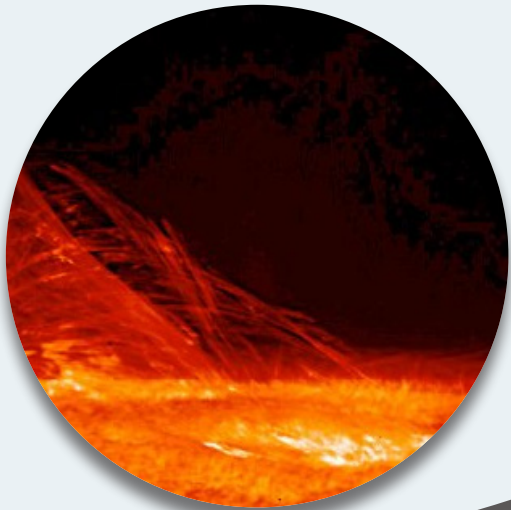
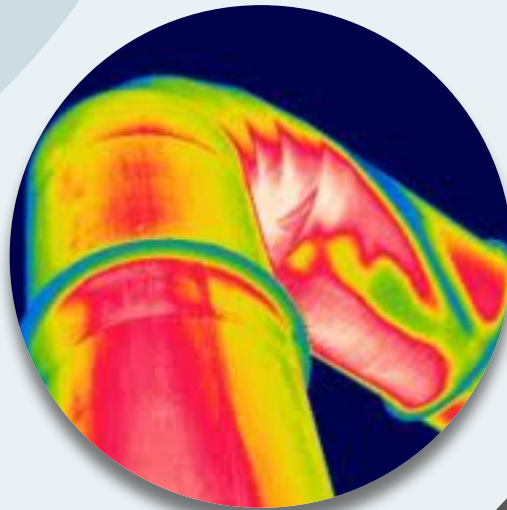


CETis 63

Física II



Transferencia de calor

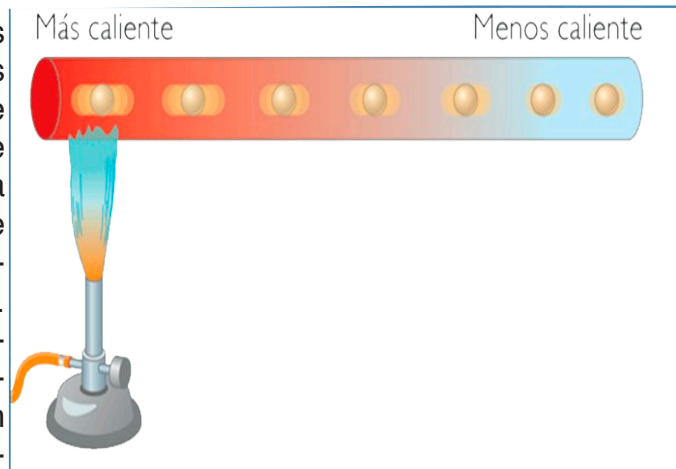
Calor es la energía en tránsito desde un sistema con alta temperatura a otro sistema con más baja temperatura

El calor se asocia con la energía interna cinética y potencial de un sistema (movimiento molecular aparentemente desorganizado).

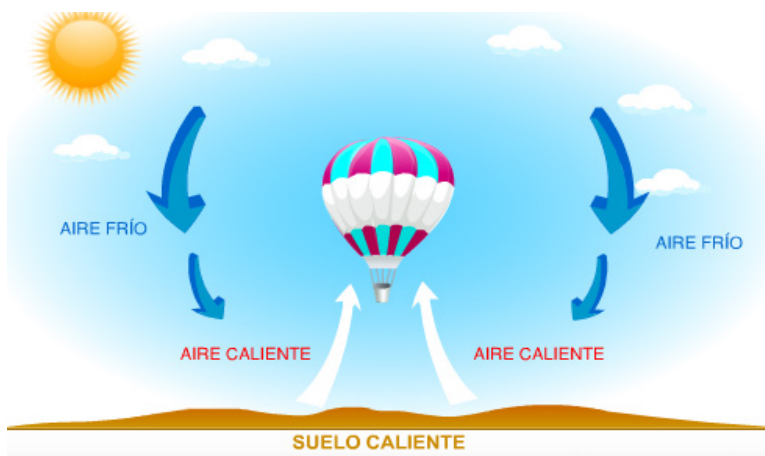
Hay un dilema con la comprensión del párrafo anterior: Si el calor es una forma de la energía asociada a la vibración y el movimiento de las partículas, ¿qué es el calor que se mueve por el espacio vacío entre la Tierra y el Sol, donde en su mayor parte no hay moléculas? Bien, debemos saber que el calor puede también ser transferido desde cualquier fuente por Radiación. La radiación térmica es radiación electromagnética que se mueve con quanta en ondas, para ser preciso, con fotones en ondas, como se propaga la luz. Así, la transferencia de calor radiante puede suceder a través del vacío.

