



**Preparación Acceso a
CFGS**

Física

Contenidos

**Dinámica y energía:
Energía térmica y calor**

Energía térmica y calor



Imagen de [daisee](#) bajo
licencia Creative Commons

Coloquialmente nos referimos a que un objeto está caliente o frío en función de la sensación que experimentamos al interactuar con él.

Ahora bien, un café que para unas personas resulta excesivamente caliente, para otras puede parecer templado. Esto nos indica el carácter subjetivo de esta sensación, y provoca la necesidad de definir una magnitud que nos permita definir rigurosamente esta sensación: la temperatura.

En este tema estudiaremos qué se entiende por sistema en termodinámica e introduciremos el concepto de calor como transferencia de energía entre los cuerpos.

1. Temperatura y calor

Uno de los descubrimientos clave del ser humano es el uso del fuego para cocinar, dar calor y modificar y obtener nuevos materiales.

Por su naturaleza cambiante el calor ha sido fundamental en la civilización, manteniendo su carácter "mágico" durante siglos. Así, las primeras teorías científicas lo consideraron como un fluido misterioso que viajaba entre los cuerpos, hasta llegar a las teorías actuales en las que se considera como una manifestación del intercambio de energía.

El estudio del calor dio lugar a una rama de la ciencia llamada **termodinámica**.



Importante

La **termodinámica** es la parte de la Física que estudia los intercambios energéticos producidos entre un cuerpo y el entorno que lo rodea.

Mientras que en la dinámica y la cinemática los sistemas estudiados eran puntuales o por lo menos se consideraban como tales, los sistemas reales constan de un número extraordinariamente grande de partículas, lo que impide su estudio clásico.

En termodinámica se utilizan técnicas estadísticas para tratar sistemas tan complejos y se relacionan los aspectos microscópicos de las partículas moviéndose continuamente con las propiedades macroscópicas que percibimos. Así, no se describe el movimiento de cada partícula (lo que resultaría inviable matemáticamente), pero sí el comportamiento del sistema completo.

El modelo que nos permite esta abstracción es la **teoría cinética**, que permite

interpretar el comportamiento macroscópico de un sistema así como el concepto de temperatura. La idea fundamental que vas a utilizar a lo largo de este tema es que todas las sustancias están formadas por partículas que están en constante movimiento, y conforme aumenta su energía se mueven más y más rápidamente. Esto explica tanto los cambios de estados como el concepto de presión, consecuencia del continuo choque de las partículas de los gases contra las paredes del recipiente que los contiene.

De acuerdo con esta teoría, veremos que la temperatura es una medida de la energía cinética media de las partículas que forman una sustancia.

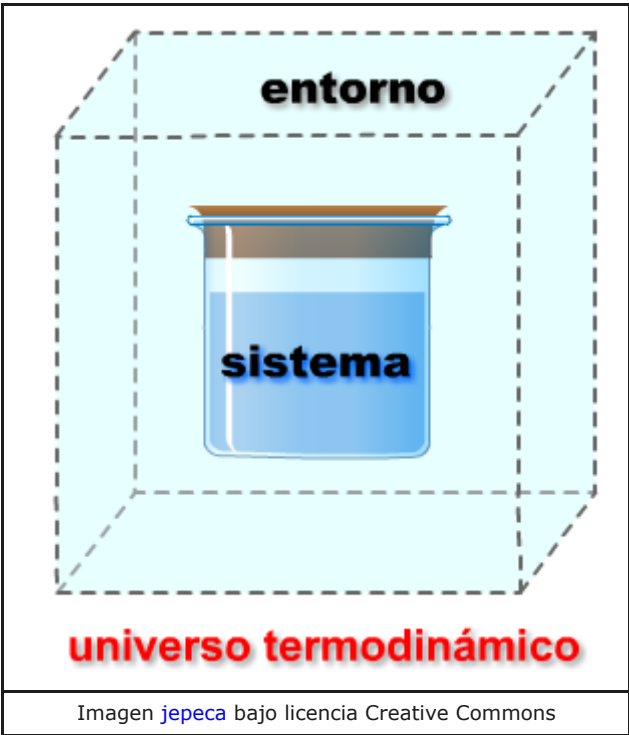
Animación de elaboración propia

1.1 Sistemas termodinámicos

En la definición que se ha dado de termodinámica, nos referimos a ella como la ciencia que estudia los intercambios de calor entre un cuerpo y su entorno, pero la mayor parte de las veces no nos interesará estudiar un único cuerpo, sino un conjunto de ellos, dentro de lo que se denomina **sistema termodinámico**.





Se llama **sistema termodinámico** a la región del Universo separada del resto (el **entorno**) por una superficie cerrada, real o imaginaria, a través de la que se relaciona mediante intercambios de materia o energía.
Así pues, el Universo está formado a efectos termodinámicos por el sistema y su entorno.



La superficie que separa el sistema y su entorno suele denominarse pared, y en función de sus características, los sistemas termodinámicos pueden clasificarse en distintos tipos, según permitan o no el paso de algún tipo de energía o materia:

Sistemas		
abiertos	cerrados	aislados

		
Permiten el intercambio tanto de materia como de energía con el entorno	Permiten el intercambio de energía con el entorno, pero no el de materia	No permiten el intercambio ni de materia ni de energía con el entorno
Imágenes de elaboración propia		

Comprueba lo aprendido tip

Una lata de refresco sin abrir es un ejemplo de sistema termodinámico, pero ¿de qué tipo es?

