

CALOR Y TEMPERATURA

Introducción

Relación entre calor y temperatura

Equilibrio térmico

Escalas Termométricas

El calor como energía

Cambios de estado

Dilatación de los cuerpos: sólidos, líquidos y gases

Transmisión del calor

INTRODUCCIÓN

El calor y la temperatura no son sinónimos, podemos decir que están estrictamente relacionados ya que la temperatura puede determinarse por la cantidad de calor acumulado.

El calor es un fenómeno físico que eleva la temperatura y dilata un cuerpo, el calor que éste posee es la suma de la energía cinética de todas sus moléculas. Por así decirlo, el calor se encarga de los movimientos de las moléculas sin importar si éstas pertenecen a un gas, un líquido o un sólido, cuando el calor aumenta la energía de dicho cuerpo se incrementará.

¿Qué contiene más calor, una taza de café o un vaso de té helado? En termodinámica, el calor tiene un significado muy concreto que es diferente de la manera en la que podríamos usar la palabra en el discurso cotidiano.

Los científicos definen el calor como la *energía térmica transferida entre dos sistemas a diferentes temperaturas que entran en contacto*. El calor se escribe con el símbolo **Q** y tiene unidades de Joules (J).

No decimos que una taza de café contiene calor, pero podemos hablar del calor *transferido* de la taza de café caliente a tu mano. El calor también es una propiedad extensiva, así que el cambio de temperatura que resulta al transferir calor a un sistema depende de cuántas moléculas hay en el sistema.

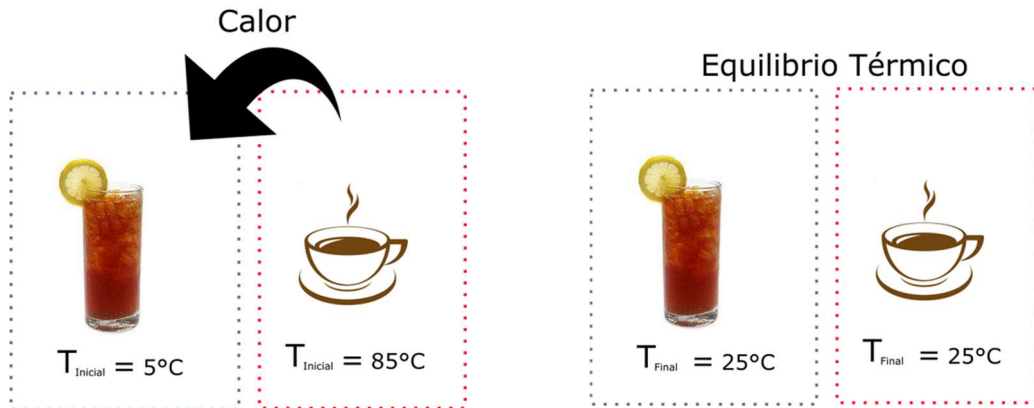
RELACIÓN ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

Calor y temperatura son dos conceptos diferentes, pero estrechamente relacionados. Observemos que tienen diferentes unidades: la temperatura puede medirse en unidades de grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) o Kelvin (K), y el calor tiene unidades de energía: Joules (J).

La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema. Las moléculas de agua en una taza de café caliente tienen una mayor

energía cinética promedio que las moléculas de agua en una taza de té helado, lo que también significa que están moviéndose a una velocidad más alta.

La temperatura no depende de qué tanta cantidad tengas de una sustancia (siempre y cuando esté toda a la misma temperatura). Por esta razón, los químicos pueden utilizar el punto de fusión para poder identificar una sustancia pura: la temperatura a la cual se derrite es una propiedad de la sustancia que no depende de la masa de una muestra.



A nivel atómico, las moléculas en cada objeto están constantemente en movimiento y chocando entre sí. Cada vez que chocan, pueden transferir energía cinética. Cuando dos sistemas están en contacto, se va a transferir calor del sistema más caliente al más frío por medio de choques moleculares. La energía térmica va a fluir en esa dirección hasta que los dos objetos están a la misma temperatura. Cuando esto ocurre, decimos que están en *equilibrio térmico*.

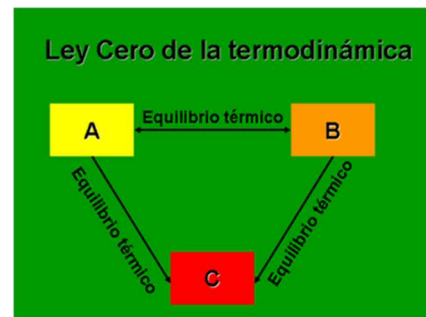


Ley cero de la termodinámica: equilibrio térmico

La ley cero de la termodinámica define el equilibrio térmico en un sistema aislado. De acuerdo con esta ley, cuando dos objetos en equilibrio térmico están en contacto, no hay ninguna transferencia de calor neto entre ellos; por lo tanto, están a la misma temperatura. Otra forma de enunciar la ley cero es decir que:

"Si dos objetos por separado están cada uno en equilibrio térmico con un tercer objeto, entonces están en equilibrio térmico entre sí".

"Si un cuerpo A está en equilibrio térmico con otro cuerpo B, y el cuerpo B está en equilibrio térmico con el cuerpo C, los cuerpos A y C también están en equilibrio térmico".



La ley cero nos permite medir la temperatura de los objetos. Cada vez que usamos un termómetro estamos utilizando la ley cero de la termodinámica. Digamos que medimos la temperatura del agua en una bañera. Para asegurarnos que la lectura es correcta, generalmente esperamos que la lectura de temperatura permanezca constante. Estamos esperando que el termómetro y el agua alcancen el equilibrio térmico. Cuando lo hayan alcanzado, la temperatura del bulbo del termómetro y del agua de la bañera será la misma, y no habrá transferencia de calor neto de un objeto al otro (suponiendo que no haya pérdida de calor hacia los alrededores).

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

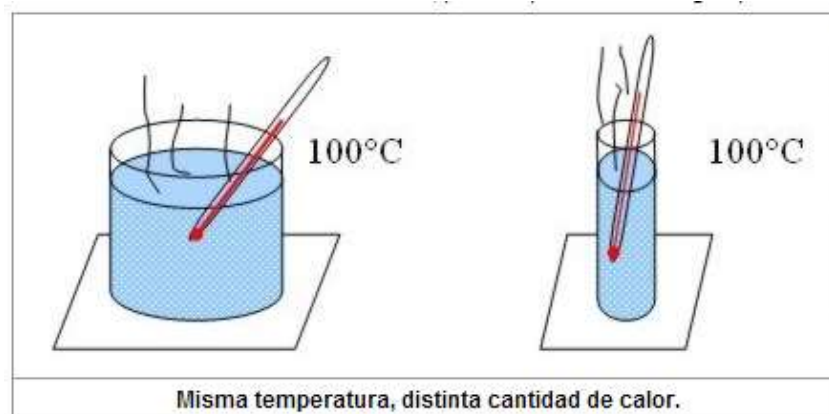
La temperatura es la medida del calor de un cuerpo (y no la cantidad de calor que este contiene o puede rendir).

La temperatura se mide en unidades llamadas grados, por medio de los termómetros, esto se refiere que para medir la temperatura utilizamos una de las magnitudes que sufre variaciones linealmente a medida que se altera la temperatura.

Temperatura es el promedio de la energía cinética de las moléculas de un cuerpo.

Todos sabemos que cuando calentamos un objeto su temperatura aumenta. Como ya dijimos, el calor es la energía total del movimiento molecular en un cuerpo, mientras que la temperatura es la medida de dicha energía.

El calor depende de la velocidad de las partículas, de su número, de su tamaño y de su tipo. La temperatura no depende del tamaño, ni del número ni del tipo. Por ejemplo, si hacemos hervir agua en dos recipientes de diferente tamaño, la temperatura alcanzada es la misma para los dos, 100°C , pero el que tiene más agua posee mayor cantidad de calor.

