

Tema nº 5

ENERGÍA CALORÍFICA

Video: **El Sol como fuente de energía y vida**

<https://www.youtube.com/watch?v=UScp4pBL9Y8>

Hoy día cuando nuestras madres no despiertan para ir al Instituto la temperatura de la casa está en condiciones de levantarnos, no tener frío y por lo tanto pereza para realizar todos los preparativos para nuestra jornada. Tomamos el desayuno y nos marchamos.

Ya sabéis que me gusta contar batallitas para iniciarnos en un tema. Os voy a contar que ocurría en **1959** (yo tenía nueve años) cuando nos despertaban para ir al colegio. En aquella época no existían aparatos de aire acondicionado, estufas, calefactores y no sé cuantos inventos más para mantener los hogares a una temperatura agradable. Solamente existía lo que llamábamos "**brasero**" que consistía en un recipiente metálico donde se quemaba carbón vegetal, que se ponía en los pies de una "**mesa camilla**" (una mesa cubierta de una falda de tela o tapete) que lograba mantener la temperatura por encima de la existente en el exterior de la mesa, allí se ponían las piernas y se lograba amortiguar el frío. Estos aparatos solo funcionaban por la tarde-noche a no ser que tuviéramos una madre que madrugara mucho y tuviera encendido el brasero a la hora de levantarnos. Esto no era muy normal. Pues bien nos despertaban y lo mejor que podíamos hacer era tomar la taza de la leche caliente, cogerla con las dos manos y de esta forma calentarnos un poco. Antes nos habíamos aseado con agua caliente que calentaban nuestras madres, si no era así pensar lo que

suponía asearnos con agua fría. Pero lo importante de todo este rollo está en la frase: **coger la taza de la leche con las manos (las dos) y de esta forma calentarnos un poco**

¿Qué fenómeno ha ocurrido?.

Se ha producido una **transferencia de calor** que vamos a intentar explicar con los siguientes contenidos:

Contenido Temático

- 1.- Sensación Térmica
- 2.- Calor
- 3.- Temperatura
 - 3.1.- Medida de la Temperatura de un cuerpo
 - 3.2.- Aparatos de medida de la Temperatura
 - 3.3.- Niveles de Temperatura
- 4.- Unidades de Calor
- 5.- Calor Específico
- 6.- Transferencia de Calor
- 7.- Transferencia de calor en los cambios de Estado
 - 7.1.- Diferentes Cambios de Estado
 - 7.1.1.- Fusión y Solidificación
 - 7.1.2.- Vaporización y Condensación
 - 7.1.3.- Sublimación
 - 7.2.- Calor Latente

1.- La Sensación Térmica

Video: Deporte y calor

<http://www.youtube.com/watch?v=1vb5EFVJSIk>

La **sensación térmica** depende de la relación entre el **calor** que produce el **metabolismo del cuerpo** y el que **disipa hacia el entorno**:



Si es **mayor el primero**, la sensación **es de calor**; si es mayor el **segundo**, la sensación **es de frío**. Este es un concepto termodinámico que para nuestro nivel no es muy inteligible. Es mejor irnos a la vida cotidiana.

El **cuerpo humano desnudo** tiene posibilidades de regular la **emisión de calor** para temperaturas ambientales comprendidas entre **15 y 30 °C**. Por encima y por debajo tiene que **realizar algún fenómeno (trabajo)**. Se pueden modificar los parámetros que determinan tanto la **producción**, como **las pérdidas de calor**. Y esto de dos maneras:

a)

Mediante la acción de la persona

En el caso de la **producción de calor**, se aumenta la cantidad principalmente por el **ejercicio físico que se hace (se intensifica el metabolismo)**, por ejemplo, en un día frío, 25 personas corren por un campo de fútbol en camiseta y

pantalón corto (y además sudan copiosamente), mientras que en las gradas se apiñan 20000 espectadores **abrigados** y **pasando frío**.

En cuanto a las **pérdidas de calor** se pueden reducir **abrigándose con ropa**.

Video: Como entrar en calor cuando hace mucho frío

<http://www.youtube.com/watch?v=pMSIrP-002Q&feature=related>

Video: Consejos frente al frío

<http://www.youtube.com/watch?v=zutAVeAammM&feature=related>

Video: Ropa y deporte para contrarrestar el frío

<http://www.youtube.com/watch?v=zyZfLbCgzgk>

Video: Medidas a tomar frente a una ola de calor

<http://www.youtube.com/watch?v=-ay4bo9y-Ng>

Video: Deporte y calor

http://www.youtube.com/watch?v=aQVeDz_8kIq

Video: Deporte y calor

<http://www.youtube.com/watch?v=g46H9IGJMO8>

b)

Por el medio ambiente:

En un **día cálido** puede mejorarse la **sensación térmica**

mediante un **ventilador**, que aumenta la velocidad del **aire alrededor del cuerpo**. La velocidad del aire aumenta las **pérdidas de calor** y también la favorece la **evaporación del sudor**. Estas **pérdidas aumentan** cuanto mayor sea la **velocidad del aire**.

Video: Defensa contra el calor

http://www.youtube.com/watch?v=xd0_yTbWRE0

La **sensación térmica** también puede ser **sensación de mayor calor** cuando al **calor** se le añade una alta **humedad** del ambiente, ya que la **evaporación del sudor** es el principal medio para disipar el **calor corporal** y, la **humedad ambiental alta** dificulta esta **evaporación**, por lo que se tiene sensación de **más calor**.

Si en una mañana de invierno la temperatura es de **0 °C** y existen **condiciones de calma** (sin viento), si estamos **normalmente abrigados** no sentimos frío. Pero a la misma temperatura y con viento de **40 Km/h**, la **sensación térmica** equivale a una temperatura de **-15°C (15°C bajo cero)**.

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimizencia.es



TABLA DE VALORES DE SENSACIÓN TÉRMICA POR FRÍO (WIND CHILL)

		TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CELSIUS (C)										
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
VIENTO A 10 m (Km/h)	5	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
	10	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
	15	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-47	-54	-60	-66
	20	-5	-11	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
	25	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
	30	-6	-13	-19	-26	-32	-39	-46	-52	-59	-65	-72
	35	-7	-13	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
	40	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-47	-54	-61	-67	-74
	45	-8	-14	-21	-28	-35	-41	-48	-55	-62	-68	-75
	50	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
	55	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-56	-63	-70	-77
	60	-9	-16	-23	-29	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
	65	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
	70	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
75	-9	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	
80	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-67	-74	-81	

Umbrales aproximados:

Riesgo bajo:	-10 a -27	Riesgo de hipotermia por permanencia prolongada a la intemperie.	Con la piel expuesta al aire ambiente inicialmente caliente. Si la piel está inicialmente fría, menor tiempo.
Riesgo moderado:	-28 a -39	Riesgo de congelaciones por exposición prolongada, 10 a 30 minutos*.	
Riesgo alto:	-40 a -54	Riesgo de congelaciones en 10 minutos*.	
Riesgo muy alto:	-55 ó menos	Riesgo de congelaciones en menos de 2 minutos*.	

* Con vientos sostenidos de más de 50 Km/h, las congelaciones pueden producirse más rápidamente.



TABLA DE VALORES DE SENSACIÓN TÉRMICA POR CALOR (HEAT INDEX)

		TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CELSIUS (C)																	
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
HUMEDAD RELATIVA (%)	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62		
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62			
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63				
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63					
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63						
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62							
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61								
	85	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65								
	90	31	34	37	41	45	49	54	58	64									
	95	31	35	38	42	47	51	57	62										
100	32	36	40	44	49	54	60												

Precaución	27 a 32	Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física.
Precaución extrema	33 a 40	Insolación, golpe de calor, calambres. Posibles por exposición prolongada o actividad física.
Peligro	41 a 53	Insolación, golpe de calor, calambres. Muy posibles por exposición prolongada o actividad física.
Peligro extremo	54 ó más	Golpe de calor, insolación inminente.

Permanecer bajo el sol puede incrementar los valores del índice de calor en 8 C.

Cuando la temperatura es menor que 32 C (temperatura de la piel), el viento disminuye la sensación térmica. Si es mayor de 32 C, la aumenta.

Video: Termorregulación

<http://www.youtube.com/watch?v=sL4y5HWIF58&feature=related>

Video: Control de temperatura corporal

http://www.youtube.com/watch?v=p_Zw37IM-3M&feature=related

2.- Calor

Video: Calor y temperatura

<https://www.youtube.com/watch?v=8R8fgvd6nTA>

Video: Calor y temperatura

https://www.youtube.com/watch?v=96Lku_Sd7vY

El Calor

http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/thermal/heat_sp_06sep01.html

El Calor

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Calor/calor/Calor.htm>

El Calor

<https://www.fisicalab.com/apartado/calor>

Calor

<https://www.ecured.cu/Calor>

El **calor** lo podemos definir como **energía en tránsito**, es decir, capaz de **pasar de unos cuerpos a otros al ponerse en contacto cuando sus temperaturas son diferentes**.

Lo único que podemos medir **es la cantidad de calor que pasa de un cuerpo a otro pero nunca conoceremos la cantidad de calor que posee un cuerpo**.

El calor que contiene un cuerpo depende de otras tantas energías **inherentes al cuerpo** (se escapan de nuestro nivel). Al conjunto de todas estas energías se le conoce como **Energía Interna** y que nosotros la haremos coincidir con el **contenido de Calor que posee el cuerpo**.

Si sabemos que el contenido en **energía calorífica** de un cuerpo depende de:

- a) Las **unidades** que componen dicho cuerpo (**átomos, iones o moléculas**)
- b) La **forma de estructuración** de estas unidades dentro del cuerpo.
- c) Se identifica como la **energía relativa al movimiento aleatorio y desordenado de las moléculas**.
- d) Depende de la **cantidad de la sustancia, su temperatura, presión y volumen**.

Video: Energía Interna

<https://www.youtube.com/watch?v=Pz87CpmzwG8>

Cuando un cuerpo gana energía en forma de **calor** su **contenido energético aumenta** hasta tal punto que su **estructura** se puede desmoronar produciéndose un **cambio de estado**.

En el video que vamos a ver podemos observar un cuerpo en **estado sólido** con una **estructura muy rígida** en donde las unidades estructuras (átomo, iones o moléculas) **vibran muy poco** alrededor de su posición de equilibrio. Al recibir aporte calórico la **vibración es más intensa**, las **uniones se debilitan** y pasamos al **estado líquido** y si seguimos aportando energía las **moléculas** se separan totalmente **constituyéndose el estado gas**.

Video: **Aporte de Calor. Cambios de estado**

<https://www.youtube.com/watch?v=Rpp9fa3MxzA>

3.- Temperatura

¿Qué es la temperatura?

La Temperatura

http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/thermal/temperature_sp_06sep01.html

La Temperatura

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Calor/Temperatura/Temperatura.htm>

La temperatura

<https://www.fisicalab.com/apartado/temperatura>

La temperatura

<https://www.ecured.cu/Temperatura>

Nosotros experimentamos la temperatura todos los días. Notamos si la leche del desayuno está más o menos caliente o

fría. Nuestro sentido del tacto es capaz de proporcionarnos la posibilidad de determinar si un cuerpo está frío o está caliente, siempre a grandes diferencias de temperatura.

Podemos dar una primera definición de **Temperatura**:

Es una medida del **Nivel Térmico** de un cuerpo; es decir, de su estado de **calor** o de **frío**. **Cuanto más caliente esté un cuerpo mayor es su temperatura. Cuanto más frío esté el cuerpo, su temperatura será menor.**

La temperatura se relaciona con la **libertad de movimiento** de las unidades estructurales que conforman dicho cuerpo. Las partículas que poseen los cuerpos se mueven a una determinada **velocidad**, por lo que cada una cuenta con una determinada **energía cinética**. El valor medio de dicha energía cinética está directamente relacionado con la **temperatura** del cuerpo. Así, a **mayor energía cinética media** de las partículas, **mayor temperatura** y a **menor energía cinética media, menor temperatura**.

Video: Temperatura

<https://www.youtube.com/watch?v=Gsk4x5w1XnM>

Video: Temperatura

<https://www.youtube.com/watch?v=44NIUndkQ1Q>

Video: Temperatura

<https://www.youtube.com/watch?v=nz2p87FDPMQ>

Video: Calor y temperatura

https://www.youtube.com/watch?v=96Lku_Sd7vY&t=89s

Los átomos y moléculas en una sustancia no siempre se mueven a la misma velocidad. Esto significa que hay un rango de energía (energía de movimiento) en las moléculas. En un gas, por ejemplo, las moléculas se mueven en direcciones aleatorias y a diferentes velocidades - algunas se mueven rápido y otras más lentamente.

La temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Por ejemplo, la temperatura de un cazo de agua hirviendo es la misma que la temperatura de una olla de agua hirviendo, a pesar de que la olla sea mucho más grande y tenga millones y millones de moléculas de agua más que el cazo.

A menudo pensamos que calor y temperatura son lo mismo. Sin embargo este no es el caso. El calor y la temperatura están relacionadas entre sí, pero son conceptos diferentes.

El calor es la energía total del movimiento molecular en una sustancia, mientras temperatura es una medida de la energía molecular media.

Podemos establecer las diferencias entre Calor y Temperatura.

Calor:

- a) Es la energía total del movimiento molecular en una sustancia
- b) Depende de la VELOCIDAD de las partículas
- c) Depende del número de partículas
- d) Depende del tamaño de las partículas
- e) Depende del tipo de de partículas.

Temperatura:

- a) La Temperatura es una medida de la **energía** media de las moléculas de una sustancia
- b) **No depende** del número de moléculas
- c) **No depende** del tamaño de las partículas.
- d) **No depende** del tipo de partículas

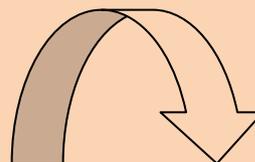
Por ejemplo, la **temperatura** de un **vaso pequeño de agua** puede ser la misma que la **temperatura de un cubo de agua**, pero el cubo tiene **más calor** porque tiene más moléculas de agua que las existentes en el vaso.

El **calor** es lo que hace que la **temperatura** aumente o disminuya. Si **añadimos calor** a un cuerpo, la **temperatura** de este **aumenta**. Si **quitamos calor**, la **temperatura** **disminuye**.

Las **temperaturas más** altas tienen lugar cuando las moléculas se están **moviendo, vibrando y rotando** con mayor energía.

Si tomamos dos objetos que tienen la **misma temperatura** y los ponemos en contacto, no habrá **transferencia de energía** entre ellos porque la **energía media de las partículas en cada objeto es la misma**. Pero si la temperatura de uno de los objetos es **más alta** que la **otra**, habrá una **transferencia de energía** del objeto más caliente al objeto más frío hasta que los dos objetos **alcancen la misma temperatura**.