Sugerencia

- ☐ Abierto.
- ☐ Cerrado.
- ☐ Aislado.

¡INCORRECTO! Una lata sin abrir no permite el intercambio de materia con el exterior, por lo tanto no puede ser un sistema abierto

¡CORRECTO! Efectivamente, se trata de un sistema cerrado pues no intercambia materia con el exterior, pero sí energía (la lata se enfría cuando la introduces en el frigorífico y se calienta al ponerla al sol).

¡INCORRECTO! La lata se enfría cuando la introduces en el frigorífico y se calienta al ponerla al sol, por lo tanto intercambia energía con el entorno y no puede tratarse de un sistema aislado.

Solution

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto



Imagen de [jepeca](#) bajo licencia Creative Commons

1.2 Equilibrio térmico: concepto de temperatura

Cuando ponemos en contacto dos cuerpos, uno más caliente que otro, experimentalmente se observa que el cuerpo caliente se va enfriando progresivamente, mientras que el cuerpo frío se va calentando. Si dejamos evolucionar el sistema el tiempo suficiente, llega un momento en el que la temperatura de los dos cuerpos ya no cambia, por lo que cesa el intercambio de energía. A este estado se le conoce como **equilibrio térmico**.

Este hecho permite dar una primera definición de temperatura:



Importante

La **temperatura** es la magnitud común a dos cuerpos que se encuentran en equilibrio térmico.

Esta definición se conoce también como el "*Principio cero de la termodinámica*".

También podemos dar una definición de temperatura como medida de la energía cinética media de las partículas, es decir del movimiento de las partículas, ya que cuanto más energía cinética tienen las partículas de un cuerpo, más rápidamente se mueven y se comprueba experimentalmente que su temperatura es mayor.

Según la teoría cinética, cuando dos cuerpos se ponen en contacto, se produce una transferencia de energía cinética de las partículas del cuerpo caliente a las del cuerpo frío hasta que en un momento dado la energía cinética media de las partículas de ambos cuerpos es similar, y por tanto tienen la misma temperatura.



Importante

Según la teoría cinética, la **temperatura** de un cuerpo es una medida de la energía cinética media de las partículas que lo forman.

Esta aproximación microscópica al concepto de temperatura nos resultará útil en el estudio del calor y su transmisión.

Ahora tienes una idea clara de lo que es la temperatura, pero para que sea útil necesitamos saber medirla.

Los dispositivos que miden la temperatura se denominan **termómetros**. Los más habituales eran los de mercurio (ahora prohibidos por los daños medioambientales que puede producir este metal), basados en la relación entre la longitud de la columna de mercurio y la temperatura. En los termómetros actuales se utiliza la variación de la conductividad de determinados metales al cambiar la temperatura.

Los termómetros miden las temperaturas según una **escala termométrica**, que permiten graduarlos. Para ello se escogen dos fenómenos que ocurran siempre a la misma temperatura, que se denominan puntos fijos. Posteriormente se les asigna arbitrariamente una temperatura y se divide el intervalo entre ellos en partes iguales, cada una de las cuales le da la denominación de grado (excepto en la escala Kelvin, en la que no se utiliza esta denominación).

Actualmente siguen utilizándose tres escalas:

--

Animación de [Jesús Peñas](#) bajo licencia Creative Commons

La transformación entre valores para las escalas termométricas se obtiene a partir de las siguientes relaciones:

- $T (K) = T (^{\circ}C) + 273$
- $T (^{\circ}C)/100 = (T (^{\circ}F) - 32)/180$

Importante

La unidad de temperatura en el Sistema Internacional es el **Kelvin** y es la unidad que debes utilizar a la hora de resolver aquellos problemas en los que aparezcan temperaturas.

Un Kelvin tiene el mismo tamaño que un grado Celsius, por lo que los intervalos entre temperaturas son equivalentes en ambas escalas.

Comprueba lo aprendido

Un termómetro situado en el aeropuerto de New York marca una temperatura de 77 °F, ¿Cuál es la temperatura en grados Celsius y en Kelvin?

[Sugerencia](#)

- ☐ 27 °C y 300 K
- ☐ 25 °C y 300 K
- ☐ 25 °C y 298 K
- ☐ 27 °C y 298 K

¡INCORRECTO!

¡INCORRECTO!

¡CORRECTO!

¡INCORRECTO!

Solution

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Incorrecto

2. El calor

Cuando se ponen en contacto dos cuerpos que se encuentran a distinta temperatura, se verifica una transferencia de energía desde el cuerpo más caliente al más frío, de forma que el primero se enfría mientras que el segundo se calienta. Esta transferencia se realiza entre sistemas sin que se realice trabajo y este hecho sirve como definición de calor:



Importante

Se denomina **calor (Q)** al proceso de transferencia de energía entre dos sistemas a diferente temperatura sin que se realice ningún trabajo.

El concepto de calor como energía en tránsito nos permite explicar lo que ocurre cuando se ponen en contacto dos sistemas que tienen distinta temperatura, es decir el proceso por el que los cuerpos llegan al equilibrio térmico.