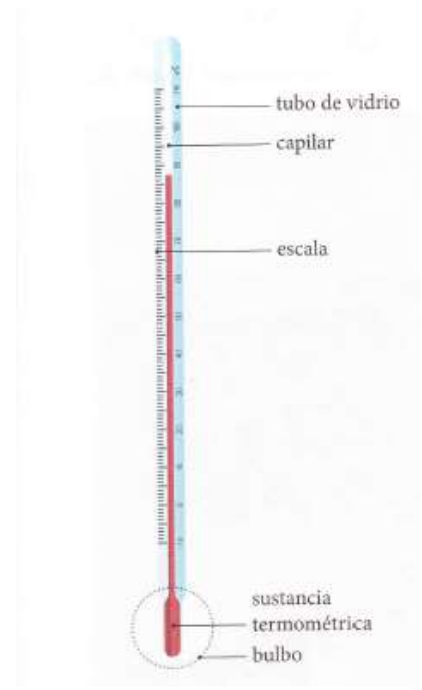
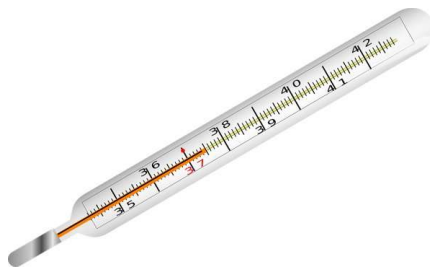


El calor es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya. Si añadimos calor, la temperatura aumenta, si quitamos calor, la temperatura disminuye.

La temperatura no es energía sino una medida de ella; sin embargo, el calor sí es energía. Medir la concentración de energía es aquella propiedad física que permite asegurar si dos o más sistemas están o no en equilibrio térmico (cuando dos cuerpos están a la misma temperatura), esto quiere decir que la temperatura es la magnitud física que mide cuan caliente o cuan frío se encuentra un objeto.

Un termómetro es un instrumento que mide la temperatura de un sistema en forma cuantitativa. Una forma fácil de hacerlo es encontrando una sustancia que tenga una propiedad que cambie de manera regular con la temperatura.

La imagen muestra un termómetro de vidrio de mercurio, el cual contiene una ampolla fija con mercurio que le permite expandirse dentro del capilar. Esta expansión fue calibrada sobre el vidrio del termómetro. El mercurio es líquido dentro del rango de temperaturas de $-38,9^{\circ}\text{C}$ a $356,7^{\circ}\text{C}$. Como un líquido, el mercurio se expande cuando se calienta, esta expansión es lineal y puede ser calibrada con exactitud.



Todas las escalas termométricas atribuyen un valor arbitrario a ciertos puntos fijos, dividiendo las escalas en un número de divisiones iguales.

Las Escalas Termométricas son:

Escala Celsius: Asigna como valores fijos el 0°C (punto de fusión del agua) y el 100°C (punto de ebullición del agua). El intervalo $0-100$ lo divide en 100 partes iguales. La escala centígrada se usa preferentemente en trabajos científicos y en los países latinos.

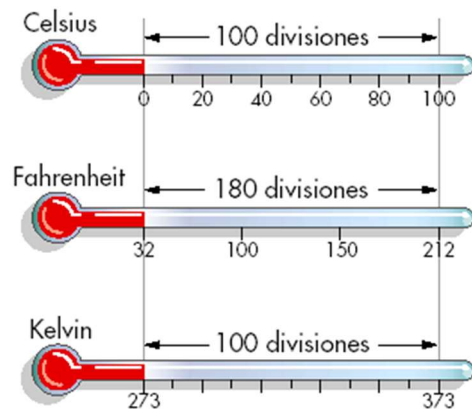
Escala Kelvin: Asigna como valores fijos el 0°K (Cero Absoluto) y el 273°K (punto de fusión del agua). Las divisiones son iguales que en la escala Celsius.

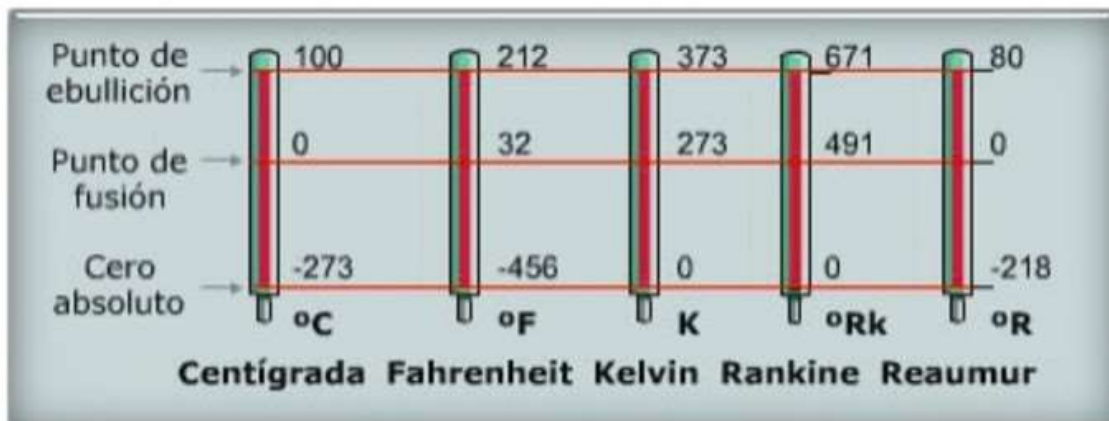
Cero Absoluto es la temperatura a la cuál cesa toda agitación térmica y es, por tanto, la mínima temperatura que puede alcanzar un cuerpo. La escala de temperaturas adoptada por el Sistema Internacional (SI) es la llamada escala absoluta o Kelvin.

Escala Fahrenheit: Asigna como valores fijos el 32°F (punto de fusión del agua) y el 212°F (punto de ebullición del agua). El intervalo entre ambas temperaturas se divide en 180 partes iguales. La escala Fahrenheit es más usada popularmente en los E.E.U.U. y en Inglaterra.

Escala Reaumur: La temperatura de fusión del agua se designa por cero (0) y la ebullición del agua por 80, dividiéndose el intervalo entre ellas en 80 partes, cada una de las cuales se denomina grado reaumur ($^{\circ}\text{R}$). Se emplea exclusivamente en los países escandinavos.

Escala Rankine: Es la escala absoluta correspondiente al Fahrenheit, donde el punto cero corresponde a $-459,7^{\circ}\text{F}$.





Conversión de temperatura

- Centígrados a Fahrenheit

$$F = \frac{180}{100} C + 32 = \frac{9}{5} C + 32$$

- Fahrenheit a Centígrados

$$C = \frac{100}{180} (F - 32) = \frac{5}{9} (F - 32)$$

- Centígrados a Kelvin

$$K = C + 273$$

EL CALOR COMO ENERGÍA:

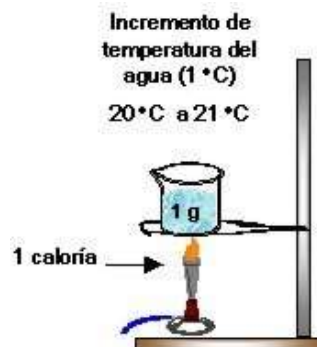
Calor es la energía que se transmite de un cuerpo a otro en virtud únicamente de una diferencia de temperatura entre ellos.

Por lo tanto, el calor se debe medir en unidades energéticas.

En el S.I. medimos el calor en joules. En la práctica se emplea también la caloría (cal).

Una caloría es la cantidad de calor que debe transmitirse a 1 g de agua para que su temperatura se eleve en 1°C.

