

## Tema nº 5. ENERGÍA CALORÍFICA

Video: El Sol fuente de energía

<http://www.youtube.com/watch?v=U-lnF10SPrw>

**NOTA:** Para acceder a los videos y páginas Webs **PISAR CONTROL** y **PINCHAR** el video o página Web.

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 “braserero” 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 braserero 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 DOS MANOS Y DE ESTA FORMA CALENTARNOS UN POCO.** ¿Qué fenómeno ha ocurrido?.

**Ha habido una transferencia de calor** que vamos a intentar explicar con los contenidos siguientes:



- 1.- Sensación Térmica (pág. N°2)
- 2.- Calor (pág. 4)
- 3.- Temperatura (pág. N° 5)
- 4.- Unidades del calor (pág. N°14)
- 5.- Calor Específico (pág. N° 15)
- 6.- Transferencia de Calor (pág. N° 17)
- 7.- Transferencia de Calor en los Cambios de Estado (p. N°27)
- 8.- Experiencia de laboratorio (pág. N° 47)

### 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 del calor para temperaturas ambientales comprendidas entre 15 y 30 °C. Por encima y por debajo tiene que hacer algo. Se pueden modificar los parámetros que determinan tanto la producción, como las pérdidas de calor. Y esto de dos maneras:

- Por la persona:

En el caso de la producción, se aumenta la cantidad principalmente por el ejercicio que se hace, 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 20 000 espectadores abrigados y pasando frío.

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

**Video:** Como entrar en calor cuando hace mucho frío

<http://www.youtube.com/watch?v=pMSIrP-O02Q&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\\_8kIg](http://www.youtube.com/watch?v=aQVeDz_8kIg)

**Video:** Deporte y calor

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

- **Por el 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 por **convección** del cuerpo y también la **evaporación** del **sudor**, con lo que estas pérdidas aumentan cuanto mayor sea la velocidad del aire.

**Video:** Defensa contra el calor

[http://www.youtube.com/watch?v=xd0\\_yTbWRE0](http://www.youtube.com/watch?v=xd0_yTbWRE0)

La sensación térmica también puede ser de mayor temperatura cuando al calor se le añade una alta **humedad relativa**, 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.

En los locales, la radiación de unas paredes a **mayor temperatura que el ambiente** puede hacer que, teniendo una temperatura del aire relativamente baja, se tenga una sensación de que hace más calor.

## ENERGÍA CALORÍFICA

Por eso, para que los muros ya estén a temperatura adecuada cuando las personas ocupen los locales, es recomendable tener conectadas con antelación la **refrigeración** o la **calefacción**.

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

## 2.- Calor

### ¿Qué sabemos del calor?

**Video:** Calor y temperatura

[http://www.youtube.com/watch?v=ifsggucj\\_J4&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=ifsggucj_J4&feature=related)

**Vamos a:**



**El Calor**

<http://www.misrespuestas.com/que-es-el-calor.html>

**El Calor**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Calor>

**El Calor**

[http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/thermal/heat\\_sp\\_06sep01.html](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**

<http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/200604262>

## ENERGÍA CALORÍFICA

De todo lo leído en las páginas Webs anteriores podemos decir que el **CALOR** es una forma de **ENERGÍA**.

El **CALOR** o **ENERGÍA TÉRMICA** que posee un cuerpo se encuentra distribuida entre todas las **PARTÍCULAS** (átomos, moléculas o iones) que constituyen el cuerpo.

Podemos definir el **CALOR** como **ENERGÍA EN TRANSITO** que pasa de un cuerpo a otro cuando se ponen en contacto.

¿Qué supone la coletilla de la definición anterior **CUANDO SE PONEN EN CONTACTO?**. Sobre esta connotación tiene mucho que decir la **TEMPERATURA**.

### 3.- Temperatura

**¿Qué es la temperatura?**

Vamos a:



La Temperatura

[http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/thermal/temperature\\_sp\\_06sep01.html](http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/thermal/temperature_sp_06sep01.html)

La Temperatura

<http://www.misrespuestas.com/que-es-la-temperatura.html>

La Temperatura

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

La Temperatura

<http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>

Nosotros experimentamos la temperatura todos los días. Cuando hace calor o cuando tenemos fiebre sentimos calor y cuando está nevando

## ENERGÍA CALORÍFICA

sentimos frío. Cuando estamos hirviendo agua, hacemos que la temperatura aumente y cuando estamos haciendo polos o paletas de helado esperamos que la temperatura baje. 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.

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 es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos es su movimiento medio, 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.

**Resumen:** La temperatura es una medida de la energía media de las moléculas en una sustancia y no depende del tamaño o tipo del objeto

Todos sabemos que cuando calentamos un objeto su temperatura aumenta. 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 una diferencia entre **CALOR** y **TEMPERATURA**. Sí, y consiste en:

### **El calor:**

- a) Es la energía total del movimiento molecular en una sustancia.
- b) Depende de la VELOCIDAD de las partículas.

## ENERGÍA CALORÍFICA

- c) Del número de partículas.
- d) Del tamaño de las partículas.
- e) Del tipo de de partículas.

### La 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 agua y por lo tanto más energía térmica total.

El calor es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya. Si añadimos calor, la temperatura 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.

**Video:** Calor y temperatura

<http://www.youtube.com/watch?v=quqN2GERiNE>

**Video:** Calor y temperatura

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

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

¿Todas esta teoría sobre Calor y Temperatura ha sido necesaria para explicarnos aquella coetilla del principio del Tema (EL CALOR ES ENERGÍA EN TRANSITO ENTRE DOS CUERPOS CUANDO SE PONEN EN CONTACTO?. Ya tenemos respuesta QUE LOS CUERPOS SE ENCUENTREN A DIFERENTES TEMPERATURAS.

## Medida de la temperatura de un cuerpo

Nos vamos a:



Medida de la temperatura

<http://www.textoscientificos.com/fisica/escalastermometricas>

Medida de la temperatura

<http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>

Medida de la temperatura. Unidades de temperatura

<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/unidades-temperatura.htm>

## Unidades de medida de temperatura

En primer lugar podemos distinguir dos categorías en las unidades de medida para la temperatura: absolutas y relativas.

a) Absolutas son las que parten del **CERO ABSOLUTO**, que es la temperatura teórica más baja posible, y corresponde al punto en el que las moléculas y los átomos de un sistema tienen la mínima energía térmica posible.

Como unidad de temperatura, en la escala Absoluta, tenemos el **grado KELVIN** (Unidad de temperatura en el S.I.) se representa por la letra **K**. Fue creada por William Thomson, sobre la base de grados Celsius, estableciendo así el **PUNTO CERO EN EL CERO ABSOLUTO** (**-273,15 °C**).

b) Relativas por que toman como base la temperatura, **SIEMPRE LA MISMA**, de ciertos fenómenos físico-químicos.