Esto no quiere decir que en ese momento cese todo intercambio de calor -de hecho están produciéndose continuamente- sino que en promedio la energía intercambiada entre los sistemas es la misma, por lo que no se produce variación en la temperatura.

Cuando un sistema está en equilibrio térmico, todas sus partes tienen la misma temperatura; ahora prueba a tocar con una mano la mesa o un libro que tengas cerca y con la otra cualquier objeto metálico. ¿Cuál de los dos está más frío?

Ambos están a la misma temperatura, pero entonces ¿por qué parece que el metal está más frío? La respuesta tiene que ver con una propiedad de la materia: la **conductividad térmica**.

Animación de [Jesús Peñas](#) bajo licencia Creative Commons

No todos los materiales conducen igual de bien el calor; concretamente, los metales conducen muy bien el calor y, por ello, el calor fluye rápidamente de nuestra mano al objeto metálico, y este calor extraído

de nuestro cuerpo es lo que nos da la sensación de frío. La madera o el papel son malos conductores, y por ello el calor fluye más lentamente y parecen más calientes.

En la animación se simula una experiencia para poner de manifiesto estas diferencias de conductividad. Tenemos un recipiente con agua caliente y unas barras del mismo tamaño de cobre, aluminio, hierro, plástico y madera. En el extremo inferior de cada barra se colocan unos clavos pegados con cera.

Los materiales que mejor conducen el calor se calientan antes y al derretirse la cera el clavo cae.

Pero el calor no se transmite únicamente mediante conducción, sino que existen otros mecanismos de gran importancia: la convección y la radiación, que veremos más adelante.

2.1 Medida del calor

Cuando se transfiere energía en forma de calor a un cuerpo, su temperatura aumenta como consecuencia del incremento de la energía cinética media de sus partículas. ¿Cómo podemos cuantificar la cantidad de energía transferida en estos procesos?

Dado que, como has visto, el calor es una forma de energía, su unidad en el sistema internacional será el julio (J), aunque existe otra unidad de uso habitual en la medida del calor: la caloría.

Importante

El calor se mide en el S.I. en **julios (J)**, pero también en **calorías (cal)**. Una caloría se define como la energía necesaria para elevar un grado la temperatura de un gramo de agua. La relación entre julio y caloría es:

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

Ya has visto que no todos los cuerpos se calientan de la misma manera cuando los sometemos a una fuente de calor.

Si se transfiere una misma cantidad de calor a dos sistemas distintos, el aumento de temperatura experimentado por cada uno de ellos no es siempre el mismo, sino que depende de su naturaleza y composición. El parámetro que relaciona el incremento de la temperatura con el calor suministrado se denomina **calor específico (c_e)**, definido como la energía absorbida al calentarse por un kilogramo de una sustancia para elevar su temperatura un grado, y es característico de cada sustancia. El calor específico se mide en el S.I. en $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

El aumento de temperatura viene dado por tanto por el cociente: $\Delta T = \frac{Q}{c_e \cdot m}$, de modo que el calor intercambiado puede escribirse como: $Q = m \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)$

Importante

La energía transferida a un cuerpo de masa m para que su temperatura pase de una inicial (T_i) a otra final (T_f) viene dada por la expresión:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)$$

donde c_e es el calor específico de la sustancia en cuestión.

Destacar también que, debido a que aparece una diferencia de temperaturas, es equivalente utilizar la escala Kelvin que la Celsius, pues según se ha visto, ambos grados son equivalentes.

Esta relación explica por qué es necesario suministrar más calor a unas sustancias que a otras para aumentar su temperatura: cuanto mayor sea su calor específico, más energía será necesario suministrar. Por ejemplo, los metales tienen un calor específico relativamente bajo, mientras que la madera o el agua lo tienen elevado.

Ejercicio resuelto

Un cazo contiene un litro de agua a 25 °C. Si el calor específico del agua es de 4180 J/(kg·K), calcula la cantidad de energía necesaria para llevar todo el agua a la temperatura de ebullición (100 °C).

Mostrar retroalimentación

Si hay un litro de agua, como la densidad del agua es $d_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/L}$, esto quiere decir que tenemos 1 kg de agua, y aplicando la ecuación para el calor transferido:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T = 1 \text{ kg} \cdot 4180 \cdot \text{J/kg} \cdot \text{K} (100 - 25) \text{ K} = \mathbf{313500 \text{ J}}$$

Reflexiona

Cuando suministramos 50 kJ en forma de calor a un bloque metálico, observamos que su temperatura aumenta 65 °C. Si el calor específico del metal es de 450 J/(kg·K), ¿cuál es la masa del bloque?

Mostrar retroalimentación

El calor transferido viene dado por la ecuación $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$, despejando de aquí la masa obtenemos:

$$m = \frac{Q}{c_e \cdot \Delta T} = \frac{50000 \text{ J}}{450 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 65 \text{ K}} = 1.7 \text{ kg}$$

2.2 Transmisión del calor

Has visto que el calor es un procedimiento para transferir energía entre sistemas, pero ¿cómo se realiza esta transferencia?