Equivalencia entre el julio y la caloría
1 J = 0,24 cal
1 cal = 4,18 J



Efectos del calor:

Cuando un cuerpo absorbe o pierde energía térmica en forma de calor se modifica:

- su temperatura, que aumenta o disminuye.
- su estado físico, en la secuencia sólido - líquido - gas o al revés.
- su tamaño, dilatándose o contrayéndose.

Estudiemos ahora cómo se mide el calor y cuáles son las propiedades características en las sustancias:

Capacidad térmica

Calor específico

Cantidad de calor

La **capacidad térmica (C)** nos da información sobre qué tanta energía se necesita para cambiar la temperatura de una sustancia dada al suponer que no ocurre un cambio de fase. La unidad para medir la capacidad térmica está dada por una magnitud $\text{cal}/^\circ\text{C}$, lo que es igual a $\text{J}/^\circ\text{C}$.

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

El **calor específico** (también llamado capacidad calorífica específica) se representa por el símbolo **Ce** y se define como la cantidad de energía que se necesita para elevar la temperatura de un gramo de una sustancia en 1°C .

Es la capacidad térmica por unidad de masa de esa sustancia. Su unidad generalmente es $\text{J}/\text{g}^\circ\text{C}$

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



Podemos usar la capacidad térmica (C) para determinar la **cantidad de calor (ΔQ)** liberado o absorbido por un material mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\Delta Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Donde m es la masa de la sustancia (en gramos), C_e es el calor específico y ΔT es el cambio de temperatura durante la transferencia de calor. Hay que tener en cuenta que

la masa y el calor específico solo pueden tener valores positivos, por lo que el signo de la cantidad de calor Q dependerá del signo de ΔT .

Calor Absorbido o Cedido por un Cuerpo

Depende de tres factores:

- La **masa** del cuerpo que se caliente o enfríe.
- La **naturaleza** del cuerpo.
- La **variación de temperatura** que se desea conseguir.

CAMBIOS DE ESTADO

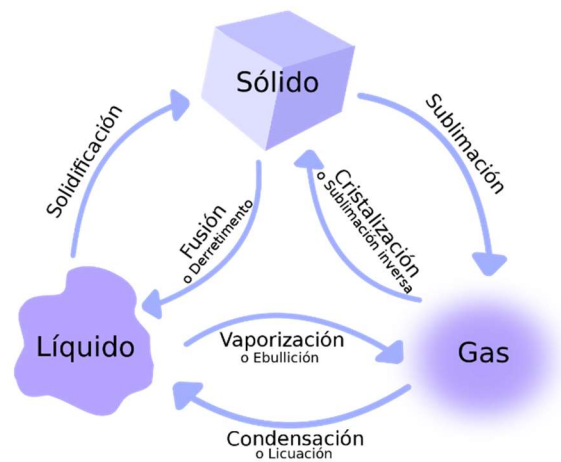
La materia se puede presentar en 3 estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso. Hay un cuarto estado, plasma.

"Cuando la materia pasa de uno de estos estados a otro diferente decimos que ha sufrido un cambio de estado"

El cambio de estado se puede conseguir llevando a la materia a temperaturas extremas y/o a presiones extremas para cada estado. Esas presiones o temperaturas extremas en cada estado, que dependen del tipo de materia, se llaman temperaturas o presiones de cambio de estado. Por ejemplo, el agua a una presión atmosférica de 100°C pasa de líquido a gas. 100°C sería su temperatura de cambio de estado de líquido a gas (temperatura de vaporización).

La mayoría de las veces el cambio de estado se produce para una presión fija (por ejemplo, la presión atmosférica) llevando a la materia a su temperatura de cambio de estado para esa presión.

Fusión: Es el paso de un sólido al estado líquido por medio del calor; durante este proceso endotérmico (proceso que absorbe energía para llevarse a cabo este cambio) hay un punto en que la temperatura permanece constante. El "*punto de fusión*" es la temperatura a la cual el sólido se funde, por lo que su valor es particular para cada sustancia. Un ejemplo podría ser un hielo derriéndose, pues pasa de estado sólido al líquido.



Solidificación: Es el paso de un líquido a sólido por medio del enfriamiento; el proceso es exotérmico. El "*punto de solidificación*" o de congelación es la temperatura a la cual el líquido se solidifica y permanece constante durante el cambio, y coincide con el punto de fusión si se realiza de forma lenta (reversible); su valor es también específico.



Vaporización: Es el proceso físico en el que un líquido pasa a un estado gaseoso.

Si se realiza cuando la temperatura de la totalidad del líquido iguala al punto de ebullición del líquido a esa presión continuará calentándose el líquido, éste absorbe el calor, pero sin aumentar la temperatura: el calor se emplea en la conversión del agua en estado líquido en agua en estado gaseoso, hasta que la totalidad de la masa pasa al estado gaseoso. En ese momento es posible aumentar la temperatura del gas.

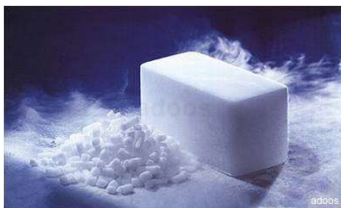


Condensación: Se denomina así al cambio de estado de la materia que se pasa de forma gaseosa a forma líquida. Es el proceso inverso a la vaporización. Si se produce un paso de estado gaseoso a estado sólido de manera directa, el proceso es llamado sublimación inversa.



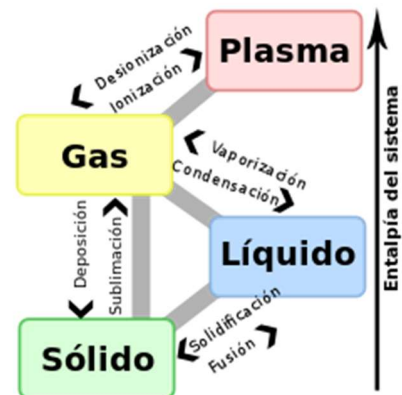
Sublimación: Es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido. Al proceso inverso se le denomina **sublimación inversa o cristalización:** es decir, el paso directo del estado gaseoso al estado sólido.

Un ejemplo clásico de sustancia capaz de sublimarse es el hielo seco.



Desionización: Es el cambio de un plasma a gas.

Ionización: Es el cambio de un gas a un plasma.



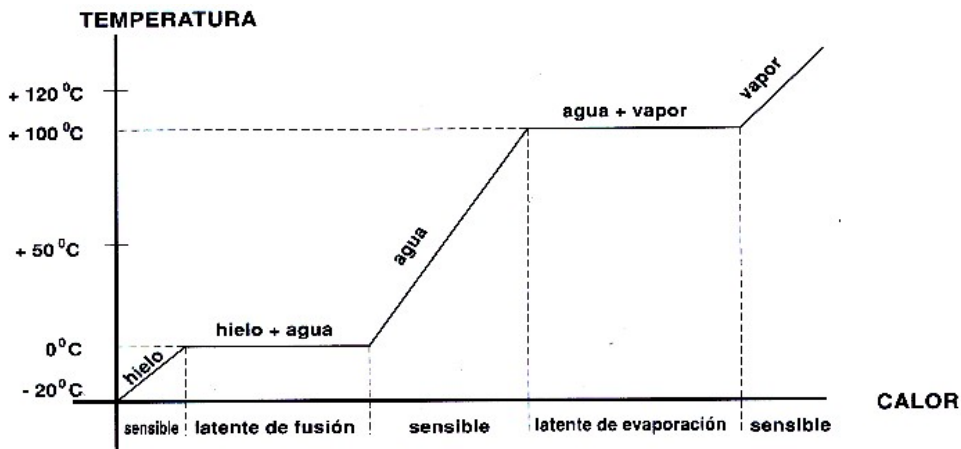
En Física se denomina **plasma** al cuarto estado de agregación de la materia, un estado fluido similar al gaseoso, pero en el que determinada proporción de sus partículas están cargadas eléctricamente y no poseen equilibrio electromagnético.