Como unidades de temperatura **relativa** tenemos los grados:

**Grados Celsius** o también denominado **grado centígrado**, se representa



## ENERGÍA CALORÍFICA

con el símbolo  $^{\circ}\text{C}$ . Esta unidad de medida se define escogiendo el punto de congelación del agua a  $0^{\circ}$  y el punto de ebullición del agua a  $100^{\circ}$ , ambas medidas a una atmósfera de presión, y dividiendo la escala en 100 partes iguales en las que cada una corresponde a 1 grado.

**Grados Fahrenheit:** este toma las divisiones entre los puntos de congelación y evaporación de disoluciones de cloruro amónico.

Estos grados de temperatura han permitido establecer las **escalas de temperatura**. Estas escalas reciben el nombre del tipo de grado que están midiendo:

- a) Escala Kelvin.
- b) Escala Celsius o Centígrada.
- c) Escala Fahrenheit.

Existen ecuaciones que nos permiten pasar de una escala a otra, como:

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

$$^{\circ}\text{F} = 1,8 \cdot ^{\circ}\text{C} + 32$$

Esta última la podemos poner de la forma:

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

### *Aparatos de medida de la temperatura*

Vamos a:



Aparatos de medida de la temperatura

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

## ENERGÍA CALORÍFICA

Aparatos de medida de temperatura

<http://es.wikipedia.org/wiki/Term%C3%B3metro>

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](http://fisicayquimicaenflash.es/eso/4eso/e_termica/e_termica02.html)

### **Termómetros**

En general los termómetros pueden clasificarse en dos grupos:

- **Termómetros de contacto**; que son aquellos cuyo elemento sensor está en contacto íntimo o colocado dentro del mismo ambiente que el cuerpo cuya temperatura se quiere conocer.
- **Termómetros sin contacto**; que 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:

- Midiendo la altura de la columna de un líquido dentro de un tubo capilar (**termómetros de columna**).
- Midiendo la presión de un **gas** confinado a un recipiente cerrado. (**termómetros a presión de gases**).

### **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

## ENERGÍA CALORÍFICA

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



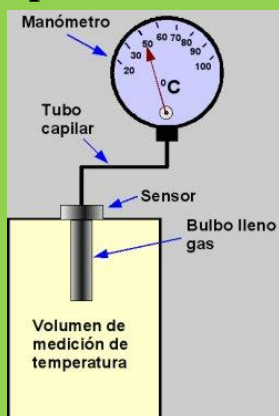
coloreada de mayor o menor altura de acuerdo al valor de la temperatura. En la figura 1 puede apreciarse uno de estos termómetros. El valor señalado en la escala por la propia columna corresponde a la temperatura a que está sometido el bulbo. El punto de solidificación y ebullición del líquido utilizado debe estar alejado del rango de utilización del termómetro para evitar que estos estados, que lo hacen inoperante, se alcancen durante el trabajo del aparato. Es importante también que la dilatación del líquido en todo el rango de utilización sea exactamente proporcional a la temperatura para lograr una escala con las divisiones a la misma distancia. Los líquidos más comúnmente utilizados son el **mercurio** de color plateado y el **alcohol** coloreado, generalmente de rojo. Observe en la figura 1 el bulbo lleno de líquido rojo en la parte inferior, y como la forma del capilar se ha construido de manera que amplifica como un si fuera una lente, el ancho aparente de la columna en la zona de medición para facilitar la lectura. En este caso se representa uno de los termómetros utilizados para medir la temperatura ambiente y está graduado en ambas escalas, celsius y fahrenheit.

### Termómetros a presión de gases

En la figura se muestra un esquema de un termómetro 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

## ENERGÍA CALORÍFICA

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.

Laboratorio virtual. Escalas termométricas. Transformaciones entre escalas

<http://www.educaplus.org/play-116-Escalas-termométricas.html>

### Problema resuelto

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

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

### Resolución:

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

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

$$\Delta t = 10\text{ }^{\circ}$$

$$Q_{\text{ganado}} = m \cdot c_e \cdot \Delta t \ ; \ 1,23\text{ KJ} = 0,525\text{ Kg} \cdot c_e \cdot 10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

### Problema resuelto

Transforme  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en grados Fahrenheit.

### Resolución:

## ENERGÍA CALORÍFICA

$$^{\circ}\text{C} / 5 = (\text{F} - 32) / 9 ; 20 / 5 = (\text{F} - 32) / 9 ; 180 = 5 (\text{F} - 32)$$

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

### Problema resuelto

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

### Resolución:

$$\text{a) } ^{\circ}\text{C} / 5 = (\text{F} - 32) / 9 ; 15 / 5 = (\text{F} - 32) / 9 ; 135 = 5 (\text{F} - 32)$$

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

$$\text{b) } ^{\circ}\text{C} / 5 = (\text{F} - 32) / 9 ; ^{\circ}\text{C} / 5 = (-10 - 32) / 9 ; 9 ^{\circ}\text{C} = 5 (- 42)$$

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

### Problema propuesto

La temperatura en un salón es 24 °C. ¿Cuál será la lectura en la escala Fahrenheit?. R = 75,2 °F

### Problema propuesto

Un médico inglés mide la temperatura de un paciente y obtiene 106 °F. ¿Cuál será la lectura en la escala Celsius?. R = 41,11 °C.

### Problema propuesto

Completar el siguiente cuadro; utilizando la ecuación de conversión:

CENTIGRADO	FAHRENHEIT	KELVIN	
200 °C			
	40 ° F		
-5 °C			
		400 °K	

## ENERGÍA CALORÍFICA

### 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”

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

$$9T = 5T - 160 ; 4T = - 160 ; T = - 40 ^{\circ}\text{C} = - 40 ^{\circ}$$

### 4.- Unidades del calor

Vamos a:



Unidades del calor

[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_ccnn\\_2/tema3/index.htm](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema3/index.htm)

Unidades del calor

<http://es.wikipedia.org/wiki/Calor>

Unidades del calor

<http://www.colfem.com/webfisica/calor/unidades.htm>

Al definir el calor como **energía en tránsito**, las unidades de 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**

Sin embargo se acostumbra a medir el calor **en función del aumento de temperatura que experimenta, al calentarse, una cierta cantidad de**

## ENERGÍA CALORÍFICA

sustancia. La unidad de calor se conoce entonces como **CALORÍA (cal)**, que la podemos definir como la 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 J = 0,24 cal ; 1 cal = 4,18 J ; 1 Kcal = 1000 cal : 1 Kcal = 4180 J**

La medida del calor de un cuerpo.

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

La medida del calor de un cuerpo.