El calor siempre fluye desde una región con temperatura más alta hacia otra región con temperatura más baja. La transferencia o dispersión del calor puede ocurrir a través de tres mecanismos posibles, conducción, convección y radiación:

CONDUCCIÓN: Flujo de calor a través de medios sólidos por la vibración interna de las moléculas y de los electrones libres y por choques entre ellas. Las moléculas y los electrones libres de la fracción de un sistema con temperatura alta vibran con más intensidad que las moléculas de otras regiones del mismo sistema o de otros sistemas en contacto con temperaturas más bajas. Las moléculas con una velocidad más alta chocan con las moléculas menos excitadas y transfieren parte de su energía a las moléculas con menos energía en las regiones más frías del sistema. Las moléculas que absorben el excedente de energía también adquirirán una mayor velocidad vibratoria y generarán más calor (energía potencial -absorbe calor- <--> energía cinética -emite calor).



Por ejemplo, la conducción de calor a través de la carrocería de un coche.

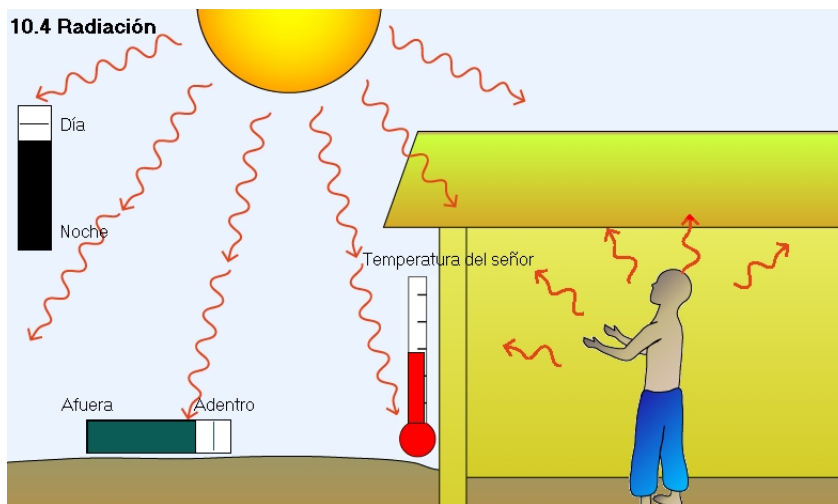


Los metales son los mejores conductores térmicos; mientras que los materiales no metálicos son conductores térmicos imperfectos.

CONVECCIÓN: Es el flujo de calor mediante corrientes dentro de un fluido (líquido o gaseoso). La convección es el desplazamiento de masas de algún líquido o gas.

Cuando una masa de un fluido se calienta al estar en contacto con una superficie caliente, sus moléculas se separan y se dispersan, causando que la masa del fluido llegue a ser menos densa. Cuando llega a ser menos denso se desplazará hacia arriba u horizontalmente hacia una región fría, mientras que las masas menos calientes, pero más densas, del fluido descenderán o se moverán en un sentido opuesto al del movimiento de la masa más caliente (el volumen de fluido menos caliente es desplazado por el volumen más caliente). Mediante este mecanismo los volúmenes más calientes transfieren calor a los volúmenes menos calientes de ese fluido (un líquido o un gas).