Este estado lo alcanza la materia cuando está a grandes temperaturas, y se diferencia del gaseoso porque en este estado la velocidad de los átomos es tan grande que al chocar entre ellos y por la elevada temperatura se liberan electrones de sus átomos quedando en forma de iones + y electrones libres y con un movimiento a una gran velocidad y sin orden aparente.

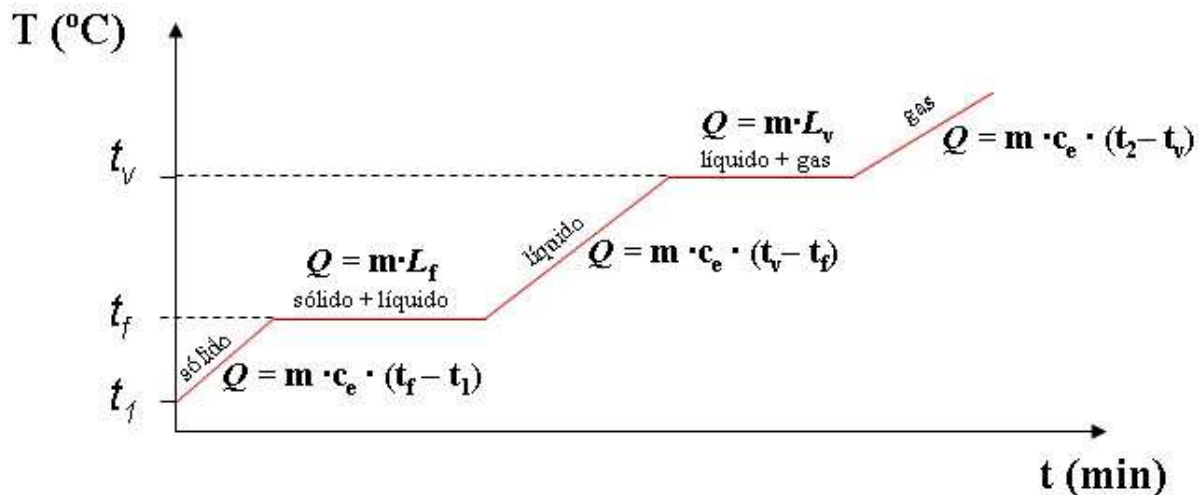
Este estado resulta que en el universo (no en la Tierra) el 99% de la materia está en estado de plasma. Esto es como está la materia por ejemplo del sol y de la mayoría de las estrellas.

Es importante hacer notar que, en todas las transformaciones de fase de las sustancias, éstas no se transforman en otras sustancias, solo cambia su estado físico.

Las diferentes transformaciones de fase de la materia (como en el caso del agua como se muestra en el gráfico siguiente) son necesarias y provechosas para la vida y el sustento del hombre cuando se desarrollan normalmente.



Comportamiento del agua y los cambios de estado:



DILATACIÓN DE LOS CUERPOS

El fenómeno de dilatación está estrechamente relacionado con la variación de la temperatura de los cuerpos. Las moléculas de un cuerpo se mantienen unidas mientras la energía que poseen no varíe. Si la temperatura aumenta, las moléculas se separan por una variación en la cantidad y amplitud de los choques entre ellas. Los sólidos sufren dilatación aumentando alguna o todas sus dimensiones, mientras que los líquidos y gases aumentan su volumen. Cuando la temperatura disminuye ocurre el fenómeno contrario: se contraen debido a que las moléculas pierden de energía cinética. Los gases se dilatan más que los líquidos y los líquidos se dilatan más que los sólidos.

Los cuerpos solidos como alambres, varillas y barras de metal, al aumentarles su temperatura, sufren un aumento en su longitud, este fenómeno se le conoce como dilatación lineal.

Dilatación lineal:

Cuando a los sólidos, con una longitud inicial de un metro, se les aumenta 1°C su temperatura, varían en su longitud de manera constante. A esta cantidad se le conoce como coeficiente de dilatación lineal y es específico para cada sustancia y se representa con la letra griega α .

Para calcular la dilatación lineal de un cuerpo solido se utiliza la ecuación:

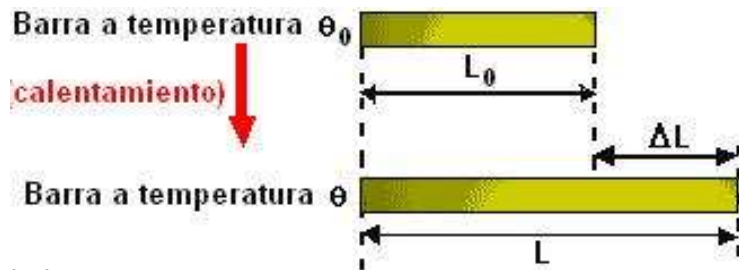
$$\Delta t = t - t_0$$

$$\Delta L = L - L_0$$

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

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

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



L_0 es la longitud inicial de la barra

t_0 = temperatura inicial

t = temperatura final a que se elevó la barra

L = longitud final de la barra debido al aumento de temperatura

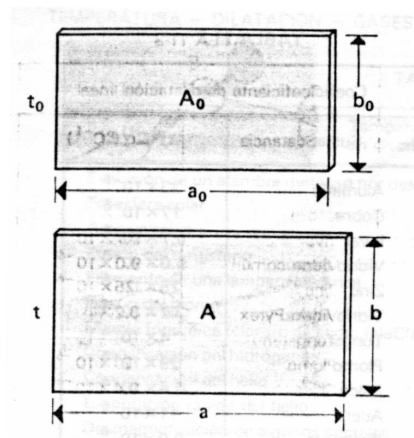
α = constante de proporcionalidad = coeficiente de dilatación lineal. Es distinto para cada material

Dilatación superficial:

Es aquella en que predomina la variación en dos dimensiones, o sea, la variación del área del cuerpo. Se produce en baldosas, vidrio, placas metálicas, etc.

$$\Delta A \propto A_0 \cdot \Delta t$$

$$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta t$$



Dilatación volumétrica:

En este tipo de dilatación, vamos a considerar la variación del volumen, esto es, la dilatación en las tres dimensiones del sólido (longitud, ancho y altura).

$$\Delta V \propto V_0 \cdot \Delta t$$
$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta t$$



Dilatación de los líquidos:

Los sólidos tienen forma propia y volumen definido, pero los líquidos tienen solamente volumen definido. Así, el estudio de la dilatación térmica de los líquidos es realizado solamente en relación a la dilatación volumétrica. Esta obedece a una ley idéntica a la dilatación volumétrica de un sólido, o sea, la dilatación volumétrica de un líquido podrá ser calculada por las mismas fórmulas de la dilatación volumétrica de los sólidos.

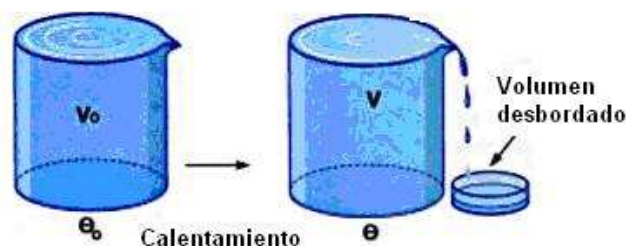
Como la forma de un fluido no está definida, solamente tiene sentido hablar del cambio del volumen con la temperatura. La respuesta de los gases a los cambios de temperatura o de presión es muy notable, en tanto que el cambio en el volumen de un líquido, para cambios en la temperatura o la presión, es muy pequeño.

Los líquidos se caracterizan por dilatarse al aumentar la temperatura, siendo su dilatación volumétrica unas diez veces mayor que la de los sólidos.