<http://www.ojocientifico.com/2010/10/17/%C2%BFcomo-se-mide-el-calor>

La medida del calor de un cuerpo

<http://genesis.uag.mx/edmedia/material/fisicaII/calor.cfm>

Determinar el calor o energía interna de los cuerpos **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.**

**Video:** Transferencia de calor entre cuerpos a diferente temperatura

[http://www.youtube.com/watch?v=Zv0\\_ZVzZ3E0](http://www.youtube.com/watch?v=Zv0_ZVzZ3E0)

Realizando las experiencias pertinentes se ha llegado a la conclusión que la cantidad de energía transferida depende de:

- a) **Depende de la masa del cuerpo.**
- b) **Si las sustancias son diferentes se cumple que a masas iguales de ambos cuerpos, la energía a suministrar para conseguir la misma temperatura, es diferente.**

### **5.- Calor específico**

El calor cedido por un cuerpo es **directamente proporcional a la masa del cuerpo, a la variación de temperatura, siendo la constante de proporcionalidad, algo característico de la cada sustancia y que recibe**

## ENERGÍA CALORÍFICA

el nombre de **CALOR ESPECÍFICO**. Lo podemos definir como la cantidad de calor que hay que suministrar a 1 gramo de sustancia para aumentar 1 °C su temperatura.

Matemáticamente:

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

### Problema 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:

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

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

$$t_o = 15 \text{ oC}$$

$$t_f = 40 \text{ oC}$$

$c_e$ ?

$$Q = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o) \quad ; \quad 8360 \text{ J} = 0,6 \text{ Kg} \cdot c_e \cdot (40 - 15)^\circ\text{C}$$

$$c_e = 8360 \text{ J} / 0,6 \text{ Kg} \cdot 25 \text{ oC} \quad ; \quad c_e = 8360 \text{ J} / 15 \text{ Kg} \cdot \text{oC} = 557,3 \text{ J/Kg} \cdot \text{oC}$$

### 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:

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

$$V_{\text{agua}} = 1 \text{ L} \quad ; \quad d_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} / V \quad ; \quad m_{\text{agua}} = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}}$$

$$\text{DATO: } d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

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

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

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



## ENERGÍA CALORÍFICA

$$Q_{\text{ganadoagua}} = 1 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J / Kg} \cdot ^\circ\text{C} (47 - 10) ^\circ\text{C} = 154660 \text{ J}$$

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:

$$1 \text{ g coque} \cdot \frac{154660 \text{ J}}{5 \text{ g}} = 30932 \text{ J} \cdot 0,24 \text{ cal / 1 J} = 7423,68 \text{ cal/g}$$

### 6.- Transferencia de calor

Dijimos que la energía era todo aquello que ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma (Principio de conservación de la energía). En la transferencia de energías en forma de calor también se cumple este principio. Por ello, si en el sistema hay una sustancia que cede energía debe existir, como mínimo otra, que gane energía y además cumpliéndose que la energía cedida debe ser igual a la energía ganada.

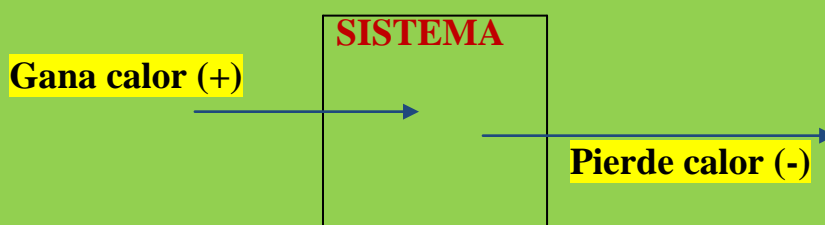
$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} = 0 \quad (1)$$

Condición que se debe cumplir para que se cumpla el Principio fundamental de la energía.

Trabajando con la ecuación (1), nos encontramos con:

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

Que está de acuerdo con los criterios establecidos en cuanto a los signos de los calores: Si el Sistema pierde calor, éste es NEGATIVO, si el sistema gana calor, éste es POSITIVO.



Ya hemos establecido la existencia de un  $Q_{\text{ganado}}$  y un  $Q_{\text{cedido}}$ , estamos en condiciones de introducirnos en el estudio de la **TRANSFERENCIA DE CALOR**.

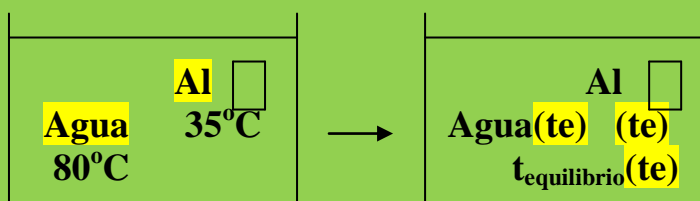
## ENERGÍA CALORÍFICA

Video: Transferencia de calor

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

Cuando ponemos en contacto dos cuerpos, **A DIFERENTE TEMPERATURA**, el que tiene más cantidad de calor y por lo tanto mayor temperatura, cederá calor al que está a menor temperatura, aumenta la temperatura y el calor de éste último, hasta una temperatura final que se conoce como **TEMPERATURA DE EQUILIBRIO**. Hagamos la siguiente experiencia: Mezclemos 500 mL de agua a 80°C con 10 gramos de aluminio a 35°C. Si la temperatura final de la mezcla es de 55°C, determinar el calor específico del aluminio.

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



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

Se debe cumplir:

$$t_{\text{menor}} < t_{\text{equilibrio}} < t_{\text{mayor}}$$

En nuestro caso:

$$35^\circ\text{C} < t_{\text{equilibrio}} < 80^\circ\text{C}$$

Además se debe cumplir el Principio de Conservación de la Energía:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{ganado}} = 0 \quad (1)$$

**Calor cedido (Al):**  $Q_{\text{cedido}} = m_1 \cdot c_{e1} \cdot (t_f - t_o)$

**Calor ganado (Agua):**  $Q_{\text{ganado}} = m_2 \cdot c_{e2} \cdot (t_f - t_o)$

Al trabajar con (1):

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

## ENERGÍA CALORÍFICA

Llevemos a esta ecuación los calores ganado y cedido:

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

Ahora es importante trabajar con las unidades de las diferentes magnitudes en el mismo sistema de unidades:

$$m_2 = m_{\text{agua}} = 500 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g/1 mL} = 500 \text{ g.}$$

$$m_1 = m_{\text{Al}} = 10 \text{ g.}$$

$$c_{e2} = \text{calor específico del agua} = 1 \text{ cal / g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$c_{e1} = \text{calor específico del Al} = ?$$

$$t_{o\text{Al}} = 80 ^\circ\text{C}$$

$$t_{o\text{agua}} = 35 ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{equilibrio}} = 55 ^\circ\text{C}$$

$$500 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (55 - 35)^\circ\text{C} = - 10 \text{ g} \cdot c_{e1} \cdot (55 - 80)^\circ\text{C}$$

$$10000 \text{ cal} = 250 c_{e1} \cdot \text{g} \cdot ^\circ\text{C} ; c_{e1} = 10000 \text{ cal / g} \cdot ^\circ\text{C}$$

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.

