 252 \text{ cal}$.

también se habla de kilocalorías, siendo $1 \text{ kilocaloría} = 1 \text{ kcal} = 1000 \text{ calorías}$

Nota: La Caloría con mayúscula en nutrición, es una kilocaloría.

CONCEPTOS

Una **caloría** (cal) es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua destilada de $14,5^\circ \text{C}$ a $15,5^\circ \text{C}$ a nivel del mar.

La **capacidad calórica (C)** de un cuerpo, es la relación del calor suministrado con respecto al correspondiente incremento de temperatura del cuerpo. También la podemos definir como la cantidad de calor necesario para elevar un grado la temperatura de un cuerpo.

A partir de esta definición, se observa que al agregar Q unidades de calor a una sustancia le producen un cambio de temperatura ΔT , por lo tanto:

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

El **calor específico (c)** de un material, es la cantidad de energía necesaria para elevar un grado la temperatura de un gramo de masa.

$$c = \frac{C}{m}$$

El calor específico del agua por definición es $1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ \text{C}}$ y en la siguiente tabla se presentan los valores para algunas sustancias:

Sustancia	cal/ g °C
aceite	0,47
agua	1,00
alcohol	0,66
mercurio	0,033
cobre	0,093
hielo	0,55
madera	0,42
plata	0,056
vidrio	0,20
aluminio	0,22

De la definición de calor específico y capacidad calórica, se puede determinar la energía calórica Q transferida entre una sustancia de masa m y los alrededores para un cambio de temperatura, como:

$$Q = \pm m \cdot c \cdot \Delta T$$

Observar que cuando se le agrega calor a una sustancia, Q es positivo y la temperatura aumenta. Cuando se le quita calor a una sustancia, Q es negativo y la temperatura disminuye.

Nota: La unidad de calor en el sistema internacional es el Joule, pero la más utilizada es la caloría, cuya relación con la anterior es $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ (equivalente mecánico del calor).

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA CALÓRICA

Cuando dos cuerpos A y B de distintas temperaturas se ponen dentro de un calorímetro, entran en contacto térmico y al cabo de un tiempo se logra el equilibrio térmico. Considerando que el calor que uno cede lo absorbe el otro, se tiene:

$$Q_A + Q_B = 0$$

o bien

$$m_A \cdot c_A \cdot \Delta T = -m_B \cdot c_B \cdot \Delta T$$

Calorímetro: recipiente en cuyo interior ocurren los cambios de calor. El calorímetro está aislado térmicamente para evitar pérdidas de calor. Teóricamente, el calorímetro no debería interferir en los cambios de calor entre los cuerpos colocados en su interior. **La capacidad calórica del calorímetro será considerada nula en los cálculos, a menos que se especifique lo contrario.**

CAMBIO DE FASE

Cuando una sustancia absorbe una cierta cantidad de calor, la velocidad de sus moléculas aumenta y su temperatura se eleva. Dependiendo del calor específico de la sustancia, la elevación de temperatura es directamente proporcional a la cantidad de calor suministrado e inversamente proporcional a la masa de la sustancia. Sin embargo, cuando un sólido se funde o cuando un líquido hierve ocurre algo curioso. En estos casos, **la temperatura permanece constante** hasta que todo sólido se funde o hasta que todo líquido hierve.

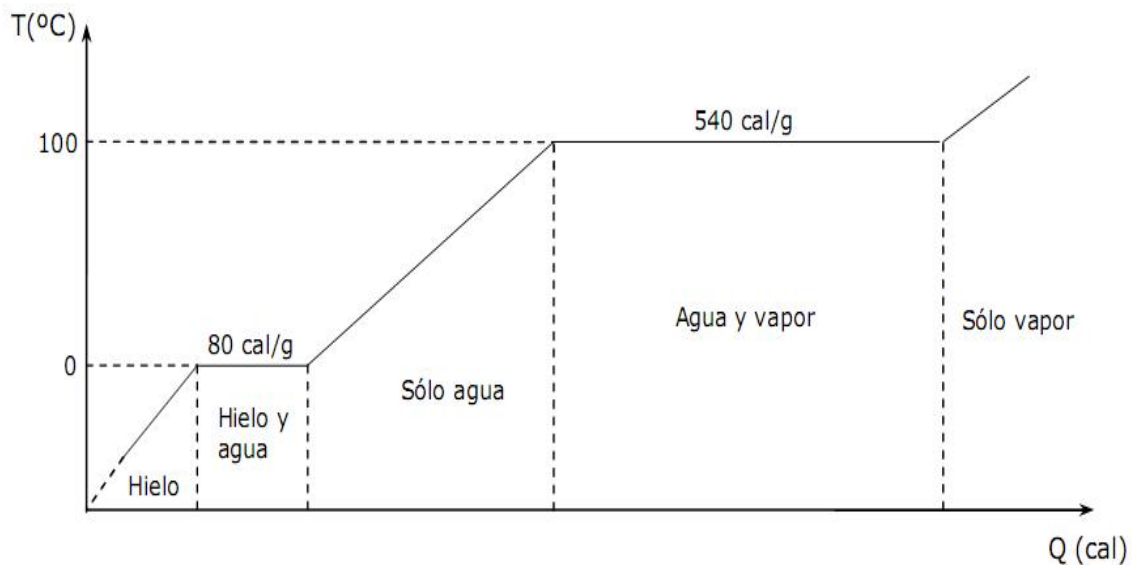
El **calor latente de fusión** L_f de una sustancia, es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de la fase sólida a la líquida a su temperatura de fusión.