Para conocer la dilatación de un líquido es necesario tener en cuenta que todo fluido se encuentra contenido en un recipiente, por lo tanto, la dilatación real es:

dilatación aparente + dilatación volumétrica del recipiente = dilatación real

Dilatación aparente: Al aumentar la temperatura de un recipiente con líquido, observamos que ambos se dilatan, por lo tanto, notamos que el líquido tiene una dilatación aparente. Su dilatación real será mayor que la aparente



El volumen inicial de la probeta y del líquido es V_0 . Al calentarse el conjunto hasta la temperatura final θ , la probeta adquiere el volumen V y el líquido trasborda, porque el coeficiente de dilatación del líquido es mayor que el de la probeta.

El volumen de líquido trasbordado, se llama dilatación aparente del líquido (ΔV_{Ap}).

La dilatación real (total) del líquido (ΔV_{real}) es la suma del volumen de líquido trasbordado (dilatación aparente ΔV_{ap}) con la dilatación del recipiente (ΔV_{rec}), o sea

$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{ap}} + \Delta V_{\text{rec}}$$

Así, por ejemplo, si el recipiente aumentó su volumen en 1 cm^3 ($\Delta V_{\text{rec}} = 2 \text{ cm}^3$) y el líquido trasbordó 3 cm^3 ($\Delta V_{\text{ap}} = 3 \text{ cm}^3$), concluimos que la dilatación real del líquido fue $\Delta V_{\text{real}} = 3 + 2 = 5 \text{ cm}^3$.

La dilatación aparente (ΔV_{ap}) y la dilatación del recipiente (ΔV_{rec}) son dilataciones volumétricas.

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap}} \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta V_{\text{rec}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{rec}} \cdot \Delta \theta$$

Pero la dilatación real del líquido es:

$$\Delta V_{\text{real}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{real}} \cdot \Delta \theta$$

Sustituyendo estas ecuaciones en la primera tenemos:

$$\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{rec}}$$

Por tanto, el coeficiente de dilatación real del líquido es la suma del coeficiente de dilatación aparente del mismo, con el coeficiente de dilatación volumétrica del recipiente.

Dilatación irregular del agua:

El agua es el líquido más común, sin embargo, su comportamiento en términos de dilatación térmica es una verdadera excepción. Es el único líquido que, al presentar un cambio de temperatura pequeño, digamos de 0°C a 4°C , se contrae y por consiguiente su densidad incrementa.

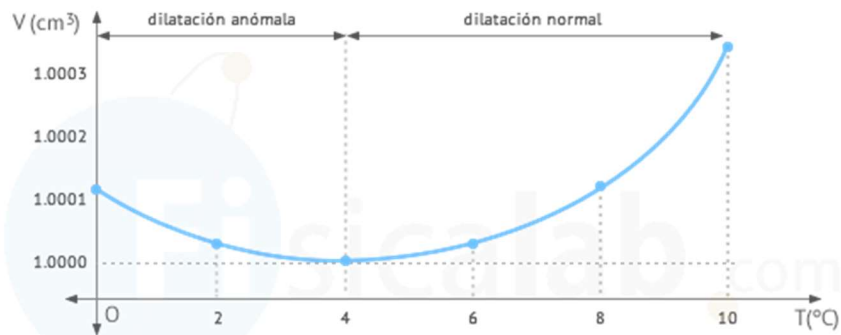
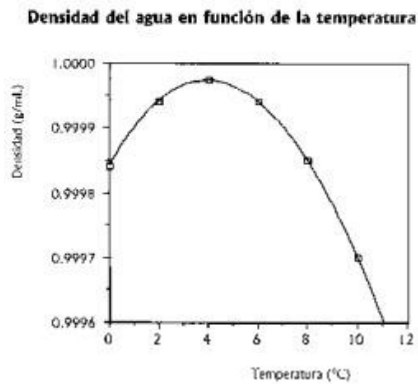
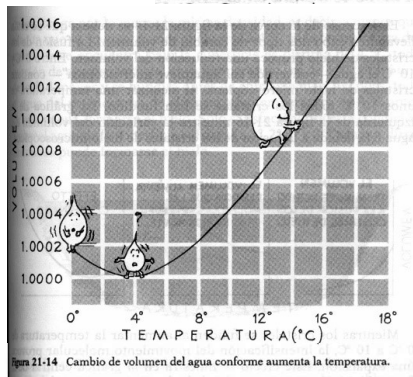
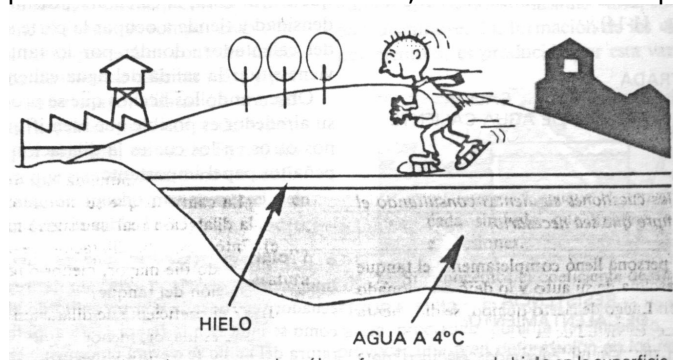
El agua arriba de 4°C , su expansión con temperatura creciente se comporta como se espera que se comporte en cualquier líquido, y se puede decir que a 4 grados Celsius, el agua alcanza su valor máximo de densidad.

Este comportamiento del agua se puede notar de mejor manera al ver cómo se congela un charco de agua, el proceso de congelamiento de éste es lento y comienza de arriba hacia abajo, cuando la temperatura de la atmosfera baja de 8°C a 6°C . El agua que se

encuentra en la superficie del charco se enfría y el volumen de ésta se reduce, en consecuencia, su densidad aumenta al ser la densidad del agua que se encuentra en la superficie mayor que la densidad del agua que se encuentra debajo de ella, el agua de la superficie se hunde y el agua caliente es forzada a subir a la superficie para posteriormente ser enfriada y seguir con el proceso de corriente ascendente.

Cuando la temperatura de la atmosfera se encuentra entre 4°C y 0°C, el agua en la superficie se expande al ser enfriada a esta temperatura y como resultado su densidad disminuye. Al ser el agua de la superficie menos densa que el agua que se encuentra debajo de ella, el agua de la superficie se mantiene en la superficie hasta ser congelada. Cuando esto sucede el agua se convierte en hielo y como este es menos denso que el agua más caliente que se encuentra debajo, el hielo se mantendrá en la superficie y se seguirá acumulando mientras que el agua debajo de él se mantendrá a 4°C.

Se debe reflexionar que si este proceso no ocurriera toda forma de vida (flora y fauna) marina no serían capaces de sobrevivir al invierno, solo escasas excepciones lo lograrían.



Dilatación anómala del agua

En la siguiente figura se muestra la gráfica del volumen del agua con respecto a su temperatura. Observa como entre 0 y 4 °C, al aumentar la temperatura el volumen no aumenta sino que incluso disminuye. A este fenómeno se le denomina dilatación anómala.