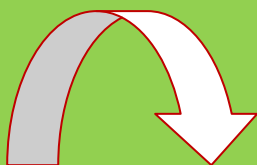
No podemos decir que sea realmente cierto que:

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

El recipiente también recibe calor por lo tanto:

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

Normalmente y si no se dice nada, se considera que todo el calor lo recibe el Agua. 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).



## ENERGÍA CALORÍFICA

### Problema 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.

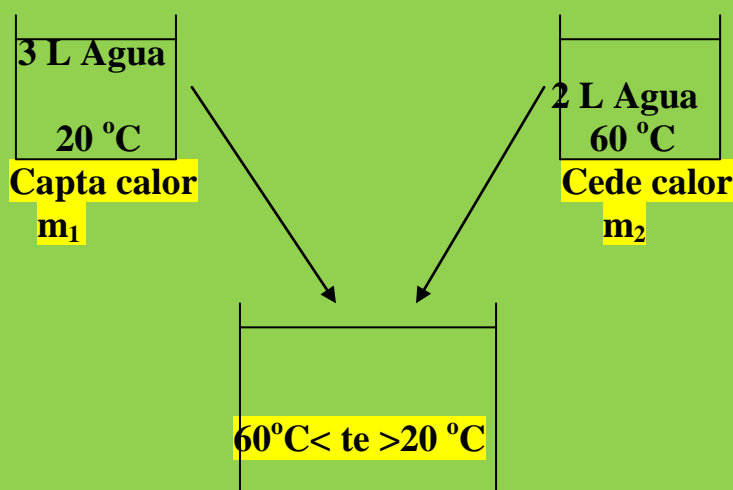
DATO:  $c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J / kg} \cdot \text{K}$

1 L Agua = 1 Kg Agua ; 1 L = 1 dm<sup>3</sup>  
 $d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg / m}^3$

$d = m/v$  ;  $m_{\text{agua}} = d_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}}$

$m_{\text{agua1}} = 1000 \text{ Kg / m}^3 \cdot 3 \text{ L} = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}^3/1000 \text{ dm}^3 \cdot 3 \text{ L} =$   
 $= 1000 \text{ Kg / dm}^3 \cdot 3 \text{ L} \cdot 1 \text{ dm}^3 / 1 \text{ L} = 3000 \text{ Kg}$

$m_{\text{agua2}} = 1000 \text{ Kg/dm}^3 \cdot 2 \text{ L} \cdot 1 \text{ dm}^3 / 1 \text{ L} = 2000 \text{ Kg}$



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**.

Por el Principio de Conservación de la Energía (P.C.E), se cumple:

$$Q_{\text{ganado}} + Q_{\text{cedido}} = 0 \rightarrow Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

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

$$Q_{\text{ganado}} = 3000 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (t_e - 20)^\circ\text{C}$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

$$Q_{\text{cedido}} = m_2 \cdot c_e \cdot (t_e - 60)$$

Si nos vamos a (1):

$$3000 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (t_e - 20)^\circ\text{C} = - 2000 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (t_e - 60)^\circ\text{C}$$

$$3000 (t_e - 20) = - 2000 (t_e - 60)$$

$$3000 t_e - 60000 = - 2000 t_e + 120000$$

$$5000 t_e = 180000 ; t_e = 180000 / 5000 = 36 ^\circ\text{C}$$

### Problema 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 ( $t_{\text{alcohol}} > t_{\text{agua}}$ )

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

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

$$t_{\text{oagua}} = 20 ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{oalcohol}} = 50 ^\circ\text{C}$$

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

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

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

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

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

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

Nos vamos a (1):

$$0,2 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (t_e - 20)^\circ\text{C} = - 0,3 \text{ Kg} \cdot 2450 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (t_e - 50)^\circ\text{C}$$

$$836 (t_e - 20) = - 735 (t_e - 50) ; 836 t_e - 16720 = - 735 t_e + 36750$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

$$836 \text{ te} + 735 \text{ te} = 36750 + 16720 ; 1571 \text{ te} = 403470$$

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

b) El calor cedido por el alcohol es:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cedido}} &= m \cdot ce \cdot (t_f - t_o) = 0,3 \text{ Kg} \cdot 2450 \text{ J/Kg.}^{\circ}\text{C} (34 - 50)^{\circ}\text{C} = \\ &= -11760 \text{ J (reales, negativo porque se cede energía)} \end{aligned}$$

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

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

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

Luego existiría una pérdida de energía de:

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

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

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

### Problema resuelto

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

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

### Resolución:

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

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

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

$$Q_{\text{cedido}} = m \cdot ce \cdot \Delta t ; 5820 \text{ J} = 0,2 \text{ Kg} \cdot ce \cdot 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

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

### Problema propuesto

Cuál será la temperatura final de equilibrio cuando 10 g de leche a  $10^\circ\text{C}$  se agregan a 60 g de café a  $90^\circ\text{C}$  ?. Suponga que las capacidades caloríficas de los líquidos son iguales a la del agua y desprecie la capacidad calorífica del recipiente. Solución:  $85,3^\circ\text{C}$

(Autor de enunciado: D. Santiago Fernández)

DATO:  $Ce = 4180 \text{ J/Kg}\cdot^\circ\text{C}$

### 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  $70^\circ\text{C}$  en el recipiente, que inicialmente estaba a  $10^\circ\text{C}$ . Luego encuentra que la temperatura final del agua (suponemos que estaba en un ambiente aislado) y de la vasija es de  $66^\circ\text{C}$ . A partir de esa información, determine la masa de la vasija.

Solución:  $3,87\text{Kg}$

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

DATOS:  $Ce_{\text{agua}} = 4180 \text{ J} / \text{Kg} \cdot \text{K}$  ;  $Ce_{\text{cobre}} = 385 \text{ J} / \text{kg} \cdot \text{K}$

### Resolución:

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

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

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

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

Se debe cumplir:  $Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \text{ (1)}$

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

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

Si nos vamos a (1):

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

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

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

## ENERGÍA CALORÍFICA

### Problema 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. Solución: 63,3 lt (Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

### Resolución:

$$V_{\text{aguacaliente}} = 95 \text{ L} \rightarrow m_{\text{aguacaliente}} = 95 \text{ Kg}$$
$$t_{\text{aguacaliente}} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_{\text{aguafría}} = m_{\text{aguafría}} = ?$$
$$t_{\text{aguafría}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

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

$$\text{P.C.E : } Q_{\text{ganado}} = - Q_{\text{cedido}} \quad (1)$$

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

$$Q_{\text{cedido}} = m_{\text{aguacaliente}} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (t_f - t_o)$$
$$Q_{\text{cedido}} = 95 \text{ Kg} \cdot c_{\text{agua}} \cdot (40 - 60)^{\circ}\text{C}$$

Nos vamos a (1):

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

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

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

### Problema propuesto

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  $c_e = 0.489 \text{ J/g}\cdot\text{K}$  ; Agua  $C_e = 4180 \text{ J / Kg} \cdot \text{K}$

Sol: 18.38 °C.