$$Q = m \cdot L_f \quad \rightarrow \quad L_f = \frac{Q}{m}$$

El **calor de vaporización** L_v de una sustancia, es el calor por unidad de masa necesario para cambiar la sustancia de líquido a vapor a su temperatura de ebullición.

$$Q = m \cdot L_v \quad \rightarrow \quad L_v = \frac{Q}{m}$$

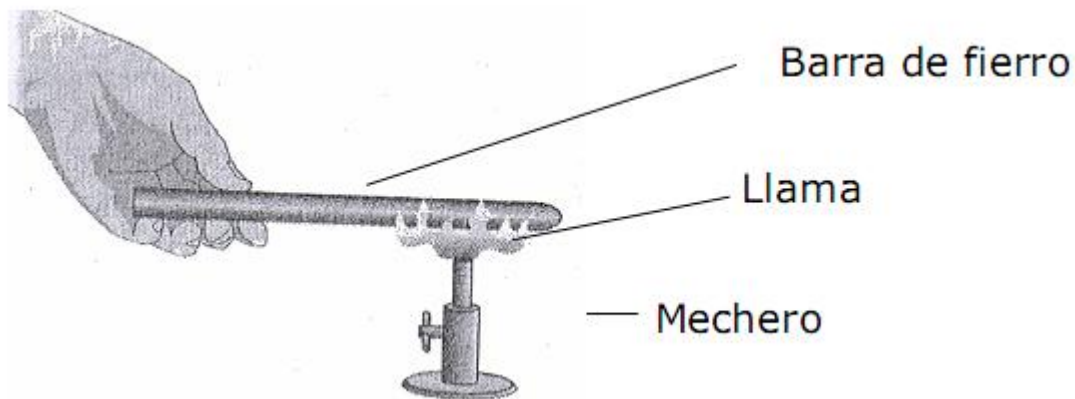
En la figura se muestra el caso del agua, en condiciones normales:



TRANSMISIÓN DEL CALOR

Conducción

Suponga que una persona sostiene uno de los extremos de una barra metálica, y que el otro extremo se pone en contacto con una llama. Los átomos o moléculas del extremo calentado por la llama, adquieren una mayor energía de agitación. Parte de esta energía se transfiere a las partículas de la región más próximas a dicho extremo, y entonces la temperatura de esta región también aumenta. Este proceso continúa a lo largo de la barra, y después de cierto tiempo, la persona que sostiene el otro extremo percibirá una elevación de temperatura en ese lugar.



Por tanto, hubo una transmisión de calor a lo largo de la barra, que continuará mientras exista una diferencia de temperatura entre ambos extremos. Observemos que esta transmisión se debe a la agitación de los átomos de la barra, transferida sucesivamente de uno a otro átomo, sin que estas partículas sufran ninguna traslación en el interior del cuerpo. Este proceso de transmisión del calor se denomina **conducción térmica**.

La mayor parte del calor que se transfiere a través de los cuerpos **sólidos**, es transmitida de un punto a otro por conducción.

Dependiendo de la constitución atómica de una sustancia, la agitación térmica podrá transmitirse de uno a otro con mayor o menor facilidad, haciendo que tal sustancia sea buena o mala conductora del calor. Así, por ejemplo, los metales son *conductores térmicos*, mientras que otras sustancias, como, corcho,

porcelana, madera, aire, hielo, lana, papel, etc., son aislantes térmicos, es decir, malos conductores de calor.

En general los líquidos y los gases son buenos aislantes, el aire conduce muy mal el calor, es decir, es un excelente aislante. Los materiales porosos son buenos aislantes porque tienen una gran cantidad de pequeños espacios llenos de aire. El hecho de que la lana, la piel y las plumas sean buenos aislantes se debe a que contienen espacios llenos de aire. Es importante mencionar que gracias a que el aire es un mal conductor, no sentimos frío en los días en que hay 27 °C. Esta propiedad está relacionada con la conductividad térmica de los materiales.

La **conductividad térmica (k)** es una propiedad física de los materiales, y mide la capacidad de conducción de calor. Los metales tienen alta conductividad térmica, es decir son buenos conductores del calor, en cambio el aire tiene baja conductividad térmica lo que lo hace un mal conductor del calor. La unidad de medida de la conductividad perteneciente al SI es el $\frac{W}{m \cdot K}$, donde (**W**) es watt, (**m**) es de metro y (**K**) de kelvin.