La **temperatura** **no es energía** sino una medida de ella, sin embargo el **calor** sí es energía.



Con todo lo visto ya tenemos justificado lo que se dijo al principio del punto:

EL Calor es energía en tránsito entre dos cuerpos que se ponen en contacto y a diferente temperatura.

3.1.-Medida de la Temperatura de un cuerpo

Recordemos que es una magnitud que mide el **nivel térmico** o el **calor** que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (sólido, líquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento. La suma de las **energías de todas las moléculas del cuerpo** se conoce como **energía térmica**; y la **temperatura es la medida de esa energía promedio.**

Medida de la Temperatura

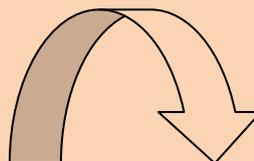
<http://blog.nuestroclima.com/las-unidades-de-medida-de-la-temperatura/>

Medida de la Temperatura. Escalas termométricas

<https://concepto.de/temperatura/>

Escalas de temperatura

<https://blog.beamex.com/es/unidades-de-temperatura-y-sus-conversiones>



Existen distintos tipos de escalas para medir la temperatura. Las más comunes son:

- a) La **escala Celsius**.- También conocida como "**escala centígrada**", es la más utilizada junto con la escala Fahrenheit.

En esta escala, el **punto de congelación del agua** equivale a **0 °C** (cero grados centígrados) y su **punto de ebullición** a **100 °C**.

- b) La **escala Fahrenheit**.- Es la medida utilizada en la mayoría de los países de habla inglesa. En esta escala, el **punto de congelación del agua** ocurre a los **32 °F** (treinta y dos grados Fahrenheit) y su **punto de ebullición** a los **212 °F**

- c) La **escala Kelvin**.- Es la medida que suele utilizarse en ciencia y establece el "**cero absoluto**" como **punto cero**, lo que supone que el objeto no desprende calor alguno y equivale a **-273,15 °C** (grados centígrados).

Las equivalencias entre las escalas termométricas quedan establecidas en la siguiente ecuación:

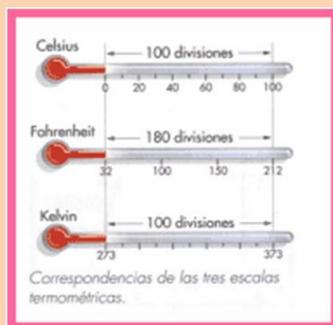
$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{Temperatura absoluta (T)} = 273 + C$$

C = Grados Celsius

F = Grados Fahrenheit

T = Grados Kelvin



Animación: Escalas termométricas

<http://www.educaplus.org/game/escalas-termometricas>

3.2.- Aparato de medida de la Temperatura

Se emplea un dispositivo llamado "termómetro" del que existen varios tipos dependiendo del fenómeno que se necesite medir, por ejemplo:

Aparatos de medida de la temperatura

<http://www.sabelotodo.org/termicos/medirtemperatura.html>

Aparatos de medida de la temperatura

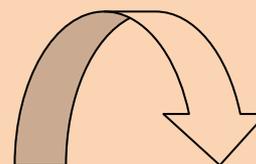
<http://www.ilustrados.com/tema/2826/Medicion-temperatura.html>

Aparatos e medida de la temperatura

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Calor/historia/historia.htm>

El termómetro

http://fisicayquimicaenflash.es/eso/4eso/e_termica/e_termica02.html



Termómetros

En general los **termómetros** pueden clasificarse en dos grupos:

- a) **Termómetros de contacto.** - Son aquellos cuyo elemento sensor está en contacto íntimo o colocado dentro del mismo ambiente que el cuerpo cuya temperatura se quiere conocer.
- b) **Termómetros sin contacto.** - Funcionan midiendo algún parámetro a distancia del cuerpo. Los estudiaremos en niveles superiores.

Termómetros de contacto

Estos termómetros como lo indica su nombre, determinan la temperatura a medir teniendo contacto con el cuerpo, o colocados dentro del mismo ambiente donde está este. **Lo común es que tengan un elemento sensor con alguna propiedad variable con la temperatura** y que esta variación se refleje en una escala graduada directamente en las unidades correspondientes.

Aunque son muchos los elementos medibles que guardan relación con la temperatura, en la práctica los mas utilizados son:

- a) **Termómetro de columna.** - Miden la altura de la columna de un **líquido** dentro de un tubo capilar
- b) **Termómetro digital**
- c) **Termómetros a presión de gases.** - Miden la presión de un **gas** confinado a un recipiente cerrado

Termómetros de columna

La gran mayoría de las sustancias se dilatan a dimensiones mayores cuando se calientan y se contraen a las dimensiones anteriores si se enfrían a la misma temperatura anterior, este efecto se utiliza para construir los termómetros de columna.

Estos termómetros constan de un tubo capilar (muy fino) de **vidrio** cerrado en un extremo, y con un bulbo lleno de líquido coloreado en el otro, al que se le ha practicado vacío. Este capilar se coloca fijo en un cuerpo que contiene una escala graduada en grados en la escala correspondiente.

Cuando el líquido se calienta, se dilata, y sube por el capilar formando una columna



Termómetro digital



Video: Tipos y usos de termómetros

<https://www.youtube.com/watch?v=6AHV1MtkalY>

3.3.- Niveles de temperatura

La temperatura corporal se puede tomar en diferentes puntos del cuerpo:

- a) Boca
- b) Axila
- c) Ingle
- d) Recto

Los límites de temperatura normal según el punto de medida son:

<u>LUGAR</u>	<u>Límite Normal</u>
Boca	hasta 37,3 °C
Axila	" 37 °C
Ingle	" 37 °C
Recto	" 37,6 °C

Un **niño** tiene **fiebre** cuando su temperatura está en o por encima de estos niveles:

- + °C \geq 38°C medida rectal
- + °C \geq 37,5°C medida en la boca
- + °C \geq 37,2°C medida bajo el brazo (axilar)

Un adulto probablemente tiene fiebre cuando la temperatura está por encima de **37.2°C a 37.5°C**.

Termómetros a presión de gases

El elemento de medición es un medidor de presión (manómetro).

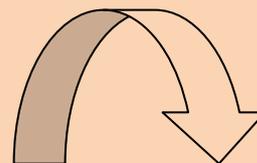
Un bulbo lleno con gas es la parte principal del sensor de temperatura que se coloca dentro del volumen al que quiere medirse la temperatura. Un fino tubo capilar conduce la presión del gas en el bulbo al manómetro, cuya escala ya ha sido calibrada en grados de temperatura.



Los gases al calentarse y enfriarse se dilatan y contraen, y como en este caso, el gas de trabajo está confinado a un volumen cerrado el efecto que se produce es el incremento y la disminución de la presión cuando se incrementa y reduce la temperatura.

Video: Termómetros de presión de gases

<https://www.youtube.com/watch?v=KzDiwulQpIU>



Termómetros sin contacto



Video: Termómetro sin contacto

<https://www.youtube.com/watch?v=WC2Ax-5A6Uw>

Video: Cámara de temperatura

<https://www.youtube.com/watch?v=BZo5CA5PsdC>

Ejercicio resuelto

Transforme 20 °C en grados Fahrenheit.

Resolución

La ecuación que relaciona las dos escalas termométricas es:

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

Llevamos datos:

$$20 / 5 = (\text{F} - 32) / 9$$

$$180 = 5 (\text{F} - 32)$$

$$180 = 5 \text{F} - 160$$

$$F = (180 + 160) / 5 = 45,4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Ejercicio resuelto

Transforme según la ecuación de conversión : a) 15 °C a °F;
y b) -10 °F a °C.

Resolución

a)

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

$$15/5 = (F - 32) / 9$$

$$135 = 5 (F - 32)$$

$$135 = 5 F - 160$$

$$F = (135 + 160) / 5 = 59 \text{ } ^\circ\text{F}$$

b)

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

$$^\circ\text{C} / 5 = (-10 - 32) / 9$$

$$9 \text{ } ^\circ\text{C} = 5 (- 42)$$

$$9 \text{ } ^\circ\text{C} = - 210$$

$$^\circ\text{C} = 23,33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

La temperatura en un salón es 24 °C. ¿Cuál será la lectura en la escala Fahrenheit?

Resolución

Recordemos:

$$C/5 = (F - 32)/9$$

$$24/5 = (F - 32)/9$$

$$216 = 5 \cdot (F - 32)$$

$$216 = 5 F - 160$$

$$216 + 160 = 5 F$$

$$376 = 5 F$$

$$F = 376/5 = 75,2 \text{ °F}$$

Ejercicio resuelto

Un médico inglés mide la temperatura de un paciente y obtiene 106 °F. ¿Cuál será la lectura en la escala Celsius y Kelvin?

Resolución

Lo dicho:

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$C/5 = (F - 32)/9$$

$$C/5 = (106 - 32)/9$$

$$C/5 = (106 - 32)/9$$

$$C/5 = 74/9$$

$$9 C = 5 \cdot 74$$

$$9 C = 370$$

$$C = 370/9 = 41,11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por otra parte sabemos:

$$T = 273 + C$$

$$T = 273 + 41,11 = 314,11 \text{ K}$$

Ejercicio resuelto

Completar el siguiente cuadro:

CENTIGRADO	FAHRENHEIT	KELVIN
200 °C	$200/5=(F-32)/9$; $1800 = 5F-160$ $1800 + 160 = 5F$; $F = 392 \text{ } ^\circ\text{F}$	$T = 273 + C = 273 + 200 =$ $= 473 \text{ K}$
$C/5 = (40-32)/9$; $C/5 = 8/9$ $9C = 40$; $C = 40/9 = 4,44 \text{ } ^\circ\text{C}$	40 F	$T = 273 + 4,44 = 277,44 \text{ K}$
-5 °C	$-5/5=(F-32)/9$; $-9=F - 32$ $F = 23 \text{ } ^\circ\text{F}$	$T = 273 + C = 273 + (-5)$ $T = 269 \text{ K}$
$400 = 273 + C$; $C = 400 - 273$ $C = 127 \text{ } ^\circ\text{C}$	$127/5=(F-32)/9$; $1143 = 5F - 160$ $1303=5F$; $F=1303/5 = 260,6 \text{ } ^\circ\text{F}$	400 K

Problema resuelto

¿A qué temperatura las lecturas de dos termómetros, uno de ellos graduados en escala centígrada y el otro en Fahrenheit, indican la misma lectura?

Resolución

Llamemos a la temperatura común para las dos escalas "T":

Recordemos:

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

Sustituimos en la ecuación anterior C y F por "T":

$$T / 5 = (T - 32) / 9$$

$$9T = 5(T - 32)$$

$$9T = 5T - 160$$

$$4T = - 160$$

$$T = - 40 \text{ }^{\circ}\text{C} = - 40 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

4.- Unidades de Calor

Unidades de Calor

http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema3/index.htm

Unidades de Calor

<https://sites.google.com/site/calorytrabajo/unidades-del-calor>

Unidades de Calor

<https://www.webscolar.com/las-unidades-de-medidas-de-calor>

Al definir el **calor** como **energía** en tránsito, las unidades de la **magnitud Calor** serán las mismas que las unidades de cualquier tipo de **energía**. Su unidad en el S.I de unidades es el **Julio**.

Recordar: **1 Julio = N . m** (Trabajo realizado por la fuerza de 1 N a lo largo de 1 m)

Sin embargo se acostumbra a medir el calor en función del **aumento de temperatura** que experimenta al calentarse una cierta cantidad de sustancia. La unidad de calor se conoce entonces como **Caloría (cal)**:

Cantidad de calor que hay que suministrar a 1 gramo de agua para que su temperatura aumente 1 °C (de 14,5°C a 15,5°C)

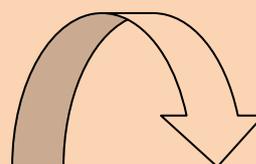
Podemos establecer equivalencias entre unidades de energía:

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

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

$$1 \text{ Kcal} = 4180 \text{ J}$$



5.- Calor Específico

Determinar la cantidad de **Calor** o **Energía Interna** que tiene un cuerpo **NO ES POSIBLE**. Pero si recordamos la definición de **Calor** (Transferencia de energía entre cuerpos a diferente temperatura), **sí podemos conocer la energía que cede o gana un cuerpo**.

Realizando las experiencias pertinentes se concluye que la **cantidad de energía ganada o cedida por un cuerpo es:**

- a) Es **directamente proporcional** a la **Masa** del cuerpo
- b) Es **directamente proporcional** a la temperatura que se quiere alcanzar en el cuerpo
- c) Para **masas iguales** de dos cuerpos diferentes la cantidad de **energía** necesaria para adquirir una misma temperatura es **distinta** para cada cuerpo. Hay algo **inherente al cuerpo** que establece la diferencia en la cantidad de energía necesaria

La **constante de proporcionalidad** es característica de la cada sustancia y recibe el nombre de **Calor Específico (Ce)**. Lo podemos definir como la **cantidad de calor que hay que suministrar a 1 gramo de sustancia para aumentar 1 °C su temperatura**.

Matemáticamente:

En un **Sistema** constituido por dos cuerpos, de masas m_1 y m_2 y temperaturas t_1 y t_2 :

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$Q_{\text{cedido}} = m_1 \cdot c_e \cdot \Delta t \rightarrow Q_{\text{cedido}} = m_1 \cdot c_e \cdot (t_f - t_1) \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_2 \cdot c_e \cdot \Delta t \rightarrow Q_{\text{ganado}} = m_2 \cdot c_e \cdot (t_f - t_2)$$

Criterio de signos:

$$Q_{\text{cedido}} \quad (-)$$

$$Q_{\text{ganado}} \quad (+)$$

De la ecuación (1) podemos despejar c_e :

$$c_e = Q_{\text{cedido}} / (m \cdot \Delta t)$$

Las unidades de c_e , por cálculo dimensional:

$$[c_e] = [Q_{\text{cedido}}] / ([m] \cdot \Delta t) \quad (2)$$

$$[Q_{\text{cedido}}] = \text{Energía}$$

$$[m] = M$$

$$[\Delta t] = \text{Temperatura}$$

Nos vamos a (2):

$$[c_e] = \text{Energía} / (M \cdot T)$$

Las unidades de c_e en el S.I.:

$$[c_e] = \text{Julio} / (\text{Kg} \cdot \text{K}) = \text{J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Otra unidad, no perteneciente al S.I., es la **caloría** por **gramo** y por **grado centígrado** ($\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; $\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$).