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)



## ENERGÍA CALORÍFICA

### Problema 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.

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

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

### Resolución

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

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

$$Q_{cedido} = m_{vaporagua} \cdot c_{evaporagua} \cdot (t_f - t_o)$$

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

El resultado negativo se debe a que se trata de un calor cedido por el vapor de agua. Pero el agua recibe 35280 J.

$$Q_{ganado} = m_{agua} \cdot c_{eagua} \cdot (t_f - t_o)$$

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

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

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

### Problema propuesto

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:  $C_e(\text{agua líquida}) = 4180 \text{ J/Kg K}$ ;  $C_e(\text{hierro}) = 489,06 \text{ J/Kg K}$ . Sol. 12,15 °C

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

### Problema propuesto

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 oC. Si la masa del bloque de aluminio es de 200 g, cual es el valor del calor específico del aluminio? (S. 970 J/kg.oC)

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

## ENERGÍA CALORÍFICA

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{cobre}} = 0,093 \cdot \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 387,5 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$C_{\text{aleación}}?$

Cuando introduzcamos la aleación al calorímetro, ésta cederá calor al agua del calorímetro y al propio calorímetro, cumpliéndose por P.C.E:

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

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

$$m_{\text{agua}} \cdot C_{\text{agua}} \cdot (t_e - t_0) + m_{\text{cobre}} \cdot C_{\text{cobre}} \cdot (t_e - t_0) =$$

$$= - m_{\text{aleación}} \cdot C_{\text{aleación}} \cdot (t_e - t_0)$$

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

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

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

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

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

Laboratorio virtual sobre Calor

<http://www.ibercajalav.net/curso.php>

### **7.- Transferencias de calor en los cambios de estado**

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

**Nos vamos a:**



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://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3\\_eso\\_materiales/b\\_ii/conceptos/conceptos\\_bloque\\_2\\_2.htm#tres](http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3_eso_materiales/b_ii/conceptos/conceptos_bloque_2_2.htm#tres)

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

Estados de Agregación de la Materia

<http://tiempodexito.com/quimicain/03.html>

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

<http://www.iesaguilarycano.com/dpto/fyq/mat/mhomo.htm>

Sabemos que la **MATERIA** ( todo aquello que ocupa un espacio y tiene masa) está constituida por compuestos químicos los cuales a su vez están formados 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.

## ENERGÍA CALORÍFICA

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.

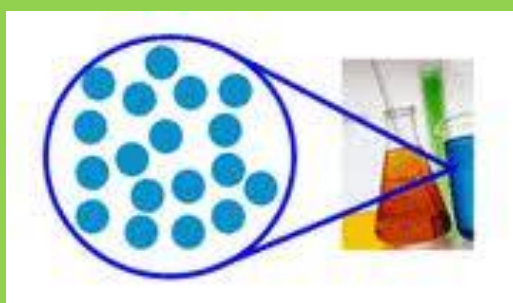
Video. Materia

<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 de la Materia:

- a) Las fuerzas tan elevadas solo permiten una pequeña vibración de las unidades estructurales por lo que presentan **VOLUMEN PROPIO**.
- b) Por la misma razón anterior tienen **FORMA FIJA**.
- c) No se pueden comprimir.
- d) No fluyen por sí mismos.

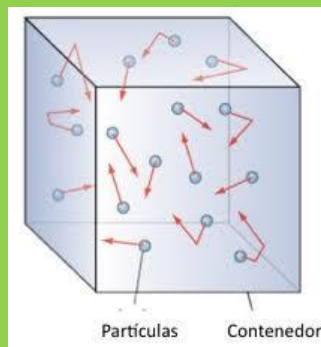
En el caso del estado **LÍQUIDO**, las fuerzas de cohesión se han **REDUCIDO** un poco, en comparación con las existentes en el estado **SÓLIDO**, las unidades estructurales se mueven con mayor libertad y aparecen las características de este **ESTADO LÍQUIDO**.



- a) No tienen **FORMA** fija.
- b) Tienen **VOLUMEN FIJO**.
- c) Son muy poco **COMPRESIBLES**.
- d) Se difunden y fluyen por sí mismos.

## ENERGÍA CALORÍFICA

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 **ESTADO 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.

Ya recordamos que la estructura de la materia está basada en unas **FUERZAS de COHESIÓN**. 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 entramos con nuestro Tema actual.

Cuando rompemos Fuerzas de Cohesión vamos pasando de un **ESTADO** de la **MATERIA** a otro **ESTADO**. Con el aporte energético podemos producir los llamados **CAMBIOS DE ESTADO**.

Video: Cambios de Estado de la Materia

<http://www.youtube.com/watch?v=W0t8jgapONo>

Cambios de Estado

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93\\_iniciacion\\_interactiva\\_materia/curso/materiales/estados/cambios.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/estados/cambios.htm)

### Cambios de Estado

[http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3\\_eso\\_materiales/b\\_ii/conceptos/conceptos\\_bloque\\_2\\_1.htm](http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3_eso_materiales/b_ii/conceptos/conceptos_bloque_2_1.htm)

### Cambios de Estado

<http://quimiconceptos.blogspot.com/2006/08/estados-y-cambios-de-estado-de-la.html>

### Cambios de Estado

[http://www.salonhogar.com/ciencias/fisica/estados\\_materia/cambios\\_estados.htm](http://www.salonhogar.com/ciencias/fisica/estados_materia/cambios_estados.htm)

## CAMBIOS DE ESTADO

### Fusión y solidificación

Cuando se le 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.

## 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.

## 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.



La **SUBLIMACIÓN** absorbe una determinada cantidad de calor.

Como hemos podido comprobar, mientras se produce un **CAMBIO de ESTADO** la temperatura permanece **CONSTANTE**.

Calor en los cambios de estado

<http://www.colfem.com/webfisica/calor/unidades.htm>

Estas temperaturas reciben el nombre de **CALOR LATENTE**.