Por ejemplo, cuando calentamos agua en una estufa, el volumen de agua en el fondo de la olla adquirirá el calor por conducción desde el metal de la olla y se hará menos denso. Entonces, al ser menos denso, se moverá hacia la superficie del agua y desplazará a la masa superior menos caliente y más densa hacia el fondo de la olla.



RADIACIÓN: Es la transferencia de calor por medio de ondas electromagnéticas. No se requiere de un medio para su propagación. La energía irradiada se mueve a la velocidad de la luz. El calor irradiado por el Sol se puede intercambiar entre la superficie solar y la superficie de la Tierra sin calentar el espacio de transición.

Por ejemplo, si colocamos un objeto (tal como una moneda, un coche, o a nosotros mismos) bajo los rayos del Sol directos; al poco tiempo notaremos que el objeto se calentará. El intercambio de calor entre el Sol y el objeto ocurrirá por medio de radiación.

Un Depósito de Calor es un sistema capaz de absorber calor de un objeto con el que está en contacto térmico sin que ocurra un cambio de fase o una variación significativa en su temperatura.

En la ubicación de la Tierra, el espacio exterior, el campo gravitacional (Guth. 1999. Pág. 29-31) y el falso vacío son Depósitos de Calor.

El agua tiene un Calor Específico de $4190 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$, mientras que el aire y el suelo tienen un Calor Específico de $1050 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ cada uno.

El agua tiene un Calor Específico más alto que el suelo y el aire; así, la Capacidad Térmica del agua es más alta que la Capacidad Térmica del aire y la tierra. A una Capacidad Térmica más grande, una tasa más lenta en la disipación del calor.

$$Q = mCeAT$$

Donde:

Q es el calor que queremos saber

m es la masa

Ce es el calor específico

Acero .114

Fe .113

Cu .093

Al .217

Ag .056

Hg .033

Pb .031

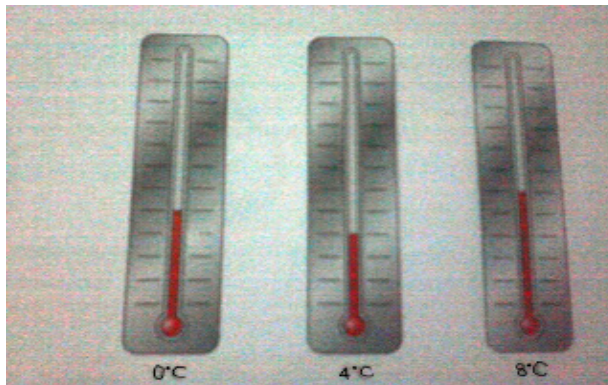
NOTA: EL CALOR ESPESIFICO NO DEBE PASAR DE 1

AT es el cambio de temperatura que se calcula temperatura final menos temperatura inicial.

La dilatación anómala del agua”

Una de las propiedades físicas más curiosas e importantes del agua es su dilatación anómala.

Esta dilatación o contracción del agua se puede medir fácilmente observando el nivel del agua. A medida que se incrementa la temperatura del agua, esta irá bajando gradualmente indicando una contracción. La contracción continuará hasta que la temperatura del bulbo y la del agua sean de 4°C. Cuando la temperatura aumenta por arriba de 4°C, el agua cambia de dirección y se eleva en forma continua, indicando la dilatación normal con un incremento de temperatura. Esto significa que el agua tiene su volumen mínimo y su densidad máxima a 4°C. La variación en la densidad del agua con la temperatura se muestra en la imagen.



La dilatación del agua es irregular ya que a medida que su temperatura aumenta primero se contraerá y luego se dilata.