La transmisión de calor entre sistemas puede realizarse de tres formas diferentes:

1) Transmisión por conducción

La transmisión por conducción se produce cuando la energía se propaga debido a los choques entre las partículas, de forma que en cada choque las partículas ceden parte de su energía cinética a las partículas contiguas, todo ello sin que haya transporte neto de materia.



En la animación anterior puedes ver cómo al encender la placa las partículas comienzan a moverse más rápidamente y la energía cinética se transmite desde las partículas de la placa vitrocerámica al cazo, a la parte metálica del mango y finalmente a la madera del mango, con el consiguiente aumento de temperatura en todas las zonas.

Este tipo de transmisión es característico de los sólidos, ya que los líquidos conducen muy mal y los gases prácticamente no conducen. Dentro de los sólidos existen muy buenos conductores del calor como los metales y malos conductores, como la madera o el papel.



En la **conducción** la energía se transporta debido a los choques entre partículas, pero sin que exista desplazamiento neto de materia.

2) Transmisión por convección



Animación de [Jesús Peñas](#) bajo licencia Creative Commons

La transmisión por convección es típica de los fluidos. Los fenómenos de convección tienen mucha importancia en la naturaleza ya que son responsables de las dinámicas que se producen en la atmósfera y en los océanos debidas a esta forma de transmisión de calor.

En un fluido las zonas más calientes tienen mayor volumen y por tanto menor densidad, por lo que ascienden sobre las zonas más frías que por la misma razón descienden, dando lugar a las denominadas corrientes de convección, que provocan que la temperatura se iguale en todo el volumen. Este proceso tiene lugar tanto en el calentamiento de una masa líquida o al caldear una habitación mediante la calefacción. La diferencia de densidades también es la responsable del movimiento de las masas de aire en la atmósfera y de las corrientes marinas.



Importante

En la **convección** la energía se propaga debido a la diferencia de densidad entre los fluidos calientes y fríos. En ella existe transporte de materia.

3) Transmisión por radiación

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. Es lo que ocurre cuando recibimos la energía del Sol a través del vacío cósmico. Todos los cuerpos radian energía, tanto más cuanto mayor sea su temperatura.

Dependiendo de la temperatura, la radiación emitida puede ser visible o no. Así, a bajas temperaturas no es visible, mientras que al aumentar ésta el objeto comienza a brillar desde el rojo hasta el blanco. Este fenómeno permite determinar la temperatura de un cuerpo.

Importante

La **radiación** es la propagación de energía mediante ondas electromagnéticas que emiten todos los cuerpos por el hecho de tener temperatura por encima del cero absoluto. En ella se transporta energía sin transporte de materia.

Reflexiona

Cuando queremos conservar un líquido caliente durante largo tiempo sin necesidad de suministrarle calor, utilizamos un termo como el de la imagen. ¿Sabrías explicar su funcionamiento? ¿Funcionará igual para mantener un líquido frío?

Mostrar retroalimentación



Imagen 11. [Julo](#), dominio público

Observa la imagen a tu izquierda. Un termo está formado fundamentalmente por dos recipientes, uno interno y uno externo; entre ellos se hace el vacío. El vacío no conduce calor en absoluto por conducción o convección, y la radiación, la otra forma de traspaso térmico, es mantenida al mínimo cubriendo las superficies internas del vacío con plata u otro metal reflexivo (que devuelve el calor hacia el interior).

En teoría, un termo podría mantener indefinidamente un líquido caliente, pero en la práctica el vacío no es perfecto y la pared interior del recipiente contacta con la pared exterior, generalmente en la boca del envase, en la cual una leve

conducción del calor ocurre entre las dos capas.

Dado que se trata de un sistema aislante, servirá exactamente igual para un líquido frío, ya que lo que hace es limitar los intercambios de energía en forma de calor.

2.3 Efectos del calor sobre los cuerpos

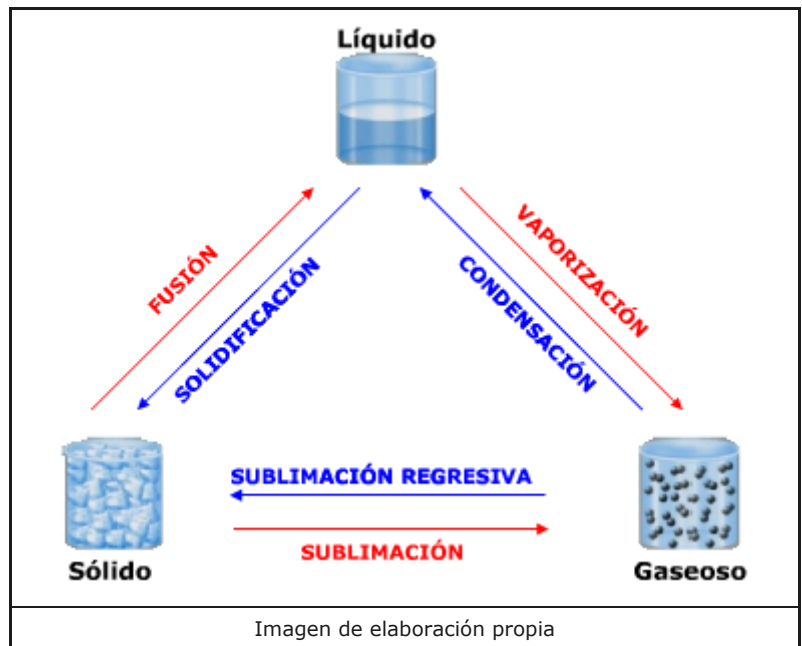
Ya sabes que cuando aportamos calor a un cuerpo se produce un aumento de su temperatura, pero también pueden producirse otros efectos como cambios de estado o dilataciones.