Dilatación de los gases:

La dilatación de los gases a presión constante sigue la expresión:

$$V = V_0 \cdot (1 + \alpha_p \cdot \Delta T)$$

Donde:

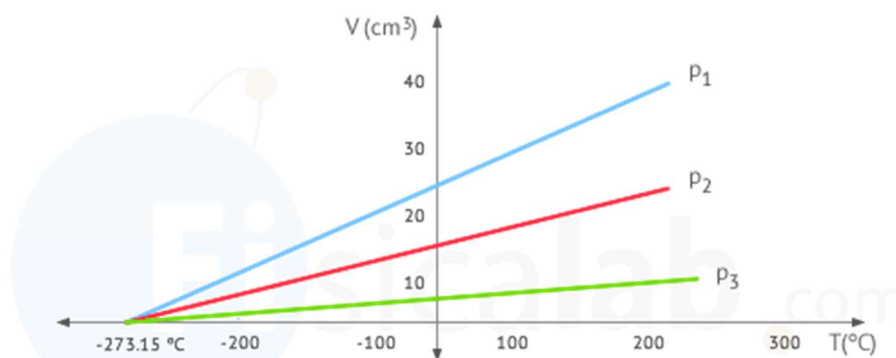
V , V_0 : Volumen final e inicial respectivamente del líquido. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el metro al cubo (m^3)

α_p : Coeficiente de dilatación a presión constante. Para una presión determinada existe un valor de α_p único igual para todos los gases. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el $^{\circ}K^{-1}$, aunque también se usa el $^{\circ}C^{-1}$

ΔT : Incremento de temperatura que experimenta el líquido. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el kelvin $^{\circ}K$ aunque también se usa el $^{\circ}C$.

Observemos que, aunque la unidad de temperatura en el Sistema Internacional es el Kelvin, por comodidad también se usa el $^{\circ}C$, en cuyo caso el coeficiente de dilatación del gas α se expresa en $^{\circ}C^{-1}$, aunque su valor es el mismo.

El coeficiente de dilatación α_p es igual para todos los gases que se encuentran a una determinada presión. El volumen V de un gas es 0 a una temperatura T de $-273^{\circ}C$ ($0^{\circ}K$ o cero absoluto). Este comportamiento permite dibujar las siguientes líneas que representan el volumen de cualquier gas a una determinada presión.



Dilatación de los gases

Si representamos las variaciones del volumen de un gas con respecto a su temperatura a manteniendo distintas presiones constantes (p_1 , p_2 y p_3), podemos observar que todas ellas cambian de forma lineal y cuando $V = 0$, su temperatura es $-273.1^{\circ}C$ ($0^{\circ}K$)

Finalmente, si conocemos el volumen inicial V_0 del gas a $0^{\circ}C$, el coeficiente de dilatación de cualquier gas viene dado por:

$$\alpha = \frac{1}{273,15} ^{\circ}C^{-1}$$

La termodinámica se ocupa solo de variables microscópicas, como la *presión*, la *temperatura* y el *volumen*. Sus leyes básicas, expresadas en términos de dichas cantidades, no se ocupan de considerar de que la materia está formada por átomos. Sin embargo, la mecánica estadística, que estudia las mismas áreas de la ciencia que la termodinámica, presupone la existencia de los átomos. Sus leyes básicas son las leyes de la mecánica, las que se aplican en los átomos que forman el sistema.

No existe una computadora electrónica que pueda resolver el problema de aplicar las leyes de la mecánica individualmente a todos los átomos que se encuentran en una botella de oxígeno, por ejemplo. Aun si el problema pudiera resolverse, los resultados de estos cálculos serían demasiados voluminosos para ser útiles.

Afortunadamente, no son importantes si sólo se trata de determinar el comportamiento microscópico del gas. Así, aplicamos las leyes de la mecánica estadísticamente con lo que nos damos cuenta de que podemos expresar todas las variables termodinámicas como promedios adecuados de las propiedades atómicas. Por ejemplo, la presión ejercida por un gas sobre las paredes de un recipiente es la rapidez media, por unidad de área, a la que los átomos de gas transmiten ímpetu a la pared, mientras chocan con ella. En realidad, el número de átomos en un sistema microscópico, casi siempre es tan grande, que estos promedios definen perfectamente las cantidades.

Podemos aplicar las leyes de la mecánica estadísticamente a grupos de átomos en dos niveles diferentes. Al nivel llamado teoría cinética, en el que procederemos en una forma más física, usando para promediar técnicas matemáticas bastantes simples.

En otro nivel, podemos aplicar las leyes de la mecánica usando técnicas que son más formales y abstractas que las de la teoría cinética. Este enfoque desarrollado por J. Willard Gibbs (1839-1903) y por Ludwig Boltzmann (1844-1906) entre otros, se llama mecánica estadística, un término que incluye a la teoría cinética como una de sus ramas. Usando estos métodos podemos derivar las leyes de la termodinámica, estableciendo a esta ciencia como una rama de la mecánica. El florecimiento pleno de la mecánica estadística (estadística cuántica), que comprende la aplicación estadística de las leyes de la mecánica cuántica, más que las de la mecánica clásica para sistemas de muchos átomos.

Gas Real y Gas Ideal:

Los gases reales son los que en condiciones ordinarias de temperatura y presión se comportan como gases ideales; pero si la temperatura es muy baja o la presión muy alta, las propiedades de los gases reales se desvían en forma considerable de las de los gases ideales.

Los Gases que se ajusten a estas suposiciones se llaman gases ideales y aquellas que no se les llama gases reales, o sea, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros.

1. - Un gas está formado por partículas llamadas moléculas. Dependiendo del gas, cada molécula está formada por un átomo o un grupo de átomos. Si el gas es un elemento o un compuesto en su estado estable, consideramos que todas sus moléculas son idénticas.
2. - Las moléculas se encuentran animadas de movimiento aleatorio y obedecen las leyes de Newton del movimiento. Las moléculas se mueven en todas direcciones y a velocidades diferentes. Al calcular las propiedades del movimiento suponemos que la mecánica newtoniana se puede aplicar en el nivel microscópico.
3. - El número total de moléculas es grande. La dirección y la rapidez del movimiento de cualquiera de las moléculas puede cambiar bruscamente en los choques con las paredes

o con otras moléculas. Cualquiera de las moléculas en particular, seguirá una trayectoria de zigzag, debido a dichos choques. Sin embargo, como hay muchas moléculas, suponemos que el gran número de choques resultante mantiene una distribución total de las velocidades moleculares con un movimiento promedio aleatorio,

4. - El volumen de las moléculas es una fracción despreciablemente pequeña del volumen ocupado por el gas.

5. - No actúan fuerzas apreciables sobre las moléculas, excepto durante los choques. En el grado de que esto sea cierto, una molécula se moverá con velocidad uniformemente los choques. Como hemos supuesto que las moléculas sean tan pequeñas, la distancia media entre ellas es grande en comparación con el tamaño de una de las moléculas. De aquí que supongamos que el alcance de las fuerzas moleculares es comparable al tamaño molecular.

6. - Los choques son elásticos y de duración despreciable. Debido a que el tiempo de choque es despreciable comparado con el tiempo que transcurre entre el choque de moléculas, la energía cinética que se convierte en energía potencial durante el choque, queda disponible de nuevo como energía cinética, después de un tiempo tan corto, que podemos ignorar este cambio por completo.

Características de Gas Ideal

Se considera que un gas ideal presenta las siguientes características:

- El número de moléculas es despreciable comparado con el volumen total de un gas.
- No hay fuerza de atracción entre las moléculas.
- Las colisiones son perfectamente elásticas.
- Evitando las temperaturas extremadamente bajas y las presiones muy elevadas, podemos considerar que los gases reales se comportan como gases ideales.

Los gases tienen 3 propiedades características:

- 1) son fáciles de comprimir
- 2) se expanden hasta llenar el contenedor
- 3) ocupan más espacio que los sólidos o líquidos que los conforman.

El volumen de un gas es una de sus propiedades características. Otra propiedad es la presión que el gas libera en sus alrededores. Muchos de nosotros obtuvimos nuestra primera experiencia con la presión, al momento de llenar las ruedas de la bicicleta.

Ecuación General de los Gases

En las leyes de los gases, la de Boyle, la de Charles y la Gay-Lussac, la masa del gas es fija y una de las tres variables, la temperatura, presión o el volumen, también es constante. Utilizando una nueva ecuación, no solo podemos variar la masa, sino también la temperatura, la presión y el volumen. La ecuación es:

$$P \cdot V = n \cdot k \cdot T$$

De esta ecuación se despejan las siguientes incógnitas.