Video: Transmisión de Calor

<https://www.youtube.com/watch?v=tgKYAJOF1Uw>

Video: Mecanismos de transferencia de calor entre cuerpos

<https://www.youtube.com/watch?v=8LWmFqJ5HpI>

Video: Mecanismos de transferencia de calor

<https://www.youtube.com/watch?v=6A4rgblZ-a8>

Video: Transferencia de calor por conducción

<https://www.youtube.com/watch?v=y-HNIiCWk00>

Ejercicio resuelto

Se utilizan 8360 J para calentar 600 g de una sustancia desconocida de 15°C a 40°C. ¿Cuál es el calor específico de la sustancia?. Solución: 557,3 J/ Kg °C

(Autor enunciado: D. Santiago Fernández)

Resolución

Datos:

$$Q = 8360 \text{ J}$$

$$m = 600 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g} = 0,6 \text{ Kg}$$

$$t_o = 15 \text{ °C}$$

$$t_f = 40 \text{ °C}$$

Todos sabemos:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o)$$

$$8360 \text{ J} = 0,6 \text{ Kg} \cdot c_e \cdot (40 - 15) \text{ °C}$$

$$c_e = 8360 \text{ J} / 0,6 \text{ Kg} \cdot 25 \text{ °C}$$

$$c_e = 8360 \text{ J} / 15 \text{ Kg} \cdot ^\circ\text{C} = 557,3 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

La temperatura de una barra de plata aumenta 10°C cuando absorbe $1,23 \text{ kJ}$ de calor. La masa de la barra es 525 g . Determine el calor específico de la barra

Sol. $0,234 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Resolución

Datos:

$$Q_{\text{ganado}} = 1,23 \text{ Kj}$$

$$m = 525 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g} = 0,525 \text{ Kg}$$

$$\Delta t = 10^\circ$$

Recordemos:

$$Q_{\text{ganado}} = m \cdot c_e \cdot \Delta t$$

Llevamos datos a la ecuación anterior:

$$1,23 \text{ Kj} = 0,525 \text{ Kg} \cdot c_e \cdot 10^\circ\text{C}$$

$$c_e = 1,23 \text{ Kj} / (0,525 \text{ Kg} \cdot 10^\circ\text{C}) = 0,234 \text{ Kj} / (\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

Problema resuelto

La combustión de 5 g de coque eleva la temperatura de 1 l de agua desde 10°C hasta 47°C . Hallar el poder calorífico del coque.

Resolución

Datos:

$$c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J/ kg} \cdot \text{C}$$

$$V_{\text{agua}} = 1 \text{ L}$$

$$d_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} / V$$

$$m_{\text{agua}} = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}}$$

$$V_{\text{agua}} = 1 \cancel{\text{ L}} \cdot 1 \text{ dm}^3 / 1 \cancel{\text{ L}} = 1 \cancel{\text{ dm}^3} \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000 \cancel{\text{ dm}^3} = 0,001 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{agua}} = (1000 \text{ Kg} / \cancel{\text{ m}^3}) \cdot 0,001 \cancel{\text{ m}^3} = 1 \text{ Kg}$$

Sabemos:

$$Q_{\text{ganado por agua}} = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_{\text{ganado agua}} = 1 \cancel{\text{ Kg}} \cdot (4180 \text{ J/Kg} \cdot \cancel{\text{ °C}}) \cdot (47 - 10) \cancel{\text{ °C}} = 154660 \text{ J}$$

Estos julios son los proporcionados por la combustión de los 5 g de coque. Si el poder calorífico lo queremos expresar por gramos de coque:

$$1 \cancel{\text{ g}} \text{ coque} \cdot \frac{154660 \text{ J}}{5 \cancel{\text{ g}}} = 30932 \cancel{\text{ J}} \cdot (0,24 \text{ cal} / \cancel{\text{ J}}) =$$

$$= 7423,68 \text{ cal/g}$$

Ejercicio resuelto

Para calentar 500 g de una determinada sustancia de 20 ° C a 70 ° C, se necesitaban 4.000 calorías. Determinar el Calor específico y la capacidad térmica de la sustancia.

Resolución

Datos:

$$\text{Capacidad térmica} = m \cdot c_e$$

$$m_{\text{sustancia}} = 500 \text{ g}$$

$$t_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 4000 \text{ cal}$$

Recordemos:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o) \quad (1)$$

De la ecuación (1) despejamos c_e :

$$c_e = Q/[m \cdot (t_f - t_o)]$$

$$c_e = 4000 \text{ cal} / [500 \text{ g} \cdot (70 - 20) \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$c_e = 4000 \text{ cal} / (25000 \text{ g} \cdot \text{oC})$$

$$c_e = 0,16 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad térmica} &= m \cdot c_e = 500 \cancel{\text{ g}} \cdot 0,16 \cancel{\text{ cal/g}} \cdot \text{ }^\circ\text{C} = \\ &= 80 \text{ cal/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Ejercicio resuelto

¿Qué cantidad de calor absorbe una masa de 50 g de acero que pasa de 50 °C hasta 140 °C?

$$c_{\text{acero}} = 0,12 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

Resolución

Datos:

$$m_{\text{acero}} = 50 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,05 \text{ Kg}$$

$$t_0 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f = 140 \text{ }^\circ\text{C}$$

Como siempre:

$$Q = m \cdot ce \cdot (t_f - t_0)$$

$$Q = 0,05 \text{ Kg} \cdot (0,12 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}) \cdot (140 - 50) \text{ }^\circ\text{C} =$$
$$= 0,54 \text{ Kcal}$$

Ejercicio resuelto

¿Cuánto calor es preciso aplicar a un iceberg de 1200 kg de masa que está a -40°C y pasa a -10°C .

$$C_{\text{eaguamar}} = 4,18 \text{ J/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Resolución

Datos:

$$m_{\text{iceberg}} = 1200 \text{ Kg} \cdot (1000 \text{ g/Kg}) = 1200000 \text{ g}$$

$$t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot ce \cdot (t_f - t_0)$$

$$\begin{aligned} Q &= 1200000 \text{ g} \cdot (4,18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot [-10 - (-40)] ^\circ\text{C} = \\ &= 150480000 \text{ J} \cdot (0,24 \text{ cal/J}) \cdot (1 \text{ Kcal}/1000 \text{ cal}) = \\ &= 36115,2 \text{ Kcal} \end{aligned}$$

Ejercicio resuelto

¿Cuál es la variación de temperatura que sufre una masa de 200 g de aluminio que absorbe 1.000 cal?

$c_{\text{aluminio}} = 0,215 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$

Resolución

Datos:

$$m_{\text{aluminio}} = 200 \text{ g}$$

$$Q = 1000 \text{ cal}$$

De:

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

Despejamos Δt :

$$\Delta t = Q/m \cdot c_e$$

$$\Delta t = 1000 \text{ cal} / [200 \text{ g} \cdot (0,215 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))] = 23,25 ^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

A 240 g de agua ($c_{\text{eagua}} = 1 \text{ cal} / \text{g} \cdot ^\circ\text{C}$) se calienta absorbiendo 200 W de energía en forma de calor. Determinar el tiempo necesario para que esta cantidad de agua experimente una variación de temperatura de 50 °C.

Resolución

Datos:

$$m_{\text{agua}} = 240 \text{ g}$$

$$\Delta t = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Para que el agua experimente la variación de temperatura mencionada necesita un aporte energético que viene dado por la ecuación:

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

Sustituyendo datos en la ecuación anterior:

$$\begin{aligned} Q &= 240 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}) \cdot 50 \text{ }^{\circ}\text{C} = 12000 \text{ cal} = \\ &= 12000 \text{ cal} \cdot (1 \text{ J}/0,24 \text{ cal}) = 50000 \text{ J} \end{aligned}$$

Estos Julios son aportados por una máquina que desarrolla una potencia de:

$$W = 200 \text{ w} = 200 \text{ J/s} \text{ (desarrolla un trabajo de 1 J por segundo)}$$

Los 50000 J necesitarán un tiempo de:

$$50000 \text{ J} \cdot (1 \text{ s}/200 \text{ J}) = 250 \text{ s} \cdot (1 \text{ min}/60 \text{ s}) = 4,16 \text{ min}$$

Ejercicio resuelto

Una masa de 30 g de cinc está a 120 °C y absorbió 1,4 kcal. ¿Cuál será la temperatura final?

$$C_{\text{cinc}} = 0,389 \text{ J/g} \cdot \text{oC}$$

Resolución

Datos:

$$m_{\text{cinc}} = 30 \text{ g}$$

$$t_o = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 1,4 \text{ Kcal} \cdot (1000 \text{ cal}/1 \text{ Kcal}) = 1400 \text{ cal} \cdot (1 \text{ J}/0,24 \text{ cal}) =$$
$$= 5833,33 \text{ J}$$

De la ecuación:

$$Q = m \cdot c_e (t_f - t_o)$$

Despejamos $(t_f - t_o)$:

$$(t_f - t_o) = Q / (m \cdot c_e) = 5833,33 \text{ J} / (30 \text{ g} \cdot 0,389 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}) =$$
$$= 499,85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$(t_f - t_o) = 499,85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f - 120 \text{ }^\circ\text{C} = 499,85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f = 499,85 \text{ }^\circ\text{C} + 120 \text{ }^\circ\text{C} = 619,85 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

Si para calentar 100 gramos de agua desde 20°C a 100°C se necesitan 5 minutos, ¿cuánto tiempo se necesitará para calentar 100 gramos de aceite el mismo intervalo de temperatura, utilizando el mismo foco calorífico? (Calor específico del aceite: $0,3 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$, $C_{\text{agua}} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$)

Resolución

Datos:

$$m_{\text{agua}} = 100 \text{ g}$$

$$t_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{aceite}} = 100 \text{ g}$$

$$t_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_f = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para el agua:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o) = 100 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}) \cdot (100 - 20) \text{ }^\circ\text{C} =$$
$$= 8000 \text{ cal}$$

El agua ha necesitado 5 min para ganar 8000 cal, la potencia de la maquina es:

$$P = W/t = 8000 \text{ cal}/5 \text{ min} = 1600 \text{ cal/min}$$

Para calentar el aceite utilizamos el mismo aparato (fuente de calor). El aceite debe ganar:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o) = 100 \text{ g} \cdot (0,3 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}) \cdot (100 - 20) \text{ }^\circ\text{C} =$$
$$= 2400 \text{ cal}$$

En función de la máquina:

$$2400 \text{ cal} \cdot (1 \text{ min}/1600 \text{ cal}) = 1,5 \text{ min}$$

Ejercicio resuelto

Calcular la masa de mercurio que pasó de 20 °C hasta 100 °C y absorbió 5.400 cal. $C_{\text{mercurio}} = 0,033 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

Resolución

Datos:

$$Q = 5400 \text{ cal}$$

$$t_o = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_f = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Recordemos:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o)$$

Despejamos la masa:

$$m = Q/c_e \cdot (t_f - t_o)$$

$$m = 5400 \text{ cal} / [(0,033 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}) \cdot (100 - 20) \text{ } ^\circ\text{C}]$$

$$m = 2045 \text{ g}$$

Ejercicio resuelto

Un muchacho alpinista de 60 kg de masa, comió durante el día de la ascensión por valor de 938 kcal. Suponiendo que solamente un 15 % de esa energía es transformable en energía mecánica, ¿qué altura podrá escalar nuestro alpinista?

Resolución

Datos:

$$m = 60 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{ganada}} = 15\% \text{ de } 938 \text{ kcal}$$

Mediante la alimentación el muchacho consiguió una energía transformable en energía mecánica:

$$938 \text{ Kcal}_{\text{alimentación}} \cdot \frac{15 \text{ Kcal}_{\text{energía mecánica}}}{100 \text{ Kcal}_{\text{alimentación}}} = 140,7 \text{ Kcal}_{\text{enerme}}$$

Estas calorías las utilizo para ascender una montaña. La energía mecánica (140,7 Kcal) las transformó en Energía Potencial:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

Pasaremos las Kcalorías a Julios:

$$140,7 \text{ Kcal} \cdot (1000 \text{ cal}/1 \text{ Kcal}) = 140700 \text{ cal}$$

$$140700 \text{ cal} \cdot (1 \text{ J}/0,24 \text{ cal}) = 586250 \text{ J}$$

$$E_p = 586250 \text{ J}$$

De la ecuación (1) despejamos la "altura":

$$h = E_p/(m \cdot g)$$

$$h = 586250 \text{ J}/(60 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) = 997,03 \text{ J}/(\text{Kg} \cdot \text{m/s}^2) =$$
$$= 997,03 \text{ J/N} = 997,03 \text{ m}$$

6.- Transferencia de Calor

Nuestro Sistema está constituido por dos cuerpos de distinta naturaleza, a diferente temperatura y que se ponen en contacto. El cuerpo que se encuentra a mayor temperatura cede energía en forma de calor al otro cuerpo a menor temperatura. Existe pues un cuerpo que gana energía y otro que pierde (cede) energía:

$$Q_{\text{ganado}} = m_1 \cdot ce_1 \cdot (t_f - t_1)$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_2 \cdot ce_2 \cdot (t_f - t_2)$$

El calor **CEDIDO** es igual al calor **GANADO** por lo que el balance total energético es **NULO**, es decir:

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

Lo que nos permite establecer la ecuación:

$$Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

Con esta ecuación establecemos el criterio de signos para el calor transmitido:

Qcedido (-)

Qganado (+)

La transferencia de calor tiene lugar hasta que los dos cuerpos se encuentran a la misma temperatura conocida como Temperatura de Equilibrio (t_e). Se cumple:

$$t_1 < t_e < t_2$$

Nos vamos a la ecuación (1):

$$m_1 \cdot c_{e1} \cdot (t_e - t_1) = - m_2 \cdot c_{e2} \cdot (t_e - t_2)$$

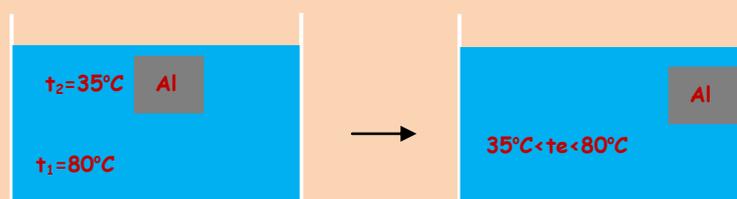
Ecuación que nos permite conocer la **Temperatura de Equilibrio (t_e)**.

Video: Transferencia de calor

<http://www.youtube.com/watch?v=go5tY-OC0ds>

Hagamos la siguiente experiencia: Mezclemos 500 mL de agua a 80°C con 10 gramos de aluminio a 35°C .

Dato: $c_{e\text{agua}} = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$, $c_{e\text{aluminio}} = 0,212 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$



El cuerpo que está a mayor temperatura (Agua) cede calor al que está a menor temperatura (Al). Esta transferencia continúa hasta llegar a la temperatura de equilibrio.

Se debe cumplir:

$$35^{\circ}\text{C} < t_e < 80^{\circ}\text{C}$$

Estas experiencias se realizan para el cálculo de los **calores específicos** de las sustancias químicas, y, se hacen en unos recipientes llamados **Calorímetros**, confeccionados de tal forma que la pérdida de calor con el exterior es mínima.