El cambio de temperatura de una sustancia conlleva una serie de cambios físicos. Los cambios de **ESTADO** en sustancias puras tienen lugar a temperaturas y presiones definidas. El paso de sólido a gas se denomina **sublimación**, de sólido a líquido **fusión**, y de líquido a vapor **vaporización**. Estos procesos tienen lugar a una temperatura constante. La cantidad de calor necesaria para producir un cambio de fase se llama **CALOR LATENTE**; existen calores latentes de **sublimación**, **fusión** y **vaporización**. 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 fundir 1 kg de hielo se necesitan 19.000 julios, y para convertir 1 kg de agua en vapor a 100 °C, hacen falta 129.000 julios.

En el diagrama adjunto se ponen de manifiesto todos los cambios de estado directos e inversos y los balances energéticos necesarios



## ENERGÍA CALORÍFICA



Estamos en condiciones de estudiar las **TRANSFERENCIAS DE ENERGÍA EN LOS CAMBIOS DE ESTADO.**

Para estudiar este apartado del tema lo mejor es partir de un ejemplo práctico:

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:

masa = 50 g

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

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

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

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

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.:

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

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

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  $^{\circ}\text{C}$ .

## ENERGÍA CALORÍFICA

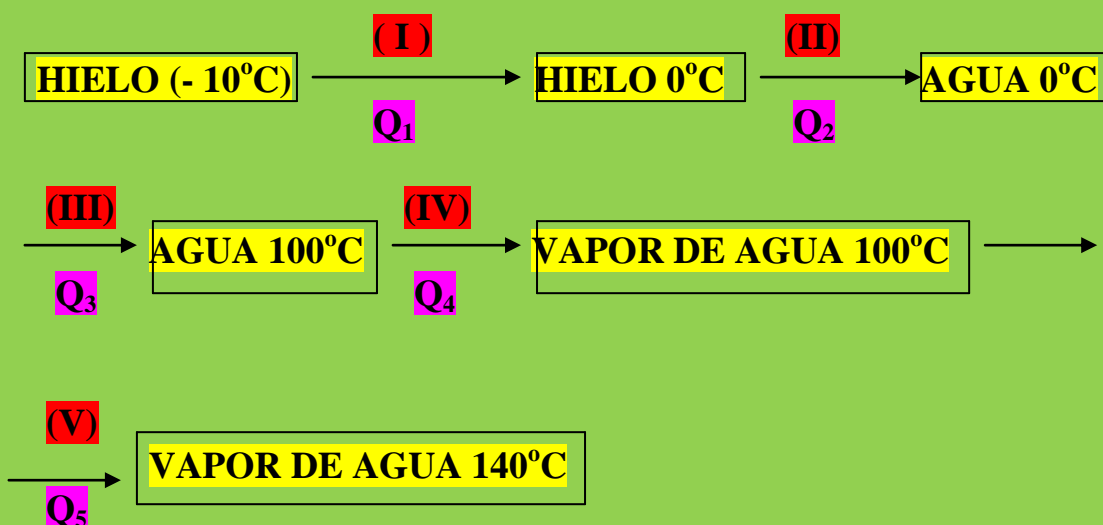
$$c_{\text{hielo}} = 0,5 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 2,83 \cdot 10^3 \text{ J / Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

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

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 y llegar de un estado sólido (hielo) a un estado gas (vapor de agua).

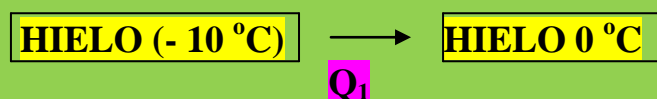
Recordemos que la temperatura de fusión del agua es de  $0^\circ\text{C}$  y la de ebullición  $100^\circ\text{C}$ .

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



Estudiemos cada una de las etapas:

**Etapa (I):**



Nos encontramos con una estructura cristalina sólida. En ella las moléculas de agua vibran muy poco alrededor de su posición de

## ENERGÍA CALORÍFICA

equilibrio. Si queremos que dichas moléculas de agua se muevan con mayor facilidad, lo que implica mayor velocidad, aplicaremos al SISTEMA (HIELO  $-10^{\circ}\text{C}$ ). Esta energía,  $Q_1$ , la calcularemos:

$$Q_1 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot (t_f - t_o) = \\ = 0,050 \text{ Kg} \cdot 2,83 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} [0 - (-10)]^{\circ}\text{C} = 1415 \text{ J} = 1,415 \text{ Kj.}$$

**Etapa (II):**



Observar que en esta etapa la temperatura permanece constante que es la condición indispensable para que se produzca un CAMBIO DE ESTADO. 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 EXISTIRÁ CAMBIO DE TEMPERATURA.**

Para conocer el aporte energético utilizaremos la misma fórmula de la Etapa (I) pero para que veáis que no podemos utilizarla:

$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot (t_f - t_o) ; \text{ como } t = \text{constante} \rightarrow t_f = t_o \rightarrow (t_f - t_o) = 0$$

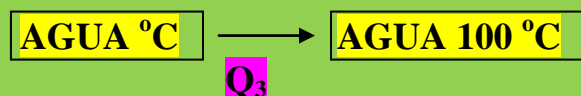
$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot 0 = 0 \text{ J (Resultado imposible puesto que debemos aportar energía)}$$

Utilizaremos la ecuación de un CAMBIO DE ESTADO:

$$Q_2 = m \cdot \text{calor latente de fusión} ; Q_2 = m \cdot L_f$$

$$Q_2 = 0,050 \text{ Kg} \cdot 334 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} = 16700 \text{ J} = 16,700 \text{ Kj}$$

**Etapa (III):**



El agua pasará de  $^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ . Se trata de un aumento muy grande de temperatura por lo que el aporte energético también será muy elevado.

## ENERGÍA CALORÍFICA

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

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

$$Q_3 = 0,050 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (100 - 0)^\circ\text{C} = 20900 \text{ J} = 20,9 \text{ Kj.}$$

Etapa (IV):

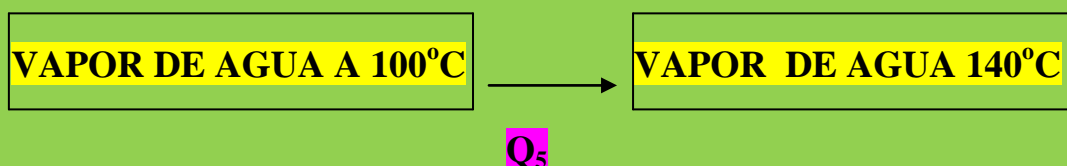


Temperatura = constante → CAMBIO DE ESTADO

$$Q_4 = m_{\text{agua}} \cdot \text{calor latente de vaporización} ; Q_4 = m_{\text{agua}} \cdot L_v$$

$$Q_4 = 0,050 \text{ Kg} \cdot 2,25 \cdot 10^6 \text{ J/Kg} = 112500 \text{ J} = 112,5 \text{ Kj.}$$