Volumen **V**: Es la cantidad de espacio que tiene un recipiente. Medidos en Litros o en algunos de sus derivados.

Presión **P**: Fuerza que ejerce el contenido de un recipiente, al recipiente.

Temperatura **T**: Es la medida de calor que presenta un elemento. Es medida en °K

Número de partículas **n**: Cantidad de partes (moles) presentes. El número n de moléculas por unidad de volumen se obtiene dividiendo el número total de moléculas N entre el volumen del recipiente V . $n=N/V$

constante de Boltzmann **k**: cuyo valor es $k= (1,38054 \pm 0,00006) \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

Esta fórmula puede ser considerada como una definición macroscópica de la temperatura absoluta. Para un gas de volumen V fijo, la presión p es la variable termométrica, y la temperatura T se define simplemente como proporcional a la presión.

Ley de Boyle

La ley de Boyle establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente. Esto quiere decir que, si el volumen del contenedor aumenta, la presión en su interior disminuye y, viceversa, si el volumen del contenedor disminuye, la presión en su interior aumenta.

La ley de Boyle permite explicar la ventilación pulmonar, proceso por el que se intercambian gases entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares. El aire entra en los pulmones porque la presión interna de estos es inferior a la atmosférica y por lo tanto existe un gradiente de presión. Inversamente, el aire es expulsado de los pulmones cuando estos ejercen sobre el aire contenido una presión superior a la atmosférica.

Ley de Charles

La ley de Charles establece que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, asumiendo que la presión se mantiene constante. Esto quiere decir que en un recipiente flexible que se mantiene a presión constante, el aumento de temperatura conlleva un aumento del volumen.

Ley de Dalton

La ley de Dalton establece que en una mezcla de gases cada gas ejerce su presión como si los restantes gases no estuvieran presentes. La presión específica de un determinado gas en una mezcla se llama presión parcial, p . La presión total de la mezcla se calcula simplemente sumando las presiones parciales de todos los gases que la componen. Por ejemplo, la presión atmosférica es:

Presión atmosférica (760 mm de Hg) = p_{O_2} (160 mm Hg) + p_{N_2} (593 mm Hg) + p_{CO_2} (0.3 mm Hg) + p_{H_2O} (alrededor de 8 mm de Hg)

Ley de Gay-Lussac

En 1802, Joseph Gay-Lussac publicó los resultados de sus experimentos que ahora conocemos como Ley de Gay-Lussac. Esta ley establece, que, a volumen constante, la presión de una masa fija de un gas dado es directamente proporcional a la temperatura kelvin.

Hipótesis de Avogadro

La teoría de Dalton no explicaba por completo la ley de las proporciones múltiples y no distinguía entre átomos y moléculas. Así, no podía distinguir entre las posibles fórmulas del agua HO y H_2O_2 , ni podía explicar por qué la densidad del vapor de agua, suponiendo que su fórmula fuera HO , era menor que la del oxígeno, suponiendo que su fórmula fuera O . El físico italiano Amedeo Avogadro encontró la solución a esos problemas en 1811. Sugirió que, a una temperatura y presión dadas, el número de partículas en volúmenes iguales de gases era el mismo, e introdujo también la distinción entre átomos

y moléculas. Cuando el oxígeno se combinaba con hidrógeno, un átomo doble de oxígeno (molécula en nuestros términos) se dividía, y luego cada átomo de oxígeno se combinaba con dos átomos de hidrógeno, dando la fórmula molecular de H₂O para el agua y O₂ y H₂ para las moléculas de oxígeno e hidrógeno, respectivamente.

Conclusión

Los gases, aunque no se puedan ver, constituyen una gran parte de nuestro ambiente, y quehacer diario, ya que ellos son los responsables de transmitir: sonidos, olores, etc. Los gases poseen propiedades extraordinarias, por ejemplo: que se puede comprimir a solamente una fracción de su volumen inicial, pueden llenar cualquier contenedor, o que el volumen de un gas comparado con el mismo componente, sólido o líquido tiene una diferencia de casi 800 veces la proporción. Esto hace posible que una cantidad n de un gas puede entrar en un contenedor cualquiera y que este gas llenaría el contenedor.

A simple vista no apreciamos los gases, pero sabemos que están allí, y podemos saber qué propiedades tienen en ese lugar en específico, una variación en la temperatura al igual que un cambio en la presión alterarían los factores de un gas. Sabiendo esto, podemos manipular los gases a nuestro antojo.

TRANSMISIÓN DEL CALOR

Cuando se produce una transferencia de Calor, se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

El calor se puede transferir mediante convección, radiación o conducción.

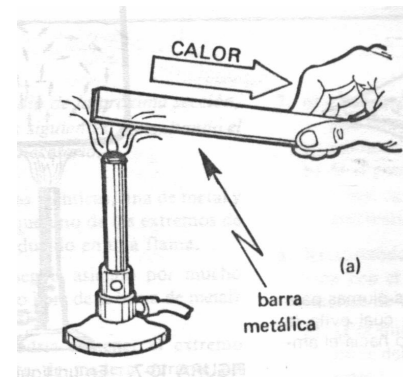
Aunque estos tres procesos pueden ocurrir al mismo tiempo, puede suceder que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos. Por ejemplo, el calor se trasmite a través de la pared de una casa fundamentalmente por conducción, el agua de una cacerola situada sobre un quemador de gas se calienta en gran medida por convección, y la Tierra recibe calor del Sol casi exclusivamente por radiación.

Conducción Térmica:

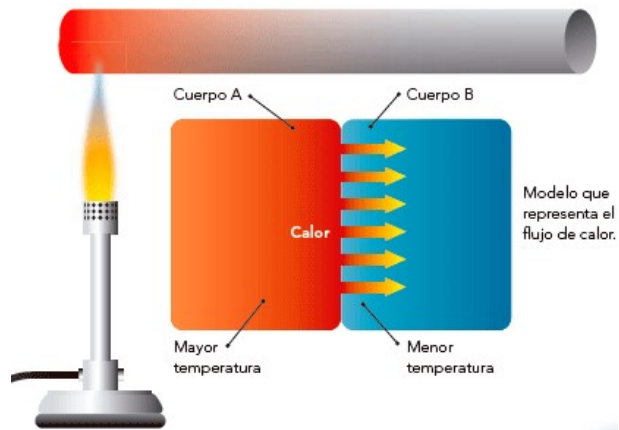
La conducción es una transferencia de calor entre los cuerpos sólidos.

Si una persona sostiene uno de los extremos de una barra metálica y pone en contacto el otro extremo con la llama de una vela, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmitirá hasta el extremo más frío por conducción.

Los átomos o moléculas del extremo calentado por la llama, adquieren una mayor energía de agitación, la cual se trasmite de un átomo a otro, sin que estas partículas sufran ningún cambio de posición, aumentando entonces, la temperatura de esta región. 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.



Existen conductores térmicos, como los metales, que son buenos conductores del calor, mientras que existen sustancias, como corcho, aire, madera, hielo, lana, papel, etc., que son malos conductores térmicos (aislantes).



Convección Térmica

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección.

Cuando un recipiente con agua se calienta, la capa de agua que está en el fondo recibe mayor calor (por el calor que se ha transmitido por conducción a través de la cacerola); esto provoca que el volumen aumente y, por lo tanto, disminuya su densidad, provocando que esta capa de agua caliente se desplace hacia la parte superior del recipiente y parte del agua más fría baje hacia el fondo.