No podemos decir que sea realmente cierto que:

$$Q_{\text{cedido Agua}} = Q_{\text{ganado Al}}$$

El recipiente también recibe calor por lo tanto:

$$Q_{\text{cedido Agua}} = Q_{\text{ganado Al}} + Q_{\text{ganado Recipiente}}$$

Normalmente y si no se dice nada, se considera que todo el calor lo recibe el Aluminio. En otros casos no tan simples debemos conocer el **Equivalente en agua del calorímetro** (considerar el calorímetro como una masa de agua que ganaría una cantidad de energía).

Ejercicio resuelto

En un calorímetro que contiene 200 g de agua a 20 °C se introducen 300 g de agua a 80 °C alcanzándose el equilibrio térmico a la temperatura de 40 °C. Determinar el equivalente en agua del calorímetro.

Dato: $C_{\text{agua}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$

Resolución

$$m_{1\text{agua}} = 200 \text{ g}$$

$$t_{01\text{agua}} = 20^{\circ}\text{C}$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimizencia.es

$$m_{2\text{agua}} = 300 \text{ g}$$

$$t_{02\text{agua}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

El agua que está a mayor temperatura cede calor al agua que está a menor temperatura y al calorímetro que la contiene. Como no tenemos datos del calorímetro calcularemos la masa de agua equivalente al funcionamiento del calorímetro.

Se cumple que:

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{agua1}} + Q_{\text{ganado}}_{\text{calorímetro}} = - Q_{\text{cedido}}_{\text{aguamayortemperatura}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{agua1}} = m_1 \cdot c_e \cdot (t_e - t_{01})$$

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{calorímetro}} = m_{\text{equivalenteagua}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (t_e - t_{01})$$

El calorímetro y el agua que contiene se encuentran a la misma temperatura inicial.

$$Q_{\text{cedido}}_{\text{agua2}} = m_2 \cdot c_e \cdot (t_e - t_{02})$$

El calorímetro y el agua que contiene se encuentran a la misma temperatura inicial.

Nos vamos a (1)

$$m_1 \cdot c_e \cdot (t_e - t_{01}) + m_{\text{equivalenteagua}} \cdot c_e \cdot (t_e - t_{01}) = - m_2 \cdot c_e \cdot (t_e - t_{02})$$

$$\begin{aligned} 200 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) + m_{\text{equivalenteagua}} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = \\ = 300 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (t_e - 80^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$200 \cdot (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) + m_{\text{equivalenteagua}} \cdot (1/\text{g}) \cdot (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) =$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$= - 300 \cdot (40 \text{ }^\circ\text{C} - 80 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$4000 + 20 m_{\text{equivalente agua}} = 12000 \text{ g}$$

$$20 m_{\text{equivalente agua}} = 12000 \text{ g} - 4000 \text{ g} = 8000 \text{ g}$$

$$m_{\text{equivalente agua}} = 8000 \text{ g} / 20 = 400 \text{ g}$$

Ejercicio resuelto

Se tiene un recipiente que contiene 3 litros de agua a 20 °C. Se añaden 2 litros de agua a 60 °C. Calcular la temperatura de la mezcla.

DATO: $c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J / kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$, $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Resolución

Para conocer las masas de agua mezcladas deberemos aplicar el concepto de "densidad":

$$d = m/v$$

$$m_{\text{agua}} = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}}$$

$$V_1 = 3 \text{ L} \cdot (1 \text{ m}^3/1000 \text{ L}) = 0,003 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 2 \text{ L} \cdot (1 \text{ m}^3/1000 \text{ L}) = 0,002 \text{ m}^3$$

$$m_1 = d_{\text{agua}} \cdot V_1 = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot (1 \text{ m}^3/1000 \text{ L}) \cdot 3 \text{ L} =$$

$$= 3 \text{ Kg}$$

$$m_2 = d_{\text{agua}} \cdot V_2 = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (1 \text{ m}^3/1000 \text{ L}) \cdot 0,002 \text{ L} =$$

$$= 2 \text{ kg}$$

El agua que está a **mayor temperatura cederá** calor a la que **está a menor temperatura** provocando un aumento de la temperatura en esta última agua y una disminución de la temperatura en la primera hasta que se llega a una temperatura estable llamada **Temperatura de Equilibrio**.

Como vimos:

$$Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

$$Q = m \cdot ce \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_{\text{ganado}} = 3 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (te - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{cedido}} = 2 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (te - 60)^\circ\text{C}$$

Si nos vamos a (1):

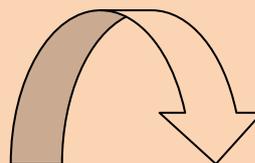
$$3 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (te - 20)^\circ\text{C} =$$

$$= - 2 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (te - 60)^\circ\text{C}$$

$$3 (te - 20) = - 2 (te - 60)$$

$$3 te - 60 = - 2 te + 120$$

$$5 te = 180 \quad ; \quad te = 180 / 5 = 36^\circ\text{C}$$



Ejercicio resuelto

Se mezclan 200 g de agua a 20 °C con 300 g de alcohol a 50 °C. Si el calor específico del alcohol es de 2450 J/kgK y el del agua 4180 J/kgK, calcular la temperatura final de la mezcla, a) Suponiendo que no hay pérdidas de energía. b) Calcular la energía perdida si la temperatura de la mezcla es de 30 °C.

Resolución

a)

El alcohol cede calor al agua ($t_{\text{alcohol}} > t_{\text{agua}}$)

$$m_{\text{agua}} = 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} = 0,2 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{alcohol}} = 300 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g} = 0,3 \text{ Kg}$$

$$t_{\text{oagua}} = 20 \text{ °C}$$

$$t_{\text{oalcohol}} = 50 \text{ °C}$$

$$t_{\text{fmezcla}} = t_{\text{fagua}} = t_{\text{falcohol}} = t_e$$

Recordemos:

$$Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (t_e - 20)$$

$$Q_{\text{ganado}} = 0,2 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg.°C} \cdot (t_e - 20)$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{alcohol}} \cdot c_{\text{ealcohol}} \cdot (t_e - 50)$$

$$Q_{\text{cedido}} = 0,3 \text{ Kg} \cdot 2450 \text{ J/Kg.°C} \cdot (t_e - 50)$$

Nos vamos a (1):

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$0,2 \text{ Kg} \cdot (4180 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}) \cdot (t_e - 20) ^\circ\text{C} =$$

$$= - 0,3 \text{ Kg} \cdot (2450 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}) \cdot (t_e - 50) ^\circ\text{C}$$

$$836 (t_e - 20) = - 735 (t_e - 50)$$

$$836 t_e - 16720 = - 735 t_e + 36750$$

$$836 t_e + 735 t_e = 36750 + 16720$$

$$1571 t_e = 403470$$

$$t_e = 53470/1571 = 34 ^\circ\text{C}$$

b)

El calor cedido por el alcohol es:

$$Q_{\text{cedido}} = - m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o) =$$

$$= - 0,3 \text{ Kg} \cdot 2450 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (34 - 50) ^\circ\text{C} =$$

$$= 11760 \text{ J (Cedidos)}$$

El valor de calor cedido por el alcohol sería de 11760 J (en valor absoluto)

Si la $t_e = 30 ^\circ\text{C}$ el calor cedido por el alcohol sería:

$$Q_{\text{cedido}} = - 0,3 \text{ Kg} \cdot 2450 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (30 - 50) ^\circ\text{C} = 14700 \text{ J}$$

Luego existiría una pérdida de energía de:

$$\Delta Q = Q_{\text{real}} - Q_{\text{imaginario}}$$

$$\Delta Q = 11760 \text{ J} - 14700 \text{ J}$$

$$\Delta Q = 11760 - 14700 = - 2940 \text{ J}$$

Ejercicio resuelto

Se añaden 100 g de Cu a una temperatura 100 °C en un recipiente de vidrio de 100 gramos de masa que contiene 80 gramos de agua a 20 oC. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla si el sistema se considera aislado?.

Cecobre = 0,0933 cal/g oC , Ceasgua = 1 cal/g .oC ;

Cevidrio = 0,199 cal/g oC

Resolución

Datos:

$$m_{\text{cobre}} = 100 \text{ g}$$

$$t_{\text{cobre}} = 100 \text{ °C}$$

$$m_{\text{vidrio}} = 100 \text{ g}$$

$$m_{\text{agua}} = 80 \text{ g}$$

$$t_{\text{agua}} = 20 \text{ °C}$$

La temperatura del recipiente de vidrio es la misma que la del agua que contiene:

$$t_{\text{vidrio}} = 20 \text{ °C}$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

El Cobre al estar a mayor temperatura cederá calor al agua y al recipiente de vidrio que lo contiene. Se cumple por tanto:

$$Q_{\text{ganadoagua}} + Q_{\text{ganadovidrio}} = - Q_{\text{cedidocobre}}$$

$$m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{agua}} (t_e - t_{o_{\text{agua}}}) + m_{\text{vidrio}} \cdot c_{\text{vidrio}} \cdot (t_e - t_{o_{\text{vidrio}}}) = \\ = - m_{\text{cobre}} \cdot c_{\text{cobre}} \cdot (t_e - t_{o_{\text{cobre}}})$$

$$80 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (t_e - 20 \text{ }^\circ\text{C}) + 100 \text{ g} \cdot 0,199 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (t_e - 20 \text{ }^\circ\text{C}) = \\ = - 100 \text{ g} \cdot 0,0933 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (t_e - 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$80 \cdot (t_e - 20 \text{ }^\circ\text{C}) + 19,9 \cdot (t_e - 20 \text{ }^\circ\text{C}) = - 9,33 \cdot (t_e - 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$80t_e - 1600 \text{ }^\circ\text{C} + 19,9t_e - 398 \text{ }^\circ\text{C} = - 9,33t_e + 933 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$80t_e + 19,9t_e + 9,33t_e = 933 \text{ }^\circ\text{C} + 1600 \text{ }^\circ\text{C} + 398 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$109,23t_e = 2931 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = 2931 \text{ }^\circ\text{C} / 109,23 = 26,83 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

En un calorímetro, de equivalente en agua de 20 g, tenemos 180 g de agua a la temperatura de 15 °C. Añadimos un bloque metálico de 500 g a la temperatura de 80 °C. Si la temperatura de equilibrio es de 19 °C determinar el calor específico del metal.

Dato: $C_{\text{agua}} = 1 \text{ cal /g} \cdot ^\circ\text{C}$

Resolución

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

Datos:

$$m_{\text{equivalente agua}} = 20 \text{ g}$$

$$m_{\text{agua}} = 180 \text{ g}$$

$$t_{\text{agua}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{metal}} = 500 \text{ g}$$

$$t_{\text{metal}} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_e = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

El bloque metálico al estar a mayor temperatura cederá calor al agua y al calorímetro que la contiene. Se cumple:

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{agua}} + Q_{\text{ganado}}_{\text{calorímetro}} = - Q_{\text{cedido}}_{\text{metal}}$$

$$m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot (T_e - t_{\text{agua}}) + m_{\text{equivalente agua}} \cdot c_{\text{e agua}} \cdot (t_e - t_{\text{agua}}) = - m_{\text{metal}} \cdot c_{\text{e metal}} \cdot (t_e - t_{\text{metal}})$$

$$m_{\text{equivalente agua}} = 20 \text{ g}$$

$$m_{\text{agua}} = 180 \text{ g}$$

$$t_{\text{agua}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{metal}} = 500 \text{ g}$$

$$t_{\text{metal}} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_e = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$180 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (19-15)^{\circ}\text{C} + 20 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (19-15)^{\circ}\text{C} =$$

$$= - 500 \text{ g} \cdot c_{\text{e metal}} \cdot (19-80)^{\circ}\text{C}$$

$$720 \text{ cal} + 80 \text{ cal} = 30500 c_{\text{e metal}} \text{ g} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$800 \text{ cal} = 30500 c_{\text{e metal}} \cdot \text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{e metal}} = 800 \text{ cal} / 30500 \text{ g} \cdot ^{\circ}\text{C} = 0,026 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Ejercicio resuelto

En un experimento se suministran 5820 J de energía en forma de calor y esto eleva la temperatura de un bloque de aluminio 30 °C. Si la masa del bloque de aluminio es de 200 g, ¿cuál es el valor del calor específico del aluminio?

Resolución

$$Q_{\text{cedido}} = 5820 \text{ J}$$

$$\Delta t_{\text{Al}} = 30 \text{ °C}$$

$$m_{\text{Al}} = 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g} = 0,2 \text{ Kg}$$

Sabemos que:

$$Q_{\text{cedido}} = m \cdot ce \cdot \Delta t$$

$$5820 \text{ J} = 0,2 \text{ Kg} \cdot ce \cdot 30 \text{ °C}$$

$$ce = 5820 \text{ J} / 0,2 \text{ Kg} \cdot 30 \text{ °C} ; ce = 870 \text{ J/Kg.°C}$$

Problema resuelto

Cuál será la temperatura final de equilibrio cuando 10 g de leche a 10°C se agregan a 60 g de café a 90°C ?. Suponga que las capacidades caloríficas de los líquidos son iguales a la del agua y desprecie la capacidad calorífica del recipiente.

Resolución

Datos:

$$Q_{\text{cedidocafé}} = m_{\text{café}} \cdot ce \cdot (t_f - t_o)$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$m_{\text{café}} = 60 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,06 \text{ Kg}$$

$$t_{0\text{café}} = 90 \text{ °C}$$

$$Q_{\text{ganadoleche}} = m_{\text{leche}} \cdot c_e \cdot (T_f - t_0)$$

$$m_{\text{leche}} = 10 \text{ g} \cdot (1 \text{ kg}/1000 \text{ g}) = 0,01 \text{ Kg}$$

$$t_{0\text{leche}} = 10 \text{ °C}$$

Recordemos que:

$$Q_{\text{ganadoleche}} = - Q_{\text{cedidocafé}}$$

$$m_{\text{leche}} \cdot C_{e\text{leche}} \cdot (T_f - T_0) = - m_{\text{café}} \cdot C_{e\text{café}} \cdot (T_f - t_0) \quad (1)$$

Según enunciado:

$$C_{e\text{leche}} = C_{e\text{café}}$$

Sustituimos datos en (1)

$$0,01 \text{ Kg} \cdot C_{e\text{leche}} \cdot (T_f - 10 \text{ °C}) = - 0,06 \text{ Kg} \cdot C_{e\text{café}} \cdot (T_f - 90 \text{ °C})$$

$$0,01 \cdot (T_f - 10 \text{ °C}) = - 0,06 (T_f - 90 \text{ °C})$$

$$0,01T_f - 0,1 \text{ °C} = - 0,06T_f + 5,4 \text{ °C}$$

$$0,01T_f + 0,06T_f = 5,4 \text{ °C} + 0,1 \text{ °C}$$

$$0,07T_f = 5,5 \text{ °C}$$

$$T_f = 5,5 \text{ °C}/0,07 = 78,57 \text{ °C}$$

Problema resuelto

Un estudiante de física desea medir la masa de una vasija de cobre de una manera muy particular. Para ello, vierte 5 Kg de agua a 70 °C en el recipiente, que inicialmente estaba a 10 °C. Luego encuentra que la temperatura final del agua (suponemos que estaba en un ambiente aislado) y de la vasija es de 66 °C. A partir de esa información, determine la masa de la vasija.