1) Cambios de estado

Según la teoría cinética de la materia, al comunicar energía a un cuerpo, aumenta la energía cinética de sus partículas de forma que comienzan a moverse más rápidamente, de manera que terminan venciendo las fuerzas que las mantienen unidas, cambiando su configuración.

Por ejemplo, si calentamos un sólido, las partículas que se encuentran en posiciones prácticamente fijas comienzan a vibrar con mayor amplitud y velocidad, hasta que se funde. Al alcanzar el punto de energía cinética máxima, la energía adicional se emplea en vencer las fuerzas que mantienen las partículas unidas entre sí, abandonando sus posiciones y pasando al estado líquido.

En este proceso de cambio de estado se produce un intercambio de calor, positivo en el caso de paso de sólido a líquido (fusión) y negativo pero de igual valor que el anterior en el paso de líquido a sólido (solidificación).



Importante

Se denomina **calor latente (L)** a la energía intercambiada para producir el cambio de estado de un kilogramo de materia:

$$Q = m \cdot L$$

El calor latente se mide en J/kg.

Observa la gráfica resultante en la siguiente simulación:



Animación de [Jesús Peñas](#) bajo licencia Creative Commons

Cuando comienza a producirse el cambio de estado (tramos segundo y cuarto), la gráfica de la temperatura frente al tiempo es una recta horizontal, es decir, la temperatura no cambia durante un cambio de estado.

Esto ocurre porque la energía se utiliza para romper los enlaces entre partículas en vez de incrementar la temperatura del sistema.

Importante

Mientras se produce un cambio de estado la temperatura del sistema no varía.

La explicación en los restantes cambios de estado según la teoría cinética es similar a la que se ha dado para el caso de sólido a líquido. Esta existencia de distintos cambios de estado implica la existencia de distintos calores latentes: calor latente de fusión (L_f), calor latente de vaporización (L_v) y calor latente de sublimación (L_s).

Ejercicio resuelto

Colocamos sobre un plato un cubito de hielo de 50 g que se encuentra inicialmente a una temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al cabo de unas horas volvemos y encontramos que se ha transformado en agua que se encuentra a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

¿Qué energía se ha suministrado al hielo para efectuar esta transformación?

Datos: $c_{e_hielo} = 2100 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, $c_{e_agua} = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, $L_{fusión} = 3.34\cdot 10^5 \text{ J/kg}$

Mostrar retroalimentación

En este tipo de problemas es necesario estudiar cada una de las etapas por separado. El proceso es el siguiente: en primer lugar el hielo debe calentarse hasta su temperatura de fusión (0°C), momento en el que comienza el cambio de estado, la temperatura permanece constante y todo la energía se utiliza en pasar del estado sólido a líquido. Finalmente, cuando todas las partículas de agua están en estado líquido, el suministro de calor vuelve a utilizarse en aumentar su temperatura. Por lo tanto, el cálculo resulta ser:

Proceso 1: Calentar el hielo de -15°C a 0°C : $Q_1 = m \cdot c_{e_hielo} \cdot \Delta T = 0.05 \cdot 2100 \cdot (0 - (-15)) = 1575 \text{ J}$

Proceso 2: Fundir el hielo: $Q_2 = m \cdot L_{fusión} = 0.05 \cdot 3.34 \cdot 10^5 = 16700 \text{ J}$

Proceso 3: Calentar el agua de 0°C a 25°C : $Q_3 = m \cdot c_{e_agua} \cdot \Delta T = 0.05 \cdot 4180 \cdot (25 - 0) = 5225 \text{ J}$

La energía total suministrada será la suma de todas ellas $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1575 + 16700 + 5225 = \mathbf{23500 \text{ J}}$

Reflexiona

Calcula la energía necesaria para evaporar totalmente 250 g de agua a 90°C .

Datos: $c_{e_agua} = 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, $L_{evaporación} = 2.26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

Mostrar retroalimentación

En esta ocasión en primer lugar será necesario calentar el agua hasta su punto de ebullición (100°C) y posteriormente suministrar energía hasta que toda ella se convierta en vapor.

Proceso 1: Calentar el agua desde 90°C hasta 100°C :

$$Q_1 = m \cdot c_{e_agua} \cdot \Delta T = 0.25 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \cdot (373 - 363) \text{ K} = 10450 \text{ J}$$

Proceso 2: Evaporar toda la masa de agua:

$$Q_2 = m \cdot L_{evaporación} = 0.25 \text{ kg} \cdot 2.26 \cdot 10^6 \text{ J/kg} = 565000 \text{ J}$$

Y la energía total necesaria ser:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 10450 \text{ J} + 565000 \text{ J} = \mathbf{575450 \text{ J}}$$

2) Dilatación térmica



Imagen de [itchys](#) bajo
licencia Creative commons

Al aumentar la energía cinética de las partículas, aumenta su movilidad lo que lleva asociado un incremento del tamaño del cuerpo; a este fenómeno se le denomina **dilatación**.