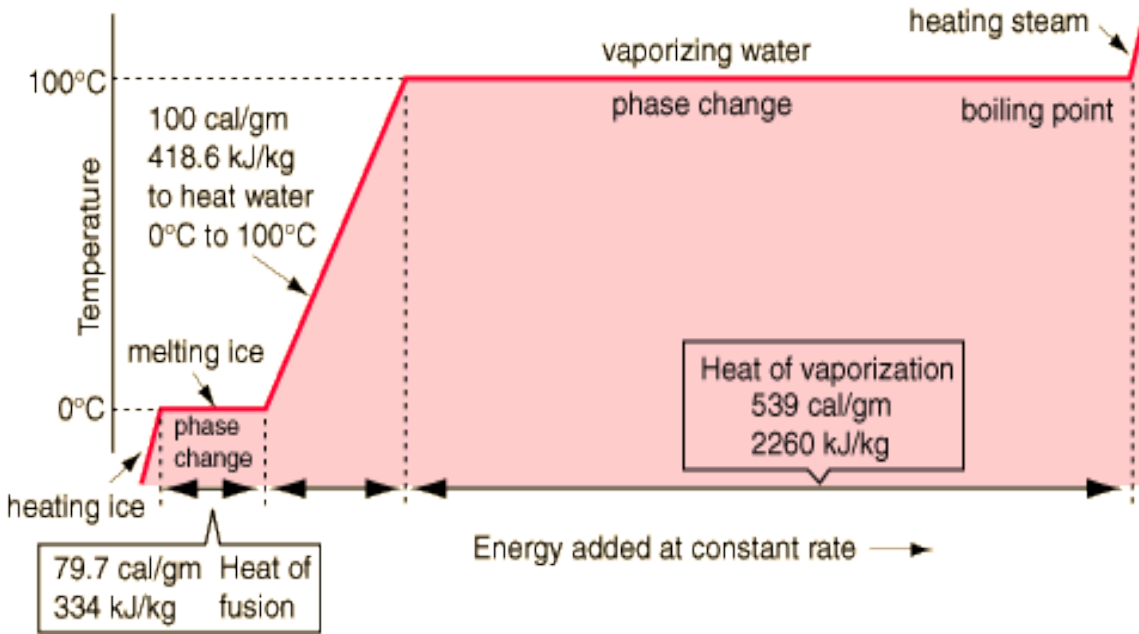
La densidad decrece de forma gradual hasta que el agua alcanza su punto de congelación. El hielo ocupa un volumen mayor que el agua. El mayor volumen del hielo se debe a la forma en que se unen los grupos de moléculas en una estructura cristalina. A medida que se funde el hielo, el agua formada aun contiene grupos de moléculas enlazadas en esa estructura cristalina abierta. Cuando estas estructuras empiezan a romperse, las moléculas se mueven muy juntas, aumentando la densidad. Este es el proceso dominante hasta que el agua alcanza una temperatura de 4°C. Desde ese punto hasta altas temperaturas, se produce un aumento en la amplitud de las vibraciones moleculares y el agua se dilata.

Gracias a la dilatación anómala del agua es posible la vida en los ecosistemas acuáticos. En un lago de montaña, por ejemplo, al llegar el invierno, el agua se congela. Pero como el hielo flota, solo se congela una delgada capa de agua, que queda en la superficie. El agua por debajo está muy fría, pero el hielo la aísla de las bajas temperaturas del exterior y así no llega a congelarse. Gracias a esto, las plantas y los animales acuáticos pueden sobrevivir en invierno. En la naturaleza, normalmente, siempre hay agua líquida bajo el hielo.