Resolución

DATOS:

$$T_{\text{vasija}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J / Kg} \cdot \text{K}$$

$$c_{\text{cobre}} = 385 \text{ J / kg} \cdot \text{K}$$

$$m_{\text{agua}} = 5 \text{ Kg}$$

$$t_{\text{agua}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_e = 66 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Por el dato de las temperaturas, el **agua cede calor al cobre**.

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{cobre}} \cdot c_{\text{cobre}} \cdot (t_f - t_o)$$

Se debe cumplir:

$$Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{cobre}} \cdot 385 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (66 - 10)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{cedido}} = 5 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (66 - 70)$$

Si nos vamos a (1):

$$m_{\text{cobre}} \cdot 385 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 56 \text{ } ^\circ\text{C} = - 5 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (-4) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$21560 \text{ J/Kg} \cdot m_{\text{cobre}} = 83600 \text{ J}$$

$$m_{\text{cobre}} = 83600 \text{ J} / 21560 \text{ (J/Kg)}$$

$$m_{\text{cobre}} = 3,87 \text{ Kg}$$

Ejercicio resuelto

La madre de una niña le dice que llene la bañera para que tome un baño. La niña solo abre la llave del agua caliente y se vierten 95 litros de agua a 60°C en la tina. Determine cuantos litros de agua fría a 10°C se necesitan para bajar la temperatura hasta 40°C. Dagua = 1000 Kg/m³

Resolución

$$V_{1\text{aguacaliente}} = 95 \text{ L}$$

$$d = m/V$$

$$95 \text{ L} \cdot (1 \text{ m}^3/1000 \text{ L}) = 0,095 \text{ m}^3$$

$$m_{1\text{aguacaliente}} = d \cdot V_1 = (1000 \text{ Kg/m}^3) \cdot (0,095 \text{ m}^3) = 95000 \text{ Kg}$$

$$t_{0\text{aguacaliente}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{0\text{aguafría}} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_e = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_{2\text{aguafría}} = ?$$

Como siempre, el agua caliente cede calor al agua fría.

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{aguafría}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (40 - t_0) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{aguafría}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (40 - 10) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{aguacaliente}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (t_f - t_0)$$

$$Q_{\text{cedido}} = 95 \text{ Kg} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (40 - 60) \text{ } ^\circ\text{C}$$

Nos vamos a (1):

$$m_{\text{aguafría}} \cdot c_{\text{eagua}} (40 - 10)^\circ\text{C} = - 95 \text{ Kg} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (40 - 60) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{aguafría}} \cdot 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 1900 \text{ Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{aguafría}} = 1900 \text{ Kg} \cdot ^\circ\text{C} / 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 63,33 \text{ Kg}$$

$$d = m/V$$

$$V = m/d = 63,33 \text{ Kg} / (1000 \text{ Kg}/\text{m}^3) = 0,0633 \text{ m}^3$$

$$0,06333 \text{ m}^3 (1000 \text{ L}/\text{m}^3) = 63,33 \text{ L}$$

Ejercicio resuelto

Se pone en contacto 500 g de agua a 10 °C con 500 g de hierro a 90° C. Calcula la temperatura a la que se produce el equilibrio térmico.

Datos: Hierro $c_e = 0.489 \text{ J}/\text{g} \cdot \text{K}$.

Agua $C_e = 4180 \text{ J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$

Resolución

Datos:

$$m_{\text{agua}} = 500 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,5 \text{ Kg}$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$t_{\text{agua}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{Hierro}} = 500 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,5 \text{ Kg}$$

$$t_{\text{Hierro}} = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

El Hierro cede calor al agua:

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{agua}} \cdot ce \cdot (te - 10 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{Hierro}} \cdot ce \cdot (te - 90 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

Se cumple que:

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

$$\text{Hierro } ce = 450 \text{ J/Kg} \cdot \text{K.}$$

$$\text{Agua } ce = 4180 \text{ J /Kg} \cdot \text{K}$$

$$0,5 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot \text{K} \cdot (te - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}) =$$

$$= - 0,5 \text{ Kg} \cdot 450 \text{ J/Kg} \cdot \text{K} \cdot (te - 90 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

NOTA:

En los calores específicos la temperatura viene en grados Kelvin (K) pero podemos utilizar el calor específico como si fuera temperatura centígrada ($^{\circ}\text{C}$).

$$0,5 \cdot 4180 \cdot (te - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}) = - 0,5 \cdot 450 \cdot (te - 90 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$2090 te - 20900 \text{ }^{\circ}\text{C} = -225te + 20250 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$2090te + 225te = 20250 \text{ }^{\circ}\text{C} + 20900 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$2315t_e = 41150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_e = 41150 \text{ } ^\circ\text{C} / 2315 = 17,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

Determinar la masa de agua a 10°C que puede ser elevada a 70°C por una masa de vapor de agua de 600 g a 100°C .

DATO: $C_{e_{\text{vaporagua}}} = 1960 \text{ J/Kg.K}$; $C_{e_{\text{agua}}} = 4180 \text{ J /Kg.K}$

Resolución

$$m_{\text{vaporagua}} = 600 \cancel{\text{ g}} \cdot (1 \text{ Kg} / 1000 \cancel{\text{ g}}) = 0,6 \text{ Kg}$$

El vapor de agua pasará de 100°C a 70°C y por lo tanto cederá calor al agua aumentando su temperatura hasta 70°C

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{vaporagua}} \cdot C_{e_{\text{vaporagua}}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_{\text{cedido}} = 0,6 \text{ Kg} \cdot 1960 \text{ J/Kg.}^\circ\text{C} \cdot (70 - 100) \text{ } ^\circ\text{C} = -35280 \text{ J}$$

$$Q_{\text{ganado}} = m_{\text{agua}} \cdot C_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_f - t_o)$$

Se cumple:

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

$$-(- 35280 \text{ J}) = m_{\text{agua}} \cdot 4180 \text{ J/Kg.}^\circ\text{C} \cdot (70 - 10) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$35280 \text{ J} = m_{\text{agua}} \cdot 250800 \text{ J/Kg}$$

$$m_{\text{agua}} = 35280 \cancel{\text{ J}} / 250800 \cancel{\text{ (J/Kg)}} = 0,140 \text{ Kg}$$

Ejercicio resuelto

En 3 litros de agua pura a la temperatura de 10°C introducimos un trozo de hierro de 400 g que está a la temperatura de 150°C. Que temperatura adquirirá el conjunto?. Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 4180 \text{ J/Kg K}$; $C_e(\text{hierro}) = 489,06 \text{ J/Kg K}$. $D_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Resolución

Datos:

$$3 \text{ L} \cdot (1 \text{ m}^3/1000 \text{ L}) = 0,003 \text{ m}^3$$

$$d = m/V$$

$$1000 \text{ Kg/m}^3 = m / 0,003 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,003 \text{ m}^3 = 3 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{Hierro}} = 400 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,4 \text{ Kg}$$

El Hierro cede calor al agua.

Se cumple que:

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

$$Q_{\text{ganado}} = 3 \text{ Kg} \cdot 4189 \text{ J/Kg.K} \cdot (t_e - 10 \text{ oC})$$

$$Q_{\text{cedido}} = 0,4 \text{ Kg} \cdot 489,06 \text{ J/Kg K} \cdot (t_e - 150 \text{ °C})$$

$$3 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg.K} \cdot (t_e - 10 \text{ °C}) =$$

$$= - 0,4 \text{ Kg} \cdot 489,06 \text{ J/Kg K} \cdot (t_e - 150 \text{ °C})$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$3 \cdot 4180 \cdot (t_e - 10 \text{ }^\circ\text{C}) = - 0,4 \cdot 489,06 \cdot (t_e - 150 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$12540t_e - 125400 \text{ }^\circ\text{C} = - 195,62t_e + 29343,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$12540t_e + 195,62t_e = = 29343,6 \text{ }^\circ\text{C} + 125400 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$12735,62t_e = 154743,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = 154743,6 \text{ }^\circ\text{C} / 12735,62 = 12,15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

En un experimento se suministran 5 820 J de energía en forma de calor y esto eleva la temperatura de un bloque de aluminio 30 °C. Si la masa del bloque de aluminio es de 200 g, ¿cuál es el valor del calor específico del aluminio?

Resolución

Datos:

$$Q_{\text{aportado}} = 5820 \text{ J}$$

$$\Delta t_{\text{Al}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{aluminio}} = 200 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,2 \text{ Kg}$$

Recordemos:

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

$$5820 \text{ J} = 0,2 \text{ Kg} \cdot c_e \cdot 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_e = 5820 \text{ J} / (0,2 \text{ Kg} \cdot 30 \text{ }^\circ\text{C}) = 970 \text{ J/Kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

Un calorímetro de 55 g de cobre contiene 250 g de agua a 18 °C. Se introduce en él 75 g de una aleación a una temperatura de 100 °C, y la temperatura resultante es de 20,4 °C. Hallar el calor específico de la aleación. El calor específico del cobre vale 0,093 cal/g °C

Resolución

DATOS:

 $C_{\text{agua}} = 4180 \text{ J/Kg.K}$ $C_{\text{cobre}} = 0,093 \text{ cal /g . } ^\circ\text{C}$

$$m_{\text{calorímetro}} = 55 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g}) = 0,055 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{agua}} = 250 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g}) = 0,250 \text{ Kg}$$

$$t_{\text{oagua}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{aleación}} = 75 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g}) = 0,075 \text{ Kg}$$

$$t_e = 20,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{cobre}} = 0,093 \cdot \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} =$$

$$= 387,5 \text{ J/Kg . } ^\circ\text{C}$$

 $C_{\text{aleación}}?$

Quando introducimos la aleación al calorímetro, ésta cederá calor al agua del calorímetro y al propio calorímetro.

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimizencia.es

Se cumple:

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

$$Q_{\text{ganadoagua}} + Q_{\text{ganadocalorímetro}} = - Q_{\text{cedidoaleación}}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (t_e - t_o) + m_{\text{cobre}} \cdot c_{\text{cobre}} \cdot (t_e - t_o) = \\ = - m_{\text{aleación}} \cdot c_{\text{aleación}} \cdot (t_e - t_o) \end{aligned}$$

El agua y el cobre del calorímetro se encuentran a la misma temperatura inicial.

$$\begin{aligned} 0,250 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (20,4 - 18)^\circ\text{C} + \\ + 0,055 \text{ Kg} \cdot 387,5 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (20,4 - 18)^\circ\text{C} = \\ = - 0,075 \text{ Kg} \cdot ce \cdot (20,4 - 100)^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$2508 \text{ J} + 51,15 \text{ J} = 5,97 \text{ Kg} \cdot ce \cdot ^\circ\text{C}$$

$$2559,15 \text{ J} = 5,97 \cdot ce \cdot \text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$ce = 2559,15 \text{ J} / 5,97 \text{ Kg} \cdot ^\circ\text{C} = 428,7 \text{ J} / \text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

Un lingote de 100 g de oro a la temperatura de 75,5 °C, se introducen en un calorímetro (equivalente en agua 12 gramos) que contiene 490 gramos de agua a 25 °C. La temperatura de equilibrio térmico.

Calores específicos: Oro: 0,031 cal/g °C. Agua: 1 cal/g . oC

Resolución

Datos:

$$m_{\text{oro}} = 100 \text{ g}$$

$$t_{\text{oro}} = 75,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$E_{\text{aguacalorímetro}} = 12 \text{ g}$$

$$m_{\text{agua}} = 490 \text{ g}$$

$$t_{\text{agua}} = t_{\text{calorímetro}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_{e_{\text{oro}}} = 0,031 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$C_{e_{\text{agua}}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

El calorímetro se comporta como una masa de agua de 12 g.

El Oro, al tener mayor temperatura, cederá calor al agua y al calorímetro.

Se cumple:

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{agua}} + Q_{\text{ganado}}_{\text{calorímetro}} = - Q_{\text{cedido}}_{\text{oro}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_{\text{agua}})$$

$$Q_{\text{ganado}}_{\text{calorímetro}} = m_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_{\text{agua}})$$

$$Q_{\text{cedido}}_{\text{oro}} = - m_{\text{oro}} \cdot c_{e_{\text{oro}}} \cdot (t_e - t_{\text{oro}})$$

Nos vamos a (1):

$$m_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_{\text{agua}}) + m_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_{\text{agua}}) =$$

$$= - m_{\text{oro}} \cdot c_{e_{\text{oro}}} \cdot (t_e - t_{\text{oro}})$$

Sustituimos datos:

$$100 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (t_e - 25^\circ\text{C}) + 12 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) (t_e - 25^\circ\text{C}) =$$

$$= - 100 \text{ g} \cdot (0,031 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) (t_e - 75,5^\circ\text{C})$$

$$100 \cdot (t_e - 25^\circ\text{C}) + 12 \cdot (t_e - 25^\circ\text{C}) = - 3,1 \cdot (t_e - 75,5^\circ\text{C})$$

$$100 t_e - 2500^\circ\text{C} + 12 t_e - 300^\circ\text{C} = - 3,1 t_e + 234,05^\circ\text{C}$$

$$100 t_e + 12 t_e + 3,1 t_e = 234,5^\circ\text{C} + 2500^\circ\text{C} + 300^\circ\text{C}$$

$$115,1 t_e = 3034,05^\circ\text{C}$$

$$t_e = 3034,95^\circ\text{C} / 115,1 = 26,36^\circ\text{C}$$

7.- Transferencias de Calor en los Cambios de Estado

Necesitamos recordar algunos conceptos sobre la **MATERIA** para poder proseguir con el Tema.

Estados de Agregación de la Materia

<http://www.monografias.com/trabajos81/estados-agregacion-materia-estado-gaseoso/estados-agregacion-materia-estado-gaseoso.shtml>

Estados de agregación de la materia

http://arquimedes.matem.unam.mx/Vinculos/Secundaria/2_segundo/2_Fisica/2f_b03_t02_s02_descartes/doc/info.html

Estudio de la Materia. Estados de agregación. Cambios de Estado

http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema2/index2.htm

Sabemos que la **Materia** (todo aquello que ocupa un espacio y tiene masa) está **constituida por compuestos químicos** los cuales a su vez se constituyen por la **unión de átomos, iones o moléculas**. La unión entre átomos, iones y moléculas se produce mediante las llamadas **Fuerzas de Cohesión** que imprimen carácter propio a los diferentes estados en los cuales se presenta la **Materia** en la Naturaleza.