La dilatación se produce en todos los estados de la materia:

● **Dilatación de sólidos.** Se caracteriza por el coeficiente de dilatación lineal α , definido como el alargamiento por unidad de longitud producido al aumentar la temperatura un grado:

$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$ Este coeficiente es característico de cada material y se mide en K^{-1} en unidades del S.I.

● **Dilatación de líquidos.** Los líquidos se dilatan más que los sólidos, pero sabemos que toman la forma del recipiente que los contiene, que a su vez también se dilata, por lo cual su dilatación real será la resultante de la dilatación del líquido menos la del recipiente.

● **Dilatación de gases.** Los gases se dilatan aún más que los líquidos, aunque, a diferencia de éstos, todos los gases se dilatan por igual.

En ingeniería es muy importante tener en cuenta los efectos de la dilatación a la hora de construir edificios, carreteras, puentes, tendidos eléctricos, etc. De hecho, si observas cualquier viaducto suficientemente largo, observarás que a cada cierta distancia existen unas separaciones entre los bloques de asfalto llamadas **juntas de dilatación** y se instalan precisamente para que los efectos de ésta no dañen la estructura del puente. Algo similar ocurre con los raíles en las vías de los trenes.

Reflexiona

Una barra de acero tiene una longitud de 10 m medida a 20 °C. Al calentarla hasta 50 °C se encuentra que su longitud ha aumentado en 2.5 cm. ¿Cuál es el coeficiente de dilatación α del acero?

Mostrar retroalimentación

Si la longitud ha aumentado 2.5 cm, la longitud final de la barra es de 10.025 m. Por tanto, aplicando la expresión de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\alpha = (L - L_0) / L_0 \cdot (T_f - T_i)$$

$$\alpha = (10.025 - 10) \text{ m} / 10 \text{ m} \cdot (50 - 20) \text{ K} = 0.025 / 300 = \mathbf{8.3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}}$$

Mapa Conceptual

Fuentes para el profesorado

Descargar CMAP.

Resumen

Importante

La **termodinámica** es la parte de la Física que estudia los intercambios energéticos producidos entre un cuerpo y el entorno que lo rodea.

Importante

Se llama **sistema termodinámico** a la región del Universo separada del resto (el **entorno**) por una superficie cerrada, real o imaginaria, a través de la que se relaciona mediante intercambios de materia o energía. Así pues, el Universo está formado a efectos termodinámicos por el sistema y su entorno.



Imagen [jepeca](#) bajo licencia Creative Commons

Importante

La **temperatura** es la magnitud común a dos cuerpos que se encuentran en equilibrio térmico.

Esta definición se conoce también como el "*Principio cero de la termodinámica*".

Importante

Según la teoría cinética, la **temperatura** de un cuerpo es una medida de la energía cinética media de las partículas que lo forman.

Importante

La unidad de temperatura en el Sistema Internacional es el **Kelvin** y es la unidad que debes utilizar a la hora de resolver aquellos problemas en los que aparezcan temperaturas.

Un Kelvin tiene el mismo tamaño que un grado Celsius, por lo que los intervalos entre temperaturas son equivalentes en ambas escalas.

Importante

Se denomina **calor (Q)** al proceso de transferencia de energía entre dos sistemas a diferente temperatura sin que se realice ningún trabajo.

Importante

La energía transferida a un cuerpo de masa m para que su temperatura pase de una inicial (T_i) a otra final (T_f) viene dada por la expresión:



donde c es el calor específico de la sustancia en cuestión

donde c_e es el calor específico de la sustancia en cuestión.

Destacar también que, debido a que aparece una diferencia de temperaturas, es equivalente utilizar la escala Kelvin que la Celsius, pues según se ha visto, ambos grados son equivalentes.



Importante

Se denomina **calor latente (L)** a la energía intercambiada para producir el cambio de estado de un kilogramo de materia:



El calor latente se mide en J/kg.



Importante

Mientras se produce un cambio de estado la temperatura del sistema no varía.

Ejercicios resueltos

Practiquemos ahora con algunos ejercicios resueltos sobre el calor y sus aplicaciones.