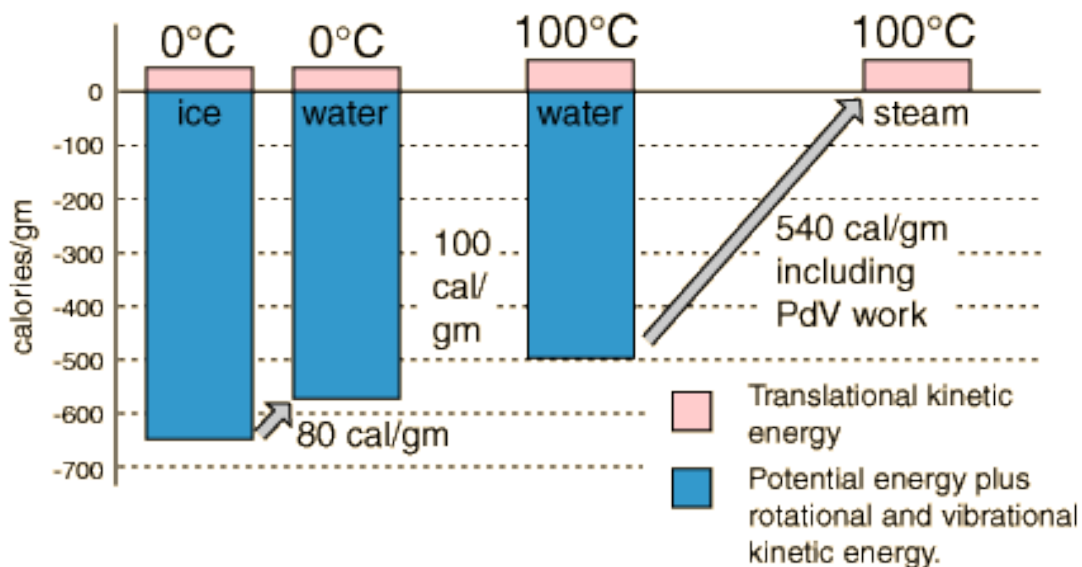
Como vemos esta propiedad del agua es muy interesante y se puede ver reflejada en varios aspectos de la naturaleza y en nuestra vida diaria.

Cambios de Fases

Las transiciones entre las fases sólidas líquidas y gaseosas, suelen incluir grandes cantidades de energía, en comparación con el calor específico. Si a una masa de hielo, le añadimos calor a un ritmo constante, para que lo lleve a través de los cambios de fase, primero a líquido y luego a vapor, las energías necesarias para llevar a cabo los cambios de fase (llamadas calor latente de fusión y calor latente de vaporización), daría lugar a las mesetas que observamos en el gráfico de temperatura vs tiempo de abajo. Se supone que la presión en el gráfico, es de 1 atmósfera estándar.



Energía Empleada en los Cambios de Fases del Agua



¿Cuáles son los seis procesos de cambio de fase?

Un cambio de fase, o transición, se produce cuando una sustancia experimenta un cambio de estado a un nivel molecular. En la mayoría de las sustancias, los cambios en la temperatura o presión resultan en un cambio de fase de la sustancia. Existen varios procesos de cambios de fase, que incluyen la fusión, solidificación, vaporización, condensación, sublimación y deposición física de vapor.

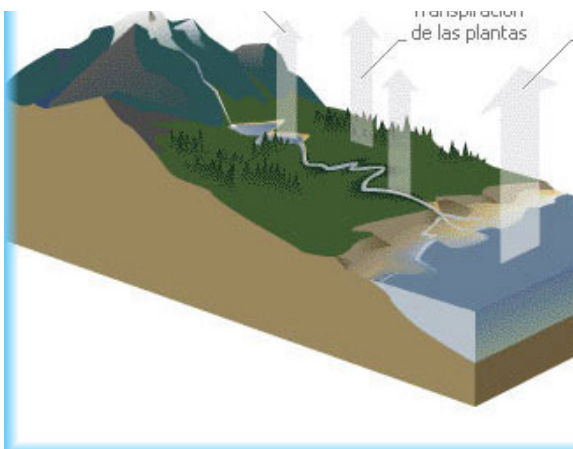


Fusión

La fusión ocurre cuando una sustancia pasa de sólido a líquido. Antes de la fusión, los fuertes enlaces intermoleculares o atracciones mantienen los átomos, moléculas o iones que comprenden una sustancia sólida muy juntos en la forma sólida. Al calentarse, las partículas ganan energía cinética suficiente para vencer los enlaces que los mantienen juntos y convertirse en móviles. Esto resulta en la fusión de la sustancia.

Solidificación

La solidificación ocurre cuando una sustancia pasa del estado líquido al sólido. Mientras que en el estado líquido, las partículas de una sustancia poseen suficiente energía cinética para moverse en estrecha proximidad unas con otras. Cuando se produce un descenso de la temperatura, las partículas pierden su energía cinética y se agrupan. Poco a poco, las partículas se depositan en una posición fija, haciendo que la sustancia tome forma y se convierta en un sólido.