La **Materia** en la Naturaleza se presenta en **tres Estados de Agregación**:

- a) **Estado sólido**
- b) **Estado líquido**
- c) **Estado gas**

Existe un cuarto estado de agregación llamado **Plasma** pero se nos escapa de nuestro nivel.

Video. Materia

<http://www.youtube.com/watch?v=c4EP-7cbpQY>

En el estado **Sólido**, los átomos, iones o moléculas se encuentran unidos por unas **Fuerzas de Cohesión** muy elevadas, lo que imprime unas características propias a este Estado:

- a) Las fuerzas tan elevadas solo permiten una pequeña vibración de las unidades estructurales por lo que presentan **Volumen fijo**
- b) Por la misma razón anterior tienen **Forma fija**.
- c) **No se pueden comprimir**
- d) **No fluyen por si mismos**

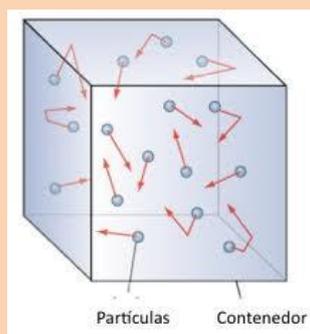
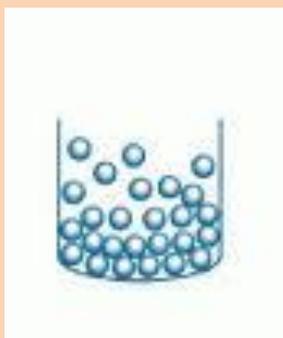


En el caso del estado **Líquido**, las fuerzas de cohesión se han **Reducido** un poco, en comparación con las existentes en el estado **Sólido**, las unidades estructurales se mueven con mayor libertad y aparecen las características de este **Estado**:



- a) No tienen **Forma** fija
- b) Tienen **Volumen** fijo
- c) Son muy poco **Compresibles**
- d) Se **difunden** y **fluyen** por sí mismos

En el **Estado Gas**, las **Fuerzas de Cohesión** son muy **Débiles** o **no existen**. Las moléculas de los gases tienen plena libertad de movimiento y aparecen las propiedades del **Estados gas**:



- a) Ocupan todo el **Volumen** del recipiente que los contiene
- b) No tienen **Forma** fija.
- c) Son fácilmente **Compresibles**
- d) Se **difunden** y **mezclan** con otros gases.

Si rompemos estas **Fuerzas de Cohesión** podremos ir pasando de un estado a otro de la materia. Para romper estas **Fuerzas de Cohesión** es **NECESARIO APORTAR ENERGÍA AL SISTEMA**. Energía que aportaremos en forma de **Calor** y entonces entroncamos con nuestro Tema actual.

Con el aporte energético podemos producir los llamados **Cambios de Estado**.

Video: Cambios de Estado de la Materia

<https://www.youtube.com/watch?v=KAc3dR6mD0s&t=163s>

Cambios de Estado

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/estados/cambios.htm

Cambios de Estado

http://www.salonhogar.com/ciencias/fisica/estados_materia/cambios_estados.htm

7.1.- Diferentes Cambios de Estado

7.1.1.- Fusión y solidificación

Cuando se comunica calor a un sólido cristalino, su temperatura aumenta progresivamente y al alcanzar un determinado valor se produce la transición o cambio de estado del estado sólido al líquido que denominamos fusión. Las Fuerzas de Cohesión van disminuyendo, las moléculas tienen mayor movilidad, alcanzan niveles de energía superiores y establecemos las condiciones para que se produzca el cambio estado. El cambio de estado se verifica a una temperatura que se mantiene constante hasta que el sólido se ha fundido (pase a estado líquido) totalmente.

El incremento de temperatura da lugar a un aumento en la amplitud de las vibraciones de las partículas en la red, que termina por romper los enlaces y producir la fusión. Una vez que se alcanza la energía de vibración correspondiente a la temperatura de fusión, el calor recibido se emplea en romper nuevos enlaces, de ahí que se mantenga constante la temperatura durante el proceso.

La **solidificación** es la transición de **líquido** a **sólido** que se produce de forma inversa a la fusión, con cesión de calor. Cualquiera que sea la sustancia considerada la temperatura de transición entre dos estados de la materia es el mismo independientemente del sentido de la transformación. La disminución progresiva de la temperatura del líquido hace que

en las proximidades del punto de solidificación las fuerzas de enlace vayan imponiendo progresivamente su orden característico.

Video: **Fusión**

https://www.youtube.com/watch?v=CcAw_I3LUaA

Video: **Solidificación**

<https://www.youtube.com/watch?v=fx5zlrQ-OHc&t=50s>

7.1.2.- Vaporización y Condensación

La **vaporización** es el paso de una sustancia del estado **líquido** al estado de **vapor** o **estado gaseosa**. La **condensación** es la transición de **sentido contrario**. Cuando la **vaporización** se efectúa en el **aire** recibe el nombre de **evaporación**. La **evaporación** afecta principalmente a las moléculas de la superficie del líquido.

El **aumento de temperatura activa este proceso de Evaporación**. Cuando el proceso actúa sobre todo el líquido, se produce una **Evaporación Tumultuosa**. Esta forma tumultuosa de vaporización se denomina **Ebullición**.

Todo proceso de vaporización implica la absorción de calor por parte del líquido respecto del entorno. La absorción de energía proporciona mayor energía al líquido, las moléculas se mueven con mayor facilidad estableciéndose las condiciones idóneas para el cambio de estado.

La **condensación** como transición de vapor a líquido se lleva a efecto **invirtiendo las condiciones que favorecen la vaporización**. El aumento de temperatura de un líquido provoca su vaporización e, inversamente, el **enfriamiento del vapor favorece su condensación**.

Video: **Vaporización**

<https://www.youtube.com/watch?v=2LQtQnW0a4I&t=44s>

Video: **Condensación**

<https://www.youtube.com/watch?v=J5MsjXOr6-E&t=56s>

7.1.3.- Sublimación

Aunque es un fenómeno poco frecuente a la temperatura y presión ordinarias, algunas sustancias como el yodo o el alcanfor pueden transformarse directamente de **sólido** a **vapor** sin necesidad de pasar por la fase **intermedia de líquido**. A tal fenómeno se le denomina **Sublimación**.

La **transición** o **cambio de estado de sentido inverso** se denomina de igual manera, por ello a veces se distinguen ambas llamando a la primera **sublimación progresiva** y a la segunda **sublimación regresiva**.

El fenómeno de la **Sublimación** sólo es reproducible, para la mayor parte de las sustancias, en el laboratorio. Necesita un aporte energético, para que igual que en los casos anteriores, las moléculas alcancen los niveles energéticos para el cambio de estado.

Video: **Sublimación y Sublimación Inversa**

<https://www.youtube.com/watch?v=IBM7AUQIUyQ&t=84s>

7.2.- Calor Latente

Durante un **Cambio de Estado** la **temperatura permanece CONSTANTE**.

El **calor** que recibe un cuerpo o sustancia durante el proceso de un **cambio de estado NO es utilizado para aumentar la temperatura del cuerpo**, se utiliza para hacer posible el cambio de estado. Este **calor** se conoce como **Calor Latente**.

Existen **calores latentes** de **sublimación (L_s)**, **fusión (L_f)** y **vaporización (L_v)**.

Si se hierve agua en un recipiente abierto a la presión de 1 atmósfera, la temperatura no aumenta por encima de los 100 °C por mucho calor que se suministre. El calor que se absorbe sin cambiar la temperatura del agua es el **calor latente**. Cuando el **vapor se condensa** para formar **agua**, esta **energía vuelve a liberarse**. Del mismo modo, si se **calienta** una mezcla de **hielo y agua**, su **temperatura no cambia** hasta que se **funde todo el hielo**. El calor latente absorbido se emplea para vencer las fuerzas que mantienen unidas las partículas de hielo, y se almacena como energía en el agua.

Para calcular el calor latente se usa la fórmula:

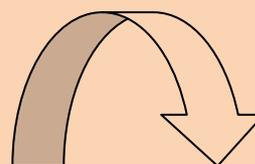
$$Q = m \cdot L$$

Donde

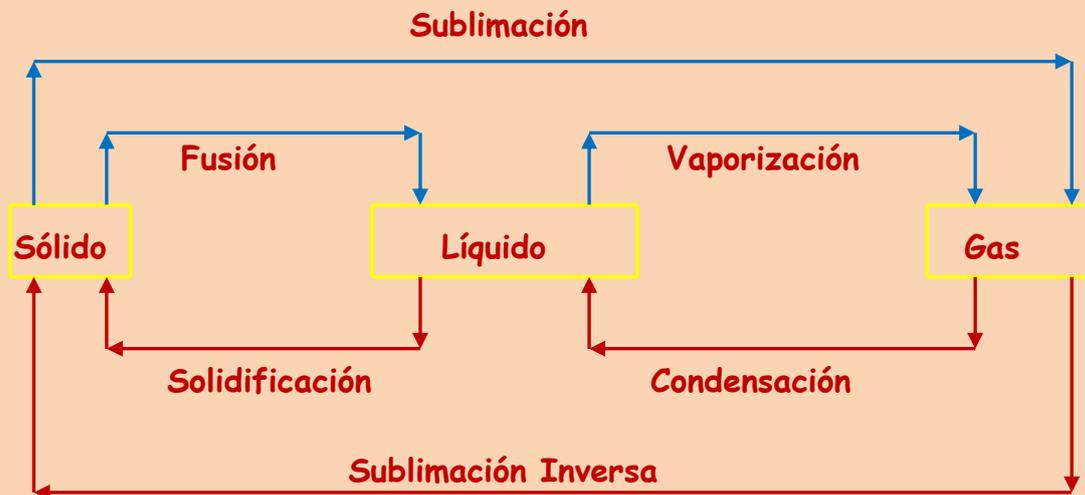
Q: cantidad de calor (cal o J)

m: masa (g o kg)

L: calor latente (cal/g o J/kg)



En el diagrama adjunto se ponen de manifiesto todos los cambios de estado directos e inversos:



Ejercicio resuelto

Queremos transformar 50 gramos de hielo a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vapor de agua a $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obtener el resultado en KJ.

DATOS:

$$c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J/Kg} \cdot \text{K} \quad ; \quad c_{\text{hielo}} = 0,5 \text{ cal} / \text{g} \cdot \text{K}$$

$$c_{\text{vaporagua}} = 1960 \text{ J} / \text{kg} \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Calor latente de fusión del agua}(L_f) = 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$$

$$\text{Calor latente de vaporización del}(L_v) \text{ agua} = 540 \text{ cal/g}$$

Resolución

$$m_{\text{Hielo}} = 50 \text{ g}$$

$$t_{0_{\text{Hielo}}} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{f_{\text{vaporagua}}} = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$$

El primer problema con el que nos encontramos son las unidades de las magnitudes que vamos a utilizar. Para resolver este inconveniente vamos a trabajar en el S.I.:

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$m = 50 \cancel{\text{g}} \cdot \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \cancel{\text{g}}} = 0,050 \text{ Kg}$$

$$c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J/ Kg} \cdot \text{K}$$

Es importante poner de manifiesto que en los c_e la temperatura, en las tablas de c_e , viene en **K** pero trabajamos como si fueran **°C**.

$$c_{\text{hielo}} = 0,5 \frac{\cancel{\text{cal}}}{\cancel{\text{g}} \cdot \text{°C}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \cancel{\text{cal}}} \cdot \frac{1000 \cancel{\text{g}}}{1 \text{ Kg}} =$$
$$= 2,83 \cdot 10^3 \text{ J / Kg} \cdot \text{°C}$$

$$L_v = 540 \frac{\cancel{\text{cal}}}{\cancel{\text{g}}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \cancel{\text{cal}}} \cdot \frac{1000 \cancel{\text{g}}}{1 \text{ Kg}} =$$
$$= 2,25 \cdot 10^6 \text{ J/Kg}$$

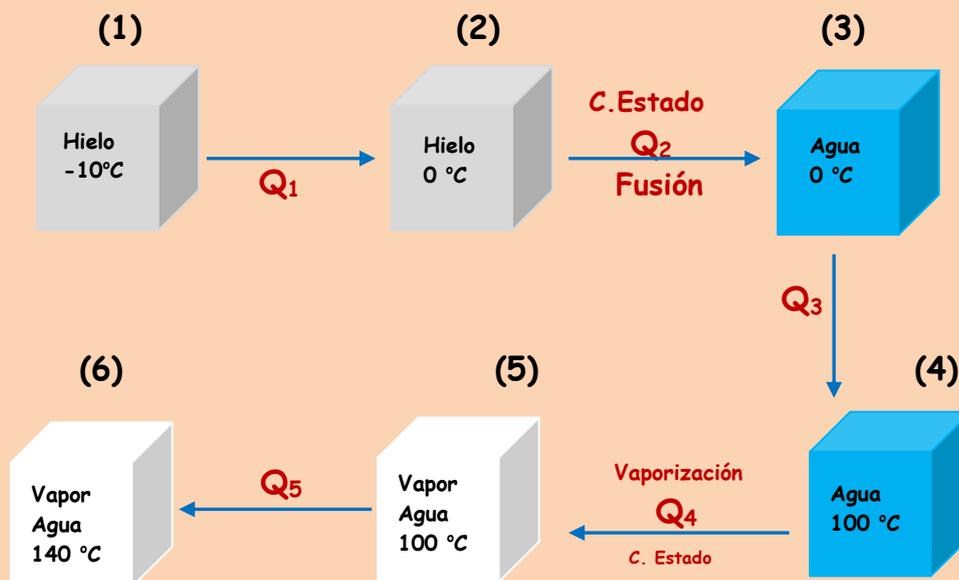
El proceso no podemos realizarlo directamente, tenemos que ir suministrando energía calorífica poco a poco para que se produzcan los **cambios de estado** implicados en la **experiencia** del ejercicio y llegar de un estado **sólido** (hielo) a un estado **gas** (vapor de agua).

Recordemos que la temperatura de fusión del agua es de 0°C y la de ebullición 100 °C.