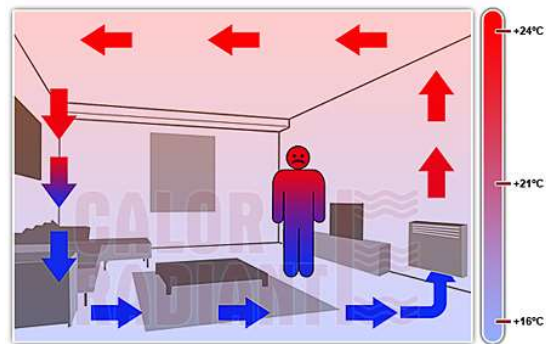


El proceso prosigue, con una circulación continua de masas de agua más caliente hacia arriba y de masas de agua más fría hacia abajo, movimientos que se denominan corrientes de convección.

Así, el calor que se trasmite por conducción a las capas inferiores, se va distribuyendo por convección a toda la masa del líquido.

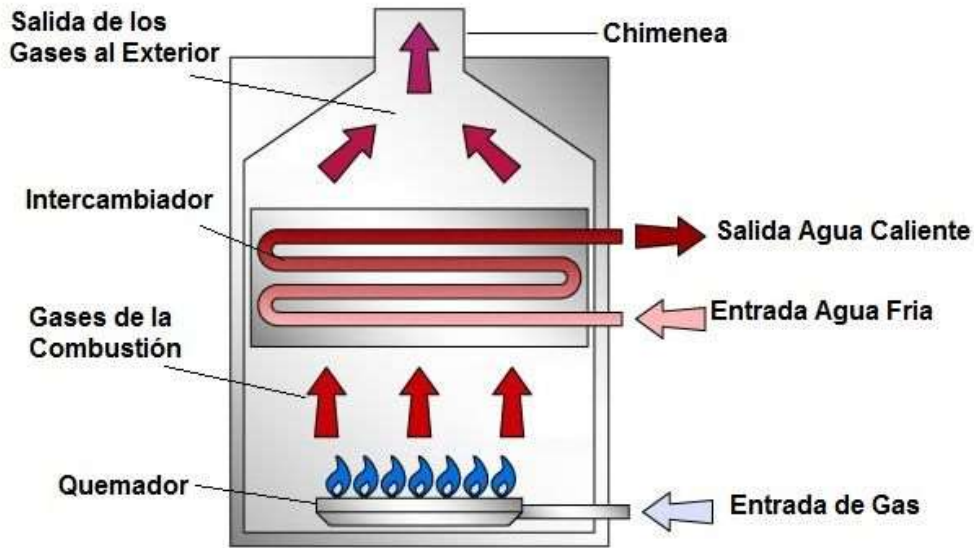
El calentamiento de una habitación mediante una estufa no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia la estufa.

Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, las estufas deben colocarse cerca del suelo (y los aparatos de aire acondicionado cerca del techo) para que la eficiencia sea máxima.



De la misma forma, la convección natural es responsable de la ascensión del agua caliente y el vapor en las calderas de convección natural, y del tiro de las chimeneas.

La convección también determina el movimiento de las grandes masas de aire sobre la superficie terrestre, la acción de los vientos, la formación de nubes, las corrientes oceánicas y la transferencia de calor desde el interior del Sol hasta su superficie.

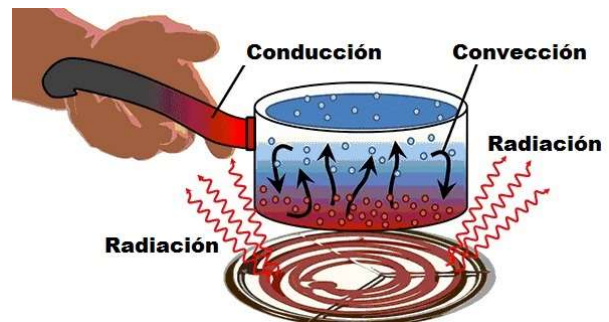


Radiación Térmica

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío.

Los procesos de convección y de conducción sólo pueden ocurrir cuando hay un medio material a través del cual se pueda transferir el calor, mientras que la radiación puede ocurrir en el vacío.

Si se tiene un cuerpo caliente en el interior de una campana de vidrio sin aire, y se coloca un termómetro en el exterior de la campana, se observará una elevación de la temperatura, lo cual indica que existe una transmisión de calor a través del vacío que hay entre el cuerpo caliente y el exterior.



RELACIÓN ENTRE CALOR Y TRABAJO

Si calor y trabajo son ambas formas de energía en tránsito de unos cuerpos o sistemas a otros, deben estar relacionadas entre sí. La comprobación de este tipo de relación fue uno de los objetivos experimentales perseguidos con insistencia por el físico inglés James Prescott Joule (1818-1889). Aun cuando efectuó diferentes experimentos en busca de dicha relación, el más conocido consistió en determinar el calor producido dentro de un calorímetro a consecuencia del rozamiento con el agua del calorímetro de un sistema de paletas giratorias y compararlo posteriormente con el trabajo necesario para moverlas.

La energía mecánica puesta en juego era controlada en el experimento de Joule haciendo caer unas pesas cuya energía potencial inicial podía calcularse fácilmente de modo que el trabajo T , como variación de la energía mecánica, vendría dado por:

$$T = \Delta E_p = m \cdot g \cdot h$$

siendo m la masa de las pesas, h la altura desde la que caen y g la aceleración de la gravedad.

Por su parte, el calor liberado por la agitación del agua que producían las aspas en movimiento daba lugar a un aumento de la temperatura del calorímetro y la aplicación de la ecuación calorimétrica:

$$Q = m \cdot C_e \cdot (t_f - t_i)$$

Permitía determinar el valor de Q (calor) y compararlo con el de T (trabajo). Tras una serie de experiencias en las que mejoró progresivamente sus resultados, llegó a encontrar que el trabajo realizado sobre el sistema y el calor liberado en el calorímetro guardaban siempre una relación constante y aproximadamente igual a 4,2. Es decir, por cada 4,2 joule de trabajo realizado se le comunicaba al calorímetro una cantidad de calor igual a una caloría. Ese valor denominado *equivalente mecánico del calor* se conoce hoy con más precisión y es considerado como 4,184 joule/calorías. La relación numérica entre calor Q y trabajo T puede, entonces, escribirse en la forma:

$$\mathbf{W \text{ (joule)} = 4,18 \cdot Q \text{ (calorías)}}$$

La consolidación de la noción de calor como una forma más de energía, hizo del equivalente mecánico un simple factor de conversión entre unidades diferentes de una misma magnitud física, la energía; algo parecido al número que permite convertir una longitud expresada en pulgadas en la misma longitud expresada en centímetros.

Máquinas térmicas

Junto a la conversión de trabajo en calor puesta de manifiesto en las experiencias de Joule, la transformación efectuada en sentido inverso es físicamente realizable. Los motores de explosión que mueven, en general, los vehículos automóviles y la máquina de vapor de las antiguas locomotoras de carbón, son dispositivos capaces de llevar a cabo la transformación del calor en trabajo mecánico. Este tipo de dispositivos reciben el nombre genérico de máquinas térmicas.

En todas las máquinas térmicas el sistema absorbe calor de un foco caliente; parte de él lo transforma en trabajo y el resto lo cede al medio exterior que se encuentra a menor temperatura. Este hecho constituye una regla general de toda máquina térmica y da lugar a la definición de un parámetro característico de cada máquina que se denomina

rendimiento y se define como el cociente entre el trabajo efectuado y el calor empleado para conseguirlo. Expresado en tantos por ciento toma la forma:

$$\eta (\%) = W \cdot 100 / Q$$

Ninguna máquina térmica alcanza un rendimiento del cien por cien. Esta limitación no es de tipo técnico, de modo que no podrá ser eliminada cuando el desarrollo tecnológico alcance un nivel superior al actual; se trata, sin embargo, de una ley general de la naturaleza que imposibilita la transformación íntegra de calor en trabajo. Por tal motivo las transformaciones energéticas que terminan en calor suponen una degradación de la energía, toda vez que la total reconversión del calor en trabajo útil no está permitida por las leyes naturales.