Vaporización

La vaporización ocurre cuando una sustancia pasa del estado líquido al estado gaseoso. Las moléculas de un líquido están en movimiento constante mientras que permanecen relativamente muy juntos debido a las fuerzas intermoleculares. Cuando se produce un aumento de la temperatura, la energía cinética de las moléculas también aumenta. Este aumento de temperatura permite que las moléculas ganen energía cinética y superen las fuerzas intermoleculares, dando como resultado la vaporización de la sustancia.



Condensación

La condensación se produce cuando una sustancia pasa de vapor a líquido. En un vapor, hay moléculas con energía cinética alta y baja que a menudo chocan con las superficies y las otras. Cuando las moléculas con energía cinética bajo chocan, las fuerzas intermoleculares hacen que se peguen entre sí. A medida que disminuye la temperatura, la energía cinética de las moléculas también disminuye causando que las moléculas se adhieran entre sí y resulta en la condensación.

Sublimación

La sublimación se produce cuando una sustancia cambia de un sólido a un gas. El aumento de la temperatura hace que la energía cinética de las partículas aumenten. Esto permite que las partículas superen las fuerzas intermoleculares y se conviertan en móviles. La baja presión también aumenta la energía cinética de las partículas. Mientras las partículas escapan al sólido y se dispersan en forma de gas, la sublimación se produce.



Deposición física de vapor

La deposición física de vapor se produce cuando una sustancia cambia de un gas a un sólido. En situaciones de baja presión, las películas delgadas de materiales vaporizados se desarrollan en varias superficies debido al bombardeo de plasma o de alta temperatura de evaporación al vacío.

CALOR LATENTE

Se define como la cantidad de calor que necesita una sustancia para pasar del estado sólido a líquido o de líquido a gas sin cambio de temperatura. En el caso del agua, el calor latente de fusión del hielo se define como la cantidad de calor que necesita un gramo de hielo para pasar del estado sólido al líquido manteniendo la temperatura constante en el punto de fusión (273 K).

Calor latente de fusión del hielo a 0 °C, 80 cal/g

Calor latente de evaporación del agua a 100 °C, 540 cal/g

El calor latente de fusión es una propiedad característica de cada sustancia, pues según el material sólido de que está hecha requerirá cierta cantidad de calor para fundirse. Por definición, el calor latente de fusión de una sustancia es la cantidad de calor que requiere ésta para cambiar 1 g de sólido a 1 g de líquido sin variar su temperatura.

$$\lambda_f = \frac{Q}{m} \therefore Q = m\lambda_f$$

donde: λ_f = Calor latente de fusión en cal/g.

Q = Calor suministrado en calorías (cal).

m = Masa de la sustancia en gramos (g).

Como lo contrario de la fusión es la solidificación, la cantidad de calor requerida por una sustancia para fundirse es la misma que cede cuando se solidifica. Por tanto, **respecto de una sustancia el calor latente de fusión es igual al calor latente de solidificación.**

En el cuadro 1.4 se dan algunos valores del calor latente de fusión para diferentes sustancias.

Cuadro 1.4 Calor latente de fusión (a 1 atmósfera de presión).

Sustancia	λ_f en cal/g
Agua	80
Hierro	6
Cobre	42
Plata	21
Platino	27
Oro	16
Mercurio	2.8
Plomo	5.9

Calor latente de vaporización y calor latente de condensación

A una presión determinada todo líquido calentado hierve a una temperatura fija que constituye su punto de ebullición. Éste se mantiene constante independientemente del calor suministrado al líquido, pues si se le aplica mayor cantidad de calor, habrá mayor desprendimiento de burbujas sin cambio en la temperatura del mismo.

Cuando se produce la ebullición se forman abundantes burbujas en el seno (parte interna) del líquido, las cuales suben a la superficie desprendiendo vapor. Si se continúa calentando un líquido en ebullición, la temperatura ya no sube; esto provoca la disminución de la cantidad del líquido y aumenta la del vapor. Al medir la temperatura del líquido en ebullición y la del vapor se observa que ambos estados tienen la misma temperatura, es decir, coexisten en **equilibrio termodinámico**.