Tenemos que realizar las siguientes etapas, con los correspondientes aportes energéticos:

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es



Para poder transformar hielo a -10°C a vapor de agua a 140°C debemos realizar los pasos reflejados en el esquema anterior que como podéis ver implica 5 adiciones de energía calorífica. El valor energético total viene dado por la ecuación:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (1)$$

Estudiamos el balance energético correspondiente a cada una de las etapas:

Etapas de (1) a (2):

Nos encontramos con una **estructura cristalina sólida**. En ella las moléculas de agua vibran muy poco alrededor de su posición de equilibrio. Si queremos que dichas moléculas de agua se muevan con mayor facilidad, lo que implica mayor

velocidad, aplicaremos al **Sistema** (HIELO -10 °C) la energía Q_1 . Su valor viene dado por la ecuación:

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_1 = 0,050 \text{ Kg} \cdot (2,83 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot [0 - (-10)]^\circ\text{C} =$$
$$= 1415 \text{ J}$$

Etapas (2) a (3):

La temperatura permanece constante lo que significa que se está produciendo un **cambio de estado**. La energía requerida para este cambio, Q_2 , viene dada por la ecuación:

$$Q_2 = m \cdot L_f$$

m = permanece constante durante todo el proceso

L_f = Calor latente de fusión

Al aportar la energía calorífica Q_2 el entramado cristalino se va disipando y podremos pasar al estado líquido. Hasta que el último cristal del sólido desaparezca **No cambiará la temperatura**.

Valor de Q_2 :

$$Q_2 = m \cdot L_f$$

$$Q_2 = 0,050 \text{ Kg} \cdot (334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}) = 16700 \text{ J}$$

Etapa (3) a (4):

El agua pasará de °C a 100°C. Se trata de un aumento muy grande de temperatura por lo que el aporte energético también será muy elevado.

Antes de aplicar la ecuación es importante resaltar que la masa de agua es igual a la masa de hielo.

$$Q_3 = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_3 = 0,050 \text{ Kg} \cdot (4180 \text{ J/Kg} \cdot \text{°C}) \cdot (100 - 0) \text{°C} =$$

$$= 20900 \text{ J}$$

Etapa (4) a (5):

Temperatura constante → Cambio de estado

$$Q_4 = m_{\text{agua}} \cdot L_v$$

$$Q_4 = 0,050 \text{ Kg} \cdot 2,25 \cdot 10^6 \text{ J/Kg} = 112500 \text{ J}$$

Etapa de (5) a (6):

$$Q_5 = m_{\text{vaporagua}} \cdot c_{\text{vaporagua}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$m_{\text{hielo}} = m_{\text{agua}} = m_{\text{vaporagua}}$$

$$Q_5 = 0,050 \text{ Kg} \cdot 1960 \text{ J / Kg} \cdot \text{°C} \cdot (140 - 100) \text{°C} =$$

$$= 3920 \text{ J}$$

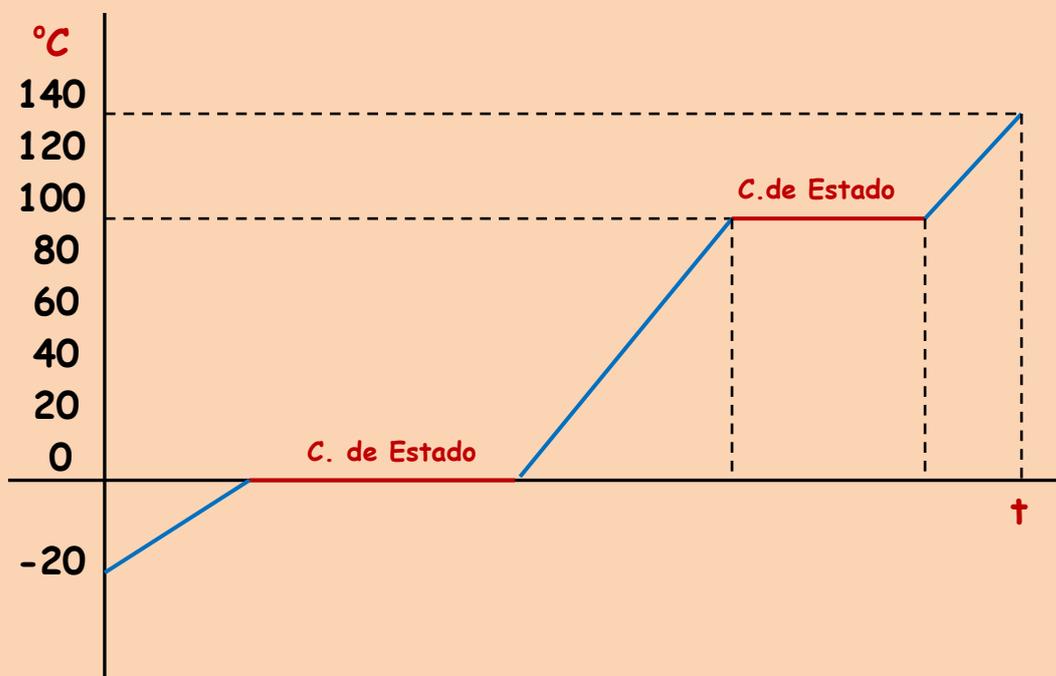
Conocidos los calores aportados en cada una de las etapas nos vamos a la ecuación (1) y sustituimos datos:

$$QT = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (1)$$

$$= 1415 \text{ J} + 16700 \text{ J} + 20900 \text{ J} + 112500 \text{ J} +$$

$$+ 3920 \text{ J} = 155435 \text{ J}$$

Toda esta experiencia se podría representar mediante la llamada **Curva de Calentamiento del Agua**. Se trata de llevar a unos ejes de coordenadas los aumentos de la temperatura con el tiempo utilizado y en donde podemos observar los intervalos de tiempo en donde se produce un **Cambio de Estado** así como la **Temperatura** a la cual se está realizando:



Podemos observar como en las etapas de (2) a (3) y de (4) a (5) la **temperatura permanece constante**.

Ejercicio resuelto

Calcular la energía que hay que darle a 500 g de hielo a -5°C para que pase a agua líquida a 40°C .

Datos: $C_{\text{hielo}} = 0,5 \text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$; $C_{\text{agua}} = 1 \text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$.

Calor latente de fusión del agua (L_f) = $334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$

Resolución

Las etapas que se deben realizar son:



Para no complicar el problema podemos trabajar con las unidades que tenemos. Debemos transformar el L_f :

$$\begin{aligned}
 (L_f) &= 334 \cdot 10^3 \cancel{\text{ J/Kg}} \cdot (0,24 \cancel{\text{ cal/J}}) \cdot (1 \cancel{\text{ Kg/1000 g}}) = \\
 &= 80,16 \text{ cal/g}
 \end{aligned}$$

$$m_{\text{hielo}} = 500 \text{ g}$$

$$t_{\text{ohielo}} = -5^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{fagua}} = 40^{\circ}\text{C}$$

Etapas (1):

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot (t_f - t_o)$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$Q_1 = 500 \text{ g} \cdot (0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) [0 - (-5)] ^\circ\text{C} = 1250 \text{ cal}$$

Etapa (II):

La temperatura permanece constante por lo que la **Etapa (II)** es un **Cambio de Estado**.

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fagua}}$$

$$Q_2 = 500 \text{ g} \cdot 80,16 \text{ cal/g} = 40080 \text{ cal}$$

Etapa (III):

La masa de agua es igual a la masa de hielo.

$$Q_3 = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_3 = 500 \text{ g} \cdot (1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (40 - 0) ^\circ\text{C} = 20000 \text{ cal}$$

El balance energético total es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_T = 1250 \text{ cal} + 40080 \text{ cal} + 20000 \text{ cal} = 61330 \text{ cal}$$

Problema resuelto

Se tienen 150 g de hielo a -15°C . Determinar la cantidad de calor necesaria para transformarlos en vapor a 120°C .

DATOS: $L_{\text{fagua}} = 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$; $L_{\text{vagua}} = 2250 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$

$c_{\text{eagua}} = 4180 \text{ J/Kg.K}$; $c_{\text{ehielo}} = 2050 \text{ J/Kg.K}$

$c_{\text{evaporagua}} = 1960 \text{ J/Kg.K}$

Resolución

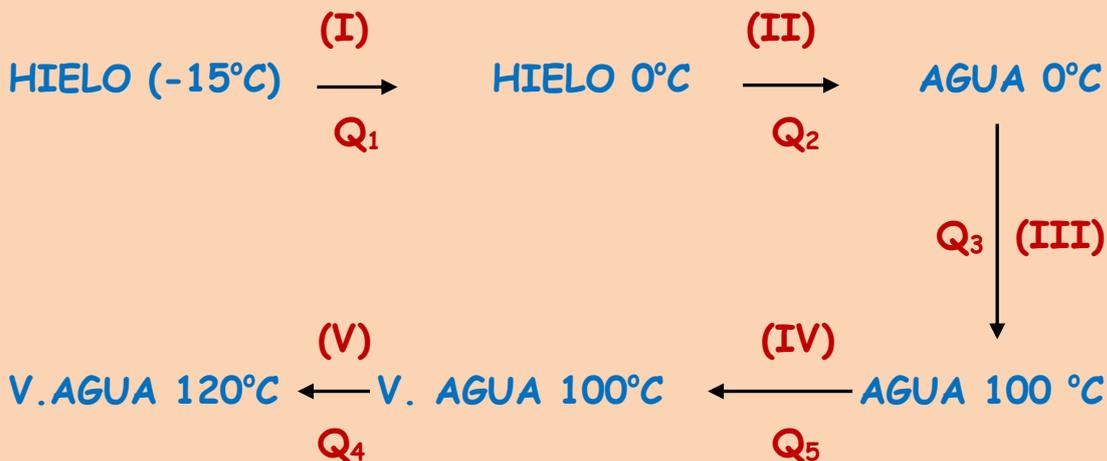
Datos:

$$m_{\text{hielo}} = 150 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g} = 0,150 \text{ Kg}$$

$$t_{\text{ohielo}} = - 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{fvapor}} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Las etapas a seguir son las siguientes:



Etapas (I):

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_1 = 0,150 \text{ Kg} \cdot (2050 \text{ J/Kg}\cdot^{\circ}\text{C}) [0 - (- 15)]^{\circ}\text{C} = 4612,5 \text{ J}$$

Etapas (II):

Temperatura constant \rightarrow CAMBIO DE ESTADO

$$Q_2 = m_{\text{Hielo}} \cdot L_f$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$Q_2 = 0,150 \text{ Kg} \cdot 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} = 50100 \text{ J}$$

Etapa (III):

$$Q_3 = m_{\text{agua}} \cdot c_{\text{eagua}} \cdot (t_f - t_o) \quad ; \quad m_{\text{hielo}} = m_{\text{agua}}$$

$$Q_3 = 0,150 \text{ Kg} \cdot (4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}) (100 - 0)^\circ\text{C} = 62700 \text{ J}$$

Etapa (IV):

Temperatura constante → **CAMBIO DE ESTADO**

$$Q_4 = m_{\text{agua}} \cdot L_v$$

$$Q_4 = 0,150 \text{ Kg} \cdot 2250 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} = 337500 \text{ J}$$

Etapa (V):

$$Q_5 = m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{evapor}} \cdot (t_f - t_o) \quad ; \quad m_{\text{vaporagua}} = m_{\text{agua}}$$

$$Q_5 = 0,150 \text{ Kg} \cdot 1960 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (120 - 100)^\circ\text{C} = 5880 \text{ J}$$

Debemos aportar al Sistema una energía dada por la ecuación:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_T = 4612,5 \text{ J} + 50100 \text{ J} + 62700 \text{ J} + 5880 \text{ J} = 123292,5 \text{ J}$$

Ejercicio resuelto

Qué cantidad de calor es necesaria para fundir 26 g de hielo a 0°C?. . Y para solidificar 315 g de agua?. (Calor de fusión del hielo es 2090J/Kg).

Resolución

$$m_{\text{hielo}} = 26 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,026 \text{ Kg}$$

Debemos suministrar una energía de:

$$Q = m_{\text{hielo}} \cdot L_{\text{fhielo}}$$

$$Q = 0,026 \text{ Kg} \cdot 2090 \text{ J/Kg} = 54,34 \text{ J}$$

Para el proceso:



La Solidificación se realizará quitando energía del Agua a °C (enfriamiento). Se trata del proceso inverso a la Fusión (se añadía energía al hielo).

La energía eliminada la podemos conocer:

$$m_{\text{agua}} = 315 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg} /1000 \text{ g}) = 0,315 \text{ Kg}$$

$$L_{\text{solidificaciónagua}} = - L_{\text{fhielo}} \quad (\text{son procesos inversos})$$

$$Q = m_{\text{agua}} \cdot (-L_{\text{fhielo}})$$

$$Q = 0,315 \text{ Kg} \cdot (-2090 \text{ J/Kg}) = - 658,35 \text{ J}$$

En el primer proceso debemos suministrar calor al hielo mientras que en el segundo debemos eliminar calor del agua, por ello el signo negativo).

Ejercicio resuelto

Que cantidad de calor desprenden 320 g de vapor de agua al condensarse a 100°C?

Calor latente de vaporización del agua es de 2257,2 J/g.

Resolución



Para que tenga lugar la **condensación** (Gas → Líquido) el **Sistema** (V. Agua a 100 °C) **debe perder energía en forma de calor**. Pasamos de un **sistema desordenado** (gas) a otro **medio ordenado** (líquido).

$$Q = - m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{v}}_{\text{agua}}$$

$$Q = 320 \text{ g} \cdot 2257,2 \text{ J/g} = - 722,3 \text{ J}$$

Ejercicio resuelto

Qué energía desprenden al aire 10 g de vapor de agua que se condensan en una ventana?

Datos: Vapor $L_v = 2257 \text{ J/g}$

Resolución



El **Sistema** (V. de agua) **cede energía al medio** por lo que siguiendo el **criterio designos** el valor de dicha energía debe ser **negativo**.

$$Q = - m_{\text{vapor}} \cdot L_{\text{vagua}}$$

$$Q = - 10 \cancel{\text{g}} \cdot 2257 \text{ J}/\cancel{\text{g}} = - 22570 \text{ J}$$

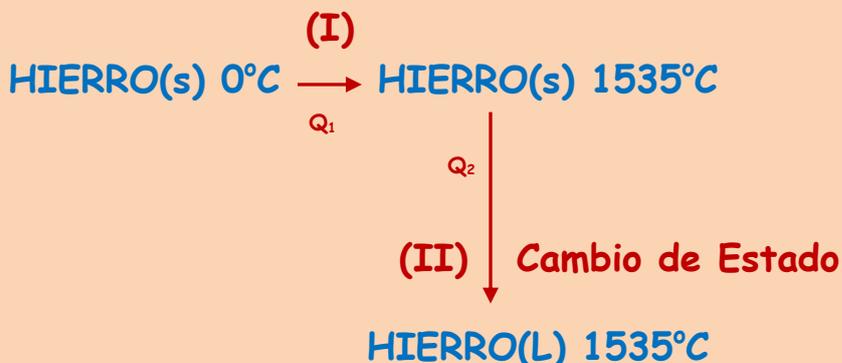
El Vapor de Agua cede al medio 22570 J de energía en forma de calor.