Etapa (V):



$$Q_5 = m_{\text{vaporagua}} \cdot c_{\text{vaporagua}} \cdot (t_f - t_0)$$

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

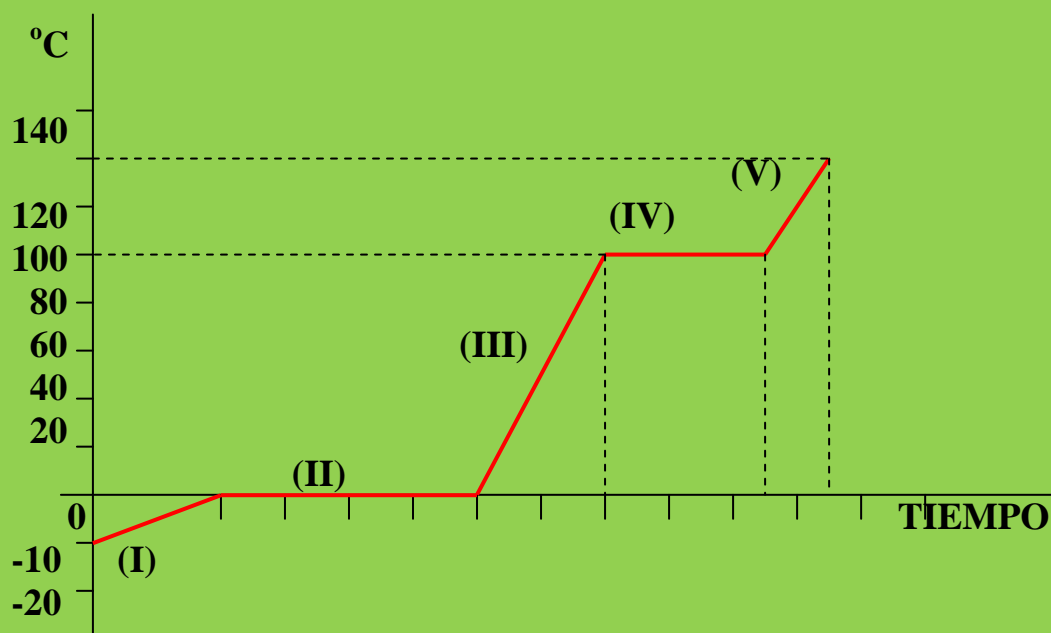
$$Q_5 = 0,050 \text{ Kg} \cdot 1960 \text{ J / Kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (140 - 100)^\circ\text{C} = 3920 \text{ J} = 3,92 \text{ Kj}$$

Conocidos los calores aportados en cada una de las etapas podemos decir:

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = \\ &= 1,415 \text{ Kj} + 16,700 \text{ Kj} + 20,9 \text{ Kj} + 112,5 \text{ Kj} + 3,92 \text{ Kj} = 155,43 \text{ Kj} \end{aligned}$$

Toda esta experiencia se podría representar en la 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:

## ENERGÍA CALORÍFICA



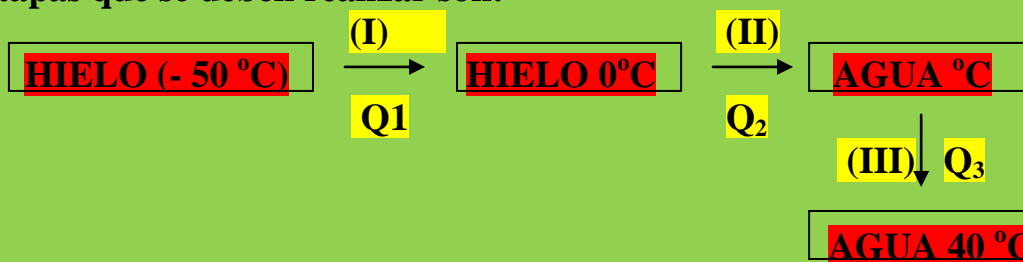
Podemos observar como en las etapas (II) y (IV) la temperatura permanece constante. En estas dos etapas existe un **CAMBIO DE ESTADO**.

### Problema resuelto

Calcular la energía que hay que darle a 500 g de hielo a  $-5^{\circ}\text{C}$  para que pase a agua líquida a  $40^{\circ}\text{C}$ .  $C_{\text{hielo}} = 0,5 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C}$ ;  $C_{\text{agua}} = 1 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C}$ .  
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:

$$\begin{aligned} m_{\text{hielo}} &= 500 \text{ g} \\ t_{\text{hielo}} &= -5^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{fagua}} &= 40^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

### Etapa (I):

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

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

### Etapa (II):

$$L_f = 334 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \cdot \frac{0,24 \text{ cal}}{1 \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 80,16 \text{ cal/g}$$

La temperatura permanece constante por lo que la **Etapa (II)** es un **CAMBIO DE ESTADO**.

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

### Etapa (II):

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

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

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

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

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

### Problema resuelto

Se tienen 150 g de hielo a  $-15^\circ\text{C}$ . Determinar la cantidad de calor necesaria para transformarlos en vapor a  $120^\circ\text{C}$ . Solución:

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

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

$$c_{\text{agua}} = 4180 \text{ J/Kg.K} ; c_{\text{hielo}} = 2050 \text{ J/Kg.K}$$

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

### Resolución:

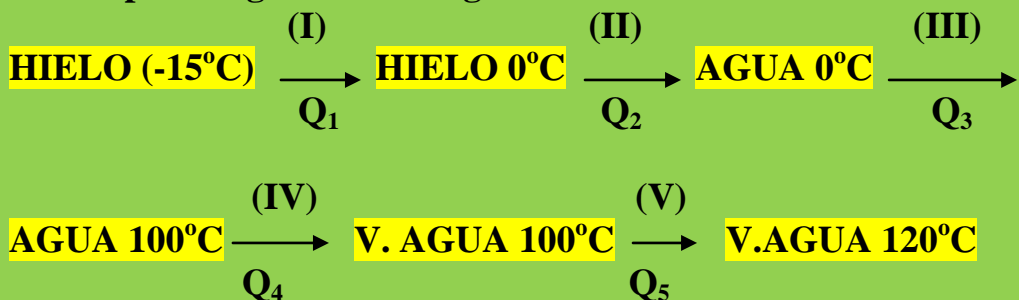
$$m_{\text{hielo}} = 150 \text{ g} \cdot 1 \text{ Kg} / 1000 \text{ g} = 0,150 \text{ Kg}$$

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

## ENERGÍA CALORÍFICA

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

Las etapas a seguir son las siguientes:



**Etapa (I):**

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

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

**Etapa (II):**

Temperatura constant  $\rightarrow$  CAMBIO DE ESTADO

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

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

**Etapa (III):**

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

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

**Etapa (IV):**

Temperatura constante  $\rightarrow$  CAMBIO DE ESTADO

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

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

## ENERGÍA CALORÍFICA

### Etapa (V):

$$Q_5 = m_{\text{vapor}} \cdot c_{\text{evapor}} \cdot (t_f - t_0) \quad ; \quad m_{\text{avaporagua}} = m_{\text{agua}}$$