Sustancia	$\lambda_v = \text{en cal/g}$
Agua	540
Nitrógeno	48
Helio	6
Aire	51
Mercurio	65
Alcohol etílico	204
Bromo	44

Capacidad Calorífica

La capacidad calorífica (específica) de un cuerpo es la medida de la energía térmica requerida para elevar en un grado Kelvin una unidad de masa (gramo, kilogramo o mol).

Desde el punto de vista termodinámico la capacidad calorífica de los cuerpos se expresa como el cambio de energía térmica como función del cambio en la temperatura.

$$C = \frac{Q}{T} \quad T = \frac{dT}{dS}$$

donde: C= capacidad calorífica; Q= cantidad de calor; T= variación de temperatura

El calor específico es la cantidad de calor cedido o absorbido por un gramo de una sustancia, para variar su temperatura en un grado Celsius. $c = \frac{C}{M}$ donde: c = calor específico; C = capacidad calórica; M = masa y el calor necesario para producir un cierto aumento de temperatura es

$$Q = cm\Delta T$$

$$T_f = \frac{\Delta Q}{mCe} + T_o$$

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

Cuadro 1.6 Calores específicos (a presión constante).

Sustancia	Ce en cal/g °C	Ce en J/kg °C
Agua	1.00	4 200
Hielo	0.50	2 100
Vapor	0.48	2 016
Hierro	0.113	475
Cobre	0.093	391
Aluminio	0.217	911
Plata	0.056	235
Vidrio	0.199	836
Mercurio	0.033	139
Plomo	0.031	130

EJEMPLOS

¿Que cantidad de calor se debe aplicar a una barra de plata de 12 kg para que eleve su temperatura a 22°C a 90°C?

*Primero presentaremos los datos que nos proporcionan

Datos.-

AQ=0

m=12=12000g

To=22°C

Tf=90°C

Ce=.056cal/g°C

Formula

AQ=mCeAT

*Realizamos la sustitución de los datos en la formula

AQ= 12000gx.056cal/g°C(90°C-22°C)

= 45696 cal

*Indicando Variables y su Significado

m=masa

To= Temperatura inicial

Tf= Temperatura Final

Ce= Calor Especifico

AT=Cantidad de Calor

Calcular la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura a 10 Kg. De cobre de 25 °C a 125 °C

m = 10 Kg. = 10000 gr.

T1 = 25 °C

T2 = 125 °C

Ce = 0.09 Cal/gr.°C

$Q = m * Ce * (T2 - T1)$

$Q = 10000 \text{ gr.} * 0.09 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (125^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$

$Q = 900 * 100 = 90000 \text{ calorías}$

$Q = 90.000 \text{ calorías}$

Se mezclaron 5 Kg. de agua hirviendo con 20 Kg. de agua a 25 °C en un recipiente.

La temperatura de la mezcla es de 40 °C. Si no se considera el calor absorbido por el recipiente. Calcular el calor entregado por el agua hirviendo y el recibido por el agua fría.

Agua hirviendo: El cuerpo mas caliente cede calor, el agua hirviendo ha disminuido su temperatura desde 100 °C hasta 40 °C

m = 5 Kg. = 50000 gr.

T1 = 100 °C

Ce = 1 Cal/gr.°C

Tm = 40 °C

$Q1 = m1 * Ce * (Tm - T1)$

$Q1 = 5000 \text{ gr.} * 1 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (100^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})$

$Q1 = 5000 * 60 = 300000 \text{ calorías}$

$Q1 = 300.000 \text{ calorías}$

$Q1 = 300 \text{ kcalorías}$

Agua fría: el cuerpo mas frío absorbe calor, el agua fría aumento su temperatura desde 25 °C hasta 40 °C

m = 20 Kg. = 20000 gr.

T2 = 25 °C

Ce = 1 Cal/gr.°C

Tm = 40 °C

$Q2 = m2 * Ce * (Tm - T1)$

$Q2 = 20000 \text{ gr.} * 1 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$

$Q2 = 20000 * 15 = 300000 \text{ calorías}$

$Q1 = 300.000 \text{ calorías}$

$Q1 = 300 \text{ kcalorías}$

Se tienen 200 gr. de cobre a 10 °C. Que cantidad de calor se necesita para elevarlos hasta 100 °C.