Ejercicio resuelto

¿Cuánto calor hay que transferir para fundir una barra de hierro de masa 10 kg que se encuentra a 0 °C?

Datos: Temperatura de fusión del hierro 1535 °C, $L_f = 25.080 \text{ J/g}$, $c_e = 0,489 \text{ J/g}\cdot\text{K}$.

Resolución



Cambio de Unidades:

$$c_e = 0,489 \cdot \frac{\text{J}}{\cancel{\text{g}} \cdot \cancel{\text{°C}}} \cdot \frac{1000 \cancel{\text{g}}}{1 \text{ Kg}} = 489 \text{ J/Kg} \cdot \text{°C}$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

Etapa (I):

$$Q_1 = m_{\text{hierro}} \cdot c_{\text{hierro}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$Q_1 = 10 \text{ Kg} \cdot (489 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (1535 - 0) ^\circ\text{C} = 7506150 \text{ J}$$

Etapa (II):

$$L_f = 25080 \cdot \frac{\text{J}}{\text{g}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 25080000 \text{ J/Kg}$$

Temperatura constante → **CAMBIO DE ESTADO**

$$Q_2 = m_{\text{hierro}} \cdot L_{f\text{hierro}}$$

$$Q_2 = 10 \text{ Kg} \cdot (25080000 \text{ J/Kg}) = 2,508 \cdot 10^7 \text{ J}$$

El balance energético total:

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

$$Q_t = 7506150 \text{ J} + 25080000 = 32586150 \text{ J}$$

Ejercicio resuelto

Ponemos en contacto 1 kg de agua a 60 °C con 200 g de hielo ($L_f = 334.4 \text{ J/g}$; $c_e = 2.13 \text{ J/g} \cdot \text{K}$) a -10 °C. Calcula la temperatura final de la mezcla.

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

DATO: $c_{e\text{agua}} = 4180 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$

Resolución

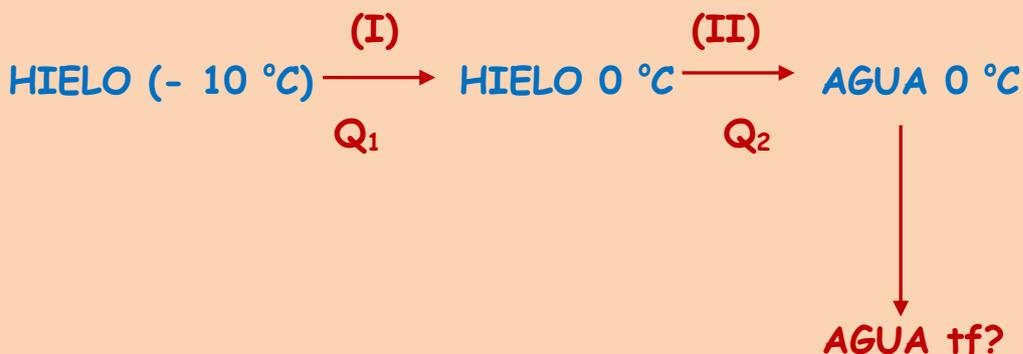
Cambio de unidades:

$$L_f = 334,4 \text{ J/g} = 334,4 \cdot \frac{\text{J}}{\cancel{\text{g}}} \cdot \frac{1000 \cancel{\text{g}}}{1 \text{ Kg}} = 334400 \text{ J/Kg}$$

$$C_e = 2,13 \text{ J/g} \cdot \text{°C} = 2,13 \cdot \frac{\text{J}}{\cancel{\text{g}} \cdot \text{°C}} \cdot \frac{1000 \cancel{\text{g}}}{1 \text{ Kg}} =$$

$$= 2130 \text{ J/Kg} \cdot \text{°C}$$

El agua a 60 °C proporcionará el **calor** para que se produzcan las siguientes etapas:



La energía (calor) necesaria para que se realicen los pasos (I) y (II) será aportada por el agua inicialmente a 100 °C y se sufrirá una disminución en su temperatura.

Se cumple:

$$Q_1 + Q_2 = - Q_3 \quad (1)$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

El calor cedido por el agua a 100 °C es negativo precisamente porque cede calor al Sistema (Hielo a -10 °C).

$$m_{\text{agua}} = 1 \text{ Kg}$$

$$t_{0\text{agua}} = 60 \text{ °C}$$

$$t_{0\text{hielo}} = - 10 \text{ °C}$$

$$C_{e\text{hielo}} = 200 \text{ g} \cdot (1 \text{ Kg}/1000 \text{ g}) = 0,2 \text{ Kg}$$

Etapa (I):

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot C_{e\text{hielo}} \cdot (t_f - t_0)$$

$$Q_1 = 0,2 \text{ Kg} \cdot (2130 \text{ J/Kg} \cdot \text{°C}) \cdot [0 - (- 10)] \text{°C} = 4260 \text{ J}$$

Etapa (II):

Temperatura constante → **CAMBIO DE ESTADO**

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot L_{f\text{agua}}$$

$$Q_2 = 0,2 \text{ Kg} \cdot 334400 \text{ J/Kg} = 66880 \text{ J}$$

Q_3 es el calor cedido por el agua para poder realizarse las dos etapas anteriores.

$$Q_3 = - m_{\text{agua}} \cdot C_{e\text{agua}} \cdot (t_f - t_0)$$

$$Q_3 = - 1 \text{ Kg} \cdot (4180 \text{ J/Kg} \cdot \text{°C}) \cdot (t_f - 60) \text{ °C}$$

Si nos vamos a (1)

$$4260 + 66880 \text{ J} = - 4180 (t_f - 60)$$

$$4260 + 66880 \text{ J} = - 4180 t_e + 250800$$

$$-179660 = - 4180 t_f$$

$$T_f = - 179660 / - 4180 = 42,98 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ahora nos encontramos con una mezcla de **0,2 Kg de agua a 0 °C** con **1 Kg de agua a 42,98 °C**. El agua a 42,98 °C cederá calor al agua a 0 °C hasta que se alcance el equilibrio térmico. Se cumple:

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

$$m_{\text{agua}0^\circ\text{C}} \cdot C_{\text{agua}} \cdot (t_e - t_0) = -m_{\text{agua}42,98^\circ\text{C}} \cdot C_{\text{agua}} \cdot (t_e - t_0)$$

$$0,2 \cdot 4180 \cdot (t_e - 0 \text{ }^\circ\text{C}) = - 1 \cdot 4180 \cdot (t_e - 42,98 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$836 t_e = - 4180 t_e + 179656,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$836 t_e + 4180 t_e = 179656,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$5016 t_e = 179656,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_e = 179656,4 \text{ }^\circ\text{C} / 5016 = 15,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ejercicio resuelto

Un cubito de hielo de 30 g de masa se encuentra a $-5 \text{ }^\circ\text{C}$.
Calcula la energía que hay que comunicar para que se pase al estado líquido.

Datos: Hielo $L_f = 334,4 \text{ J/g}$. $c_e = 2,13 \text{ J/g}\cdot\text{K}$.

Resolución

Para pasar a estado líquido se deben realizar los siguientes procesos:



La energía total a suministrar viene determinada por la ecuación:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{e_{\text{hielo}}} \cdot (t_f - t_o) \quad (2)$$

La etapa (II), al permanecer constante la temperatura, se trata de un **Cambio de Estado**. Se cumple:

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot L_{f_{\text{hielo}}} \quad (3)$$

Llevamos datos a las ecuaciones (2) y (3):

$$Q_1 = 30\text{ g} \cdot 2,13\text{ J/g} \cdot \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot [0 - (-5)]\text{ }^{\circ}\text{C} = 319,5\text{ J}$$

$$Q_2 = 30\text{ g} \cdot 334,4\text{ J/g} = 10032\text{ J}$$

Llevamos Q_1 y Q_2 a la ecuación (1):

$$Q = Q_1 + Q_2 = 319,5\text{ J} + 10032\text{ J} = 10351,5\text{ J}$$

Ejercicio resuelto

Se echan 4 Kg de hielo a la temperatura de -2°C dentro de un estanque aislado, que contiene 8 kg de agua a 60°C .

Explicar lo que pasa y deducir cual será la temperatura final de la mezcla.

DATOS: $C_{e_{\text{hielo}}} = 2050 \text{ J/Kg.K}$; $C_{e_{\text{agua}}} = 4180 \text{ J/Kg.K}$;

$L_{f_{\text{agua}}} = 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$

Resolución

Al echar el hielo (-2°C) en el recipiente con agua a 60°C , ésta cederá calor al hielo que utilizará para aumentar su temperatura.

El hielo puede sufrir las siguientes etapas:

- Pasar de (-2°C) a (0°C).
- Podrá fundirse y pasar a agua a 0°C
- Esta agua, nacida del hielo puede seguir aumentando su temperatura.

Para que se produzcan todos estos pasos el agua a 60°C cederá la energía necesaria.

Vamos a calcular si el agua a 60°C es capaz de fundir al hielo, es decir, si se pueden realizar las etapas:



Se debe cumplir:

$$Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ganado}} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{\text{cedido}} = - m_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_f - 60 \text{ oC})$$

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{e_{\text{hielo}}} \cdot [0 - (-2)] \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_2 \text{ (Cambio de estado)} = m_{\text{hielo}} L_{f_{\text{hielo}}}$$

Podemos llevar todos los calores a la ecuación (1):

$$m_{\text{hielo}} \cdot c_{e_{\text{hielo}}} \cdot (t_f - t_0) + m_{\text{hielo}} \cdot L_{f_{\text{hielo}}} = -m_{\text{agua}_2} \cdot c_{e_{\text{agua}}} (t_f - t_0)$$

$$4 \text{ Kg} \cdot 2050 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot [0 - (-2)] ^\circ\text{C} + 4 \text{ Kg} \cdot 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} =$$

$$= - 8 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (t_f - 60) ^\circ\text{C}$$

$$16400 \text{ J} + 1336000 \text{ J} = - 33440 t_f \cdot \text{J}/^\circ\text{C} + 2006400 \text{ J}$$

$$-654000 \text{ J} = - 33440 t_f \cdot \text{J}/^\circ\text{C} ;$$

$$t_f = - 654000 \text{ J} / - 33440 t_f \cdot \text{J}/^\circ\text{C} = 19,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Este resultado nos permite afirmar que el **agua a 60°C** es capaz de **fundir todo el hielo**.

A partir de aquí tenemos dos aguas: **agua₁ a 0°C** y **agua₂ a 19,5 °C**. Se establecerá el equilibrio térmico que nos proporcionará la temperatura final de la mezcla y en definitiva la temperatura final del agua a 60°C iniciales.

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

Se debe cumplir:

$$Q_{\text{ganadoagua a } 0^{\circ}\text{C}} = - Q_{\text{cedidoagua a } 19,5^{\circ}\text{C}}$$

$$4 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (t_f - 0)^{\circ}\text{C} =$$

$$= 8 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (t_f - 19,5)^{\circ}\text{C}$$

$$16720 \text{ J/}^{\circ}\text{C} \cdot t_f = - 33440 \text{ J/}^{\circ}\text{C} \cdot t_f + 652080 \text{ J}$$

$$16720 t_f + 33440 t_f = 652080^{\circ}\text{C}$$

$$50160 t_f = 652080$$

$$t_f = 652080 / 50160 = 13^{\circ}\text{C}$$

La temperature final en todo el proceso es de 13°C .

Ejercicio resuelto

En 250 g de agua a 50°C introducimos un trozo de hielo de 2,5 g a la temperatura de -10°C . Hallar la temperatura final del agua resultante.

DATOS: $C_{\text{agua}} = 4180 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$; $C_{\text{hielo}} = 2050 \text{ J /Kg} \cdot \text{K}$
 $L_{\text{fagua}} = 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$

Resolución

Datos:

$$m_{\text{agua}} = 250 \text{ g}$$

$$t_{0\text{agua}} = 50^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{hielo}} = 2,5 \text{ g}$$

$$t_{0\text{hielo}} = -10^{\circ}\text{C}$$

Al realizar la mezcla el Agua a 50 °C cederá calor al hielo para realizar las etapas:



Cálculo de Q_1 :

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{e_{\text{hielo}}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$2,5\text{ g} \cdot \left(\frac{1\text{ Kg}}{1000\text{ g}} \right) = 0,0025\text{ Kg}$$

$$Q_1 = 0,0025\text{ Kg} \cdot 2050\text{ J/Kg }^{\circ}\text{C} \cdot [0 - (-10)]\text{ }^{\circ}\text{C} = 51,52\text{ J}$$

Cálculo Q_2 :

Al permanecer la temperatura constante se trata de un Cambio de estado con un valor de energía determinada por la ecuación:

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot L_f$$

$$Q_2 = 0,0025\text{ Kg} \cdot 334 \cdot 10^3\text{ J/Kg} = 835\text{ J}$$

Se cumple:

La suma de las energías Q_1 y Q_2 será aportada por el agua inicialmente a la temperatura de 50 °C. Se cumple:

$$Q_1 + Q_2 = - Q_{\text{cedido}}$$

$$51,25 \text{ J} + 835 \text{ J} = - m_{\text{agua}} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_f - t_o)$$

$$250 \text{ g} \cdot \left(\frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 0,250 \text{ Kg}$$

$$886,25 \text{ J} = - 0,250 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \cdot (t_f - 50 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$886,25 \text{ J} = - 1045 \text{ J/}^\circ\text{C } t_f + 52250 \text{ J}$$

$$886,25 \text{ J} - 52250 \text{ J} = - 1045 \text{ J/}^\circ\text{C } t_f$$

$$-51363,75 \text{ J} = - 1045 \text{ J/}^\circ\text{C } t_f$$

$$t_f = -51363,75 \text{ J} / - 1045 \text{ J/}^\circ\text{C} = 49,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ahora nos encontramos con dos aguas $m_{1\text{agua}0^\circ\text{C}}$ y $m_{2\text{agua}49,15^\circ\text{C}}$. El agua de mayor temperatura cede calor al agua de menor temperatura hasta que se alcance el equilibrio térmico (t_e):

$$Q_{\text{ganadaagua } 0^\circ\text{C}} = - Q_{\text{cedidaagua}49,15^\circ\text{C}}$$

$$0,0025 \text{ Kg} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_o) = - 0,250 \text{ Kg} \cdot c_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_o)$$

$$0,0025 \cdot (t_e - 0 \text{ } ^\circ\text{C}) = - 0,250 \cdot (t_e - 49,15 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$0,0025 t_e = - 0,250 t_e + 12,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$0,0025 t_e + 0,250 t_e = 12,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$0,2525 t_e = 12,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ESTUDIO DE LA ENERGÍA CALORÍFICA

AUTOR: ANTONIO ZARAGOZA LÓPEZ www.quimiziencia.es

$$t_e = 12,28 \text{ °C} / 0,2525 = 48,63 \text{ °C}$$