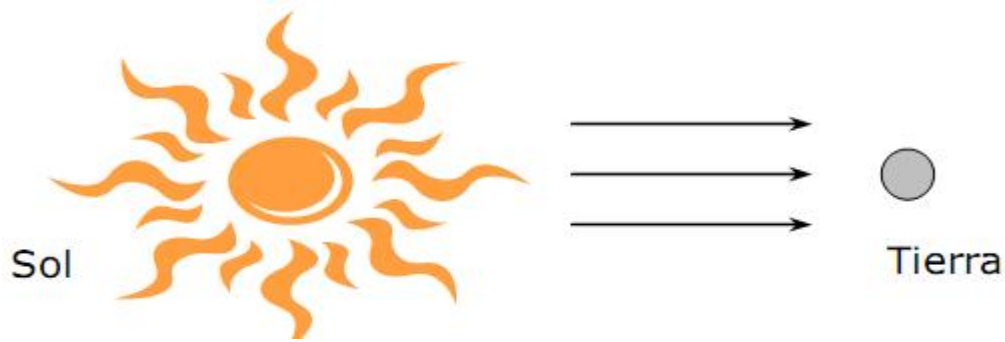
Convección

Cuando un recipiente con agua es colocado sobre un mechero, la capa de agua del fondo recibe calor por conducción. Por consiguiente, el volumen de esta capa aumenta, y por tanto su densidad disminuye, haciendo que se desplace hacia la parte superior del recipiente para ser reemplazada por agua más fría y más densa, proveniente de tal región superior. El proceso continúa, con una circulación continua de masas de agua fría hacia abajo, movimientos que se denominan corrientes de convección. Así el calor que se transmite por conducción a las capas inferiores, se va distribuyendo por convección a toda la masa del líquido, mediante el movimiento de traslación del propio líquido. La mayor parte del calor que se transmite a través de los fluidos y gases es por convección térmica.



Radiación

Es el proceso mediante el cual el calor se transfiere por medio de ondas electromagnéticas. La fuente más evidente de energía radiante es nuestro propio sol. Ni la conducción ni la convección pueden intervenir en el proceso de transferencia de energía térmica hacia la Tierra. Sin embargo, cuando entra en juego un medio material, la transferencia de calor que se puede atribuir a la radiación generalmente es pequeña, en comparación con la cantidad que se transfiere por conducción y convección.



Ejercicios

1. Se tienen tres objetos hechos del mismo material, el objeto A es el más grande, B es el intermedio y C es el más pequeño de los tres. Si A, B y C están a la misma temperatura, entonces es verdadero que

- A) los tres contienen el mismo calor.
- B) A es el que contiene más calor.
- C) si se ponen en contacto habrá un flujo de energía desde A hacia B y C.
- D) el que posee más energía interna es A.
- E) al ponerlos en contacto C es el que aumentará más su temperatura.

2. Se vierten en un calorímetro, de capacidad térmica despreciable, 1 litro de agua que está a 80 °C junto con 9 litros de agua que están a 10 °C. La temperatura de esta mezcla alcanzada en el equilibrio es

- A) 70 °C
- B) 60 °C
- C) 50 °C
- D) 17 °C
- E) 1 °C

3. Un cuerpo de 20 kg se encuentra en reposo a una altura de 20 m. Si la energía mecánica de este cuerpo se usara para poder derretir una masa de hielo que está a 0 °C, ¿cuánto hielo pasaría a su fase líquida?

Dato: considere que 1 cal = 4 J y $L_f = 80 \left[\frac{\text{cal}}{\text{g}} \right]$

- A) 4.000 g
- B) 1.000 g
- C) 80,0 g
- D) 20,0 g
- E) 12,5 g

4. Los planetas del Sistema Solar, reciben el calor de la estrella más cercana gracias a que éste se transmite por

- A) conducción.
- B) transmutación.
- C) radiación.
- D) fusión.
- E) convección.

Desarrolle los siguientes problemas.

5.- Un metal caliente cede $6.000[\text{cal}]$ cuando se introduce en un tiesto con $2[\text{l}]$ de agua que se encuentra originalmente a 20°C . Suponiendo que el calor específico del agua es constante. ¿Qué temperatura adquiere está?

6.- Se colocan $100[\text{g}]$ de cierto material a una temperatura inicial de 100°C en un recipiente del mismo material de $200[\text{g}]$ de masa que contiene $500[\text{g}]$ de agua a una temperatura inicial de $17,3^\circ\text{C}$. Si la temperatura final de equilibrio es $22,7^\circ\text{C}$, ¿Cuál es el calor específico del metal?

7.- Determina el calor que se debe entregar a $2[\text{g}]$ de hielo que inicialmente se encuentra a -10°C , para obtener los $2[\text{g}]$, pero como vapor de agua a 100°C .

Calor específico del hielo $0,5\left[\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}\right]$

Calor específico del agua $1\left[\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}\right]$

Calor de fusión del hielo $80\left[\frac{\text{cal}}{\text{g}}\right]$

Calor de vaporización del agua a $100^\circ\text{C} = 540\left[\frac{\text{cal}}{\text{g}}\right]$