Si se tienen 200 gr. de aluminio a 10 °C y se le suministra la misma cantidad de calor suministrada al cobre. Quien estará mas caliente?

Cobre:

m1 = 200 gr.

T1 = 10 °C

T2 = 100 °C

Ce = 0.09 Cal/gr.°C

$Q1 = m1 * Ce * (T2 - T1)$

$Q1 = 200 \text{ gr.} * 0.09 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (100^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$

$$Q_1 = 1.620 \text{ calorías}$$

Aluminio:

El calor específico del aluminio es mayor que el del cobre. Esto significa que a la misma masa se necesita más calor para elevar la temperatura del aluminio en 1°C

$$m_2 = 200 \text{ gr.}$$

$$T_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$T_2 = ?$$

$$C_e = 0.21 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C}$$

$$1620 \text{ calorías} = 200 \text{ gr.} * 0.21 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (T_2 - 10^\circ\text{C})$$

En 300 gr. de agua a 18°C . se introducen 250 gr. de hierro a 200°C . Determinar la temperatura de equilibrio.

Agua: absorbe calor

$$m_1 = 300 \text{ gr.}$$

$$T_1 = 18^\circ\text{C}$$

$$T_f = ?$$

$$C_e = 1 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = m_1 * C_e * (T_f - T_1)$$

$$Q_1 = 300 \text{ gr.} * 1 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (T_f - 18^\circ\text{C})$$

$$Q_1 = 300 T_f - 5400 \text{ Ecuación 1}$$

Hierro: cede calor

$$m_2 = 250 \text{ gr.}$$

$$T_1 = 200^\circ\text{C}$$

$$T_f = ?$$

$$C_e = 0,11 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = m_2 * C_e * (T_f - T_1)$$

$$Q_2 = 250 * 0,11 \text{ Cal/gr.}^\circ\text{C} * (T_f - 200^\circ\text{C})$$

$$Q_2 = 27,5 * (200 - T_f)$$

$$Q_2 = 5500 - 27,5 T_f \text{ Ecuación 2}$$

Como el calor absorbido = calor cedido

$$Q_1 = Q_2$$

$$300 T_f - 5400 = 5500 - 27,5 T_f$$
$$300 T_f + 27,5 T_f = 5500 + 5400$$

$$327,5 T_f = 10900$$

$$T_f = 10900 / 327,5$$

$$T_f = 33,28^\circ\text{C.}$$

Actividades

a) Que cantidad de calor se libera cuando 50 gr. de agua contenida en un vaso de aluminio de 40 gr. se enfría en $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) Se tiene un tanque que contiene 20.000 gr. de agua a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cuantas Kilocalorías absorbe cuando se calienta hasta $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

c) Con el calor que desprenden 400 gr. de agua al pasar de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cuantos gramos de cobre podrán llevarse de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

d) Se mezclan 8 Kg. de agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 24 Kg. de agua a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura de la mezcla resulto $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cual es la cantidad de calor entregada y recibida por cada una ?

e) Un recipiente de hierro de 2 Kg. contiene 500 gr. de agua, ambos a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Que cantidad de calor se requiere para elevarle la temperatura hasta $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

f) En un recipiente se han colocado 10 Kg. de agua fría a $9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Que masa de agua hirviendo hay que introducirle al recipiente para que la temperatura de la mezcla sea de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. No se considere la energía absorbida por el recipiente.

g) Se mezclan 30 Kg. de agua a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Con 20 Kg. también de agua a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cual es la temperatura de equilibrio de la mezcla ?

h) Se tiene un pedazo de metal de masa 80 gr. a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Determinar el calor específico de ese metal, si al sumergirlo en 150 gr. de agua a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se obtiene una temperatura de $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suponga que el recipiente no recibe calor

i) A que temperatura será necesario calentar 2000 Kg. de un líquido, de calor específico $1,5\text{ Cal/gr.}^{\circ}\text{C}$ que esta a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para que sea capaz de desprender 2500000 Kcal.

j) Un pedazo de plomo de 250 gr se calienta hasta $112\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se introduce en 0,5 kg de agua inicialmente a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cual es la temperatura final del plomo y del agua ?