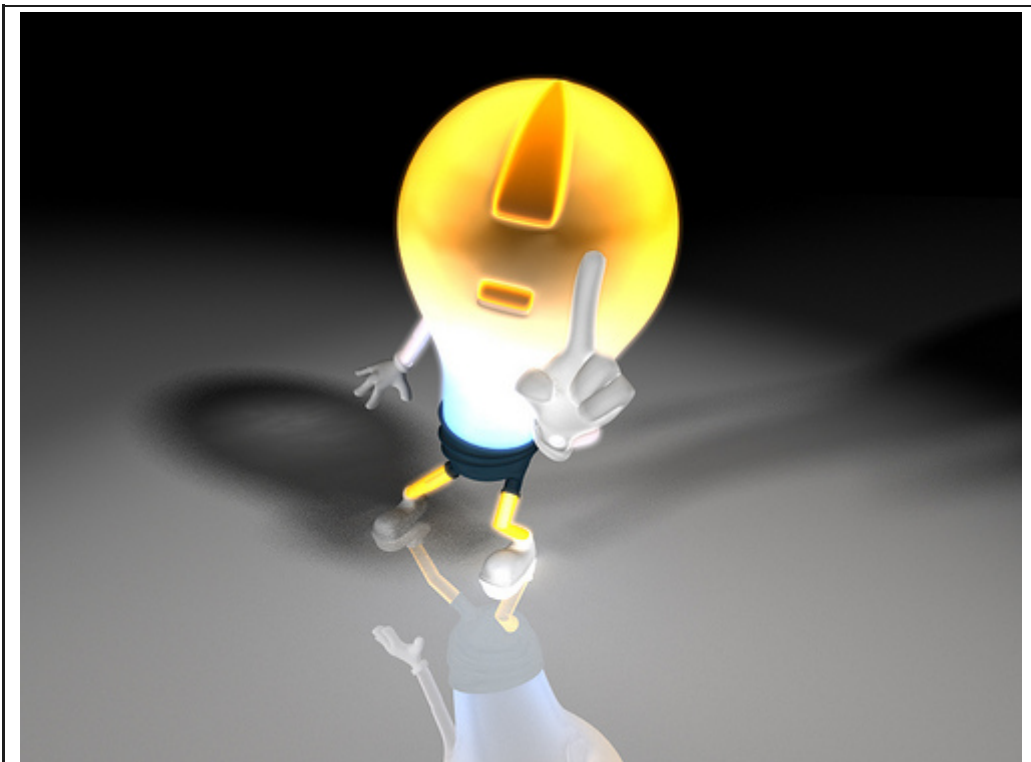


Image de [Jumanji Solar](#) con algunos [derechos](#) reservados

Ejercicio 1

Ejercicio resuelto

Calcula la cantidad de energía (en julios) que habrá que comunicar a un trozo de 250 g de cobre para elevar su temperatura 15 °C. Si el calor calculado en el apartado anterior lo pierde un trozo de aluminio de igual masa. Calcula cuánto descenderá su temperatura. Datos: c_e cobre = 0,095 cal/g °C y c_e aluminio = 0,217 cal/g °C

Mostrar retroalimentación

El calor necesario para aumentar la temperatura del cobre vendrá dado por la expresión:

$$Q = mc_e\Delta T$$

Por tanto, el calor que debemos comunicar al trozo de cobre es:

$$Q = 250 \cdot 0,0095 \cdot 15 = 356,25 \text{ cal}$$

Realizamos el cambio de unidades para expresar esta energía en Julios:

$$356,25 \text{ cal} \cdot \frac{J}{0,24 \text{ cal}} = 1484,38 \text{ J}$$

La energía que hay que comunicar es de 1484,38 J

b) Si este calor es aportado por el aluminio, podemos calcular la temperatura final que alcanza. Como es una energía cedida, será negativa:

$$Q = mc_e\Delta T = -356,25 \text{ cal}$$

Despejamos ΔT :

$$\Delta T = \frac{Q}{mc_e} = \frac{-356,25}{250 \cdot 0,217} = -6,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El trozo de aluminio sufrirá un descenso de 6,6 °C

Ejercicio 2

Ejercicio resuelto

¿Cuál es la temperatura final de equilibrio cuando 10 g de leche a 10 °C se agregan a 160 g de café a 90 °C? (Suponga que los calores específicos de las dos sustancias son iguales que las del agua y desprecie el calor específico del recipiente)

Mostrar retroalimentación

Cuando se alcance el equilibrio térmico, el calor absorbido por la leche será igual, en valor absoluto, al calor cedido por el café.

$$Q_{\text{absorbido}} = - Q_{\text{cedido}}$$

$$Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{leche}} \cdot c_{\text{leche}} \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{café}} \cdot c_{\text{café}} \cdot \Delta T'$$

Cómo el calor específico de ambos líquidos es el mismo:

$$c_{\text{leche}} = c_{\text{café}} = c$$

$$m_{\text{leche}} \cdot c_{\text{leche}} \cdot \Delta T = - m_{\text{café}} \cdot c_{\text{café}} \cdot \Delta T'$$

$$m_{\text{leche}} \cdot c \cdot \Delta T = - m_{\text{café}} \cdot c \cdot \Delta T'$$

Podemos simplificar la expresión dividiendo ambos miembros de la ecuación por "c":

$$m_{\text{leche}} \cdot \Delta T = - m_{\text{café}} \cdot \Delta T'$$

sustituimos los valores conocidos y despejamos la temperatura final de equilibrio:

$$10 \cdot (T_f - 10) = - 160 \cdot (T_f - 90)$$

$$10 T_f - 100 = -160 T_f + 14400$$

$$170 T_f = 14500$$

$$T_f = \frac{14500}{170} = 85,3$$

La temperatura final de la mezcla será de 85,3 °C

Ejercicio 3

Ejercicio resuelto

Se usa un litro de agua a 30 °C para hacer té helado. ¿Cuánto hielo a 0° se necesita para hacer que la temperatura del té sea de 10 °C? Datos: $c_{e_hielo} = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$, $c_{e_agua} = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$, $L_{fusión} = 334 \text{ J/g}$.

Mostrar retroalimentación

Si consideramos el sistema formado por el agua y el hielo, como un sistema aislado y despreciamos el calor absorbido por el recipiente, podemos plantear que, en valor absoluto, el calor **cedido** por el agua es igual al calor **absorbido** por el hielo. O lo que es lo mismo, la suma del calor absorbido y el calor cedido es igual a cero.

$$Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} = 0$$

El calor absorbido por el hielo será igual al calor necesario para fundirse más el que se requiere para aumentar su temperatura desde 0° C a 10 °C

$$Q_{\text{absorbido}} = m_{\text{hielo}} \cdot L_f + m_{\text{hielo}} \cdot c_{e_hielo} \cdot \Delta T$$

El calor cedido por el agua será:

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{e_agua} \cdot \Delta T'$$

Sumando ambas expresiones tendremos:

$$m_{\text{hielo}} \cdot L_f + m_{\text{hielo}} \cdot c_{e_hielo} \cdot \Delta T + m_{\text{agua}} \cdot c_{e_agua} \cdot \Delta T' = 0$$

Como sabemos la densidad del agua es de 1 g/cm³, por tanto, la masa de agua que utilizamos es de 1000 g.

Expresamos el L_f en cal/g unidades coherentes con las del resto de variables:

$$334 \frac{\text{J}}{\text{g}} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,187 \text{ J}} = 79,8 \text{ cal}$$

Sustituimos los valores conocidos y despejamos la masa de hielo:

$$m_{\text{hielo}} \cdot 79,8 + m_{\text{hielo}} \cdot 0,5 \cdot (10 - 0) + 1000 \cdot 1 \cdot (10 - 30) = 0$$

$$84,8 m_{\text{hielo}} - 20000 = 0$$

$$m_{\text{hielo}} = \frac{20000}{84,8} = 235,3 \text{ g}$$

La masa de hielo que debemos utilizar es de 235,3 g.

Ejercicio 4

Ejercicio resuelto

Calcular la cantidad de calor que es necesario comunicar a 500 g de hielo a -20°C para elevar su temperatura hasta convertirlo en vapor de agua a 100°C .

Dato: $C_{e(\text{Hielo})} = 0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$; $C_{e(\text{Agua})} = 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$; $L_f(\text{hielo}) = 334 \text{ KJ/Kg }^{\circ}\text{C}$; $L_v(\text{agua}) = 2260 \text{ KJ/Kg }^{\circ}\text{C}$

Mostrar retroalimentación

El calor que debemos aportar para calentar un trozo de hielo desde -20°C hasta vapor de agua a 100°C puede considerarse como la suma de:

Q_1 : calor necesario para calentar el hielo desde -20°C hasta 0°C . $Q_1 = m \cdot C_{e \text{ hielo}} \cdot \Delta T$

Q_2 : calor necesario para fundir el hielo, para pasar hielo de 0°C a agua a 0°C . $Q_2 = m \cdot L_f$

Q_3 : calor necesario para calentar el agua de 0°C a 100°C . $Q_3 = m \cdot C_{e \text{ agua}} \cdot \Delta T$

Q_4 : calor necesario para evaporar el agua, para pasar de agua a 100°C a vapor de agua a 100°C . $Q_4 = m \cdot L_v$

Calculamos el calor necesario en cada una de las etapas:

$$Q_1 = m \cdot C_{e \text{ hielo}} \cdot \Delta T = 500 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-20)) = 500 \cdot 0,5 \cdot 20 = 5000 \text{ cal}$$

realizamos el cambio de unidades pasando de cal a kJ:

$$5000 \text{ cal} = \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ cal}} \cdot 5000 \text{ cal} = 5 \text{ KJ}$$

$$Q_2 = m \cdot L_f = 500 \cdot 334 = 167 \text{ KJ}$$

$$Q_3 = m \cdot C_{e \text{ agua}} \cdot \Delta T = 500 \cdot 1 \cdot (100 - 0) = 50000 \text{ cal}$$

realizamos el cambio de unidades pasando de cal a kJ:

$$50000 \text{ cal} = \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ cal}} \cdot 50000 \text{ cal} = 50 \text{ KJ}$$

$$Q_4 = m \cdot L_v = 500 \cdot 2260 = 1130 \text{ kJ}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 5 + 167 + 50 + 1130 = 1518,6 \text{ kJ}$$

El calor necesario para calentar 500 g de hielo a -20°C hasta vapor de agua a 100°C es de 1518,6 kJ

Ejercicio 5

Ejercicio resuelto

A 25 °C el coeficiente de dilatación longitudinal del hormigón armado es de $2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Calcula la dilatación que sufrirá un pilar de hormigón de 3 m si se expone a una temperatura de 50 °C.

Mostrar retroalimentación

La dilatación longitudinal de un cuerpo viene dada por la expresión:

$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T) = 3(1 + 2 \cdot 10^{-5} (50 - 25)) = 3 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 25 = 3 + 5 \cdot 10^{-4} = 3,0005 \text{ m.}$$

La dilatación vendrá dada por la diferencia entre la longitud antes y después de la dilatación: $\Delta L = (L - L_0)$

$$\Delta L = 3,0005 - 3 = 0,0005 \text{ m}$$

La dilatación que sufre el pilar es de 0,0005 m.