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

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

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

### Problema 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). (Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

### Resolución:

HIELO °C → AGUA °C

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

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

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

AGUA °C → HIELO °C

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

$$L_{\text{solidificaciónagua}} = -L_{\text{fhielo}} \quad ; \quad \text{Se trata de procesos inversos.}$$

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

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





## ENERGÍA CALORÍFICA

### Problema 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.

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

### Resolución:



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

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

### Problema resuelto

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

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

Sol: 22570 J

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

### Resolución:

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

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

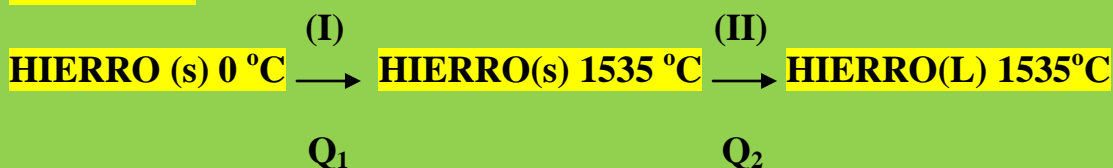
### Problema resuelto

¿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,  $L_f = 25.080\text{ J/g}$ ,  $c_e = 0.489\text{ J/g}\cdot\text{K}$ .

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

### Resolución:



## ENERGÍA CALORÍFICA

$$C_e = 0,489 \cdot \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 489 \text{ J/Kg.K}$$

### Etapa (I):

$$Q_1 = m_{\text{hierro}} \cdot c_{\text{hierro}} \cdot (t_f - t_0)$$

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

### 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

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

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

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

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

### Problema 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:  $C_{e\text{agua}} = 4180 \text{ J/Kg.K}$

### Resolución:

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

$$C_e = 2,13 \text{ J/g.K} = 2,13 \cdot \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 2130 \text{ J/Kg.K}$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

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



Por P.C.E:  $Q_1 + Q_2 = -Q_3$  (1)

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

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

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

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

**Etapas (I):**

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

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

**Etapas (II):**

Temperatura constante → CAMBIO DE ESTADO

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

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

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

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

$$Q_3 = 1 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (t_e - 60)^{\circ}\text{C}$$

Si nos vamos a (1)

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

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

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

## ENERGÍA CALORÍFICA

### Problema resuelto

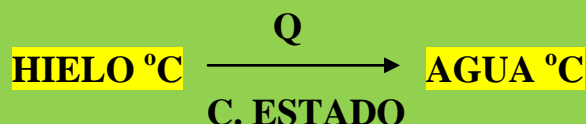
Se quiere fundir 1 kg de hielo a 0 °C echando agua a 60 °C. ¿Qué cantidad de agua se necesita?

Datos: Hielo  $L_f = 334.4 \text{ J/g}$ .

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

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

### Resolución:



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

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

$$Q = 1 \text{ Kg} \cdot 334400 \text{ J/Kg} = 334400 \text{ J}$$

Esta es la energía que nos **debe proporcionar el agua**. Como el enunciado no dice nada sobre la temperatura final del agua, deberemos suponer que ésta disminuye su temperatura para ceder el calor y estar en equilibrio con el hielo fundiéndose (0°C,  $t_{\text{agua}}$ ). Como el agua nos proporciona el calor, el valor de este deberá ser negativo.

$$Q = - m_{\text{agua}} \cdot C_{\text{agua}} (t_f - t_o) \quad ; \quad m_{\text{agua}} = m_{\text{hielo}}$$

$$334400 \text{ J} = - m_{\text{agua}} \cdot 4180 \text{ J/Kg.}^\circ\text{C} (0 - 60)^\circ\text{C}$$

$$334400 \text{ J} = 250800 m_{\text{agua}} \cdot \text{J/Kg}$$

$$m_{\text{agua}} = 334400 \text{ J} / 250800 (\text{J/Kg}) = 1,33 \text{ Kg}$$



## ENERGÍA CALORÍFICA

### Problema propuesto

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  $L_f = 334.4\text{ J/g}$ .  $c_e = 2.13\text{ J/g}\cdot\text{K}$ .

Sol: 10351.8 J.

(Autor del enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

### Problema resuelto

Se echan 4 Kg de hielo a la temperatura de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  dentro de un estanque aislado, que contiene 8 kg de agua a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Explicar lo que pasa y deducir cual será la temperatura final de la mezcla.

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

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

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

### Resolución:

Al echar el hielo ( $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en el recipiente con agua a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ésta cederá calor al hielo que utilizará para **aumentar su temperatura**.

El hielo puede sufrir las siguientes etapas:

- Pasar de ( $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Podrá fundirse y pasar a agua a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Esta agua, nacida del hielo puede seguir aumentando su temperatura.

Para que se produzcan todos estos pasos el agua a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  cederá la energía necesaria.

Vamos a calcular si el agua a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  es capaz de fundir al hielo, es decir, si se pueden realizar las etapas:



Por el P.C.E:

$$Q_1 + Q_2 = -Q$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

La Etapa (II) al mantener la temperatura constante se produce un **CAMBIO DE ESTADO**.

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

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

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

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

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

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

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: agua<sub>1</sub> a 0°C y agua<sub>2</sub> 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.

Por el P.C.E:

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

$$4 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (t_f - 0)^\circ\text{C} = 8 \text{ Kg} \cdot 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C} (t_f - 19,5)^\circ\text{C}$$

$$16720 t_f = - 33440 t_f + 652080$$

$$16720 t_f + 33440 t_f = 652080$$

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



### Problema propuesto

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. Sol:

48,66 °C

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

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

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

Laboratorio virtual sobre Calor

<http://www.ibercajalav.net/curso.php>

## Experiencia de laboratorio

### Determinación experimental del Calor específico de una sustancia.

*Fuente:* GRUPO HEUREMA. EDUCACIÓN SECUNDARIA

### OBJETIVO DE LA PRÁCTICA

El objetivo de la práctica será la determinación del calor específico de un cilindro de material desconocido.

Nos basamos, teóricamente, en el hecho de que cuando dos cuerpos se encuentran en contacto y están a diferente temperatura, el de mayor temperatura cederá calor ( $Q_c$ ) al de menor temperatura ( $Q_g$ ). Cumpliéndose energéticamente que:

$$Q_c + Q_g = 0 \quad (1)$$

De esa forma a partir del calor que puede transferir el agua a  $t_1$ , a una determinada masa de cuerpo (cilindro) a la temperatura ambiente,  $t_2$ , hasta alcanzar la temperatura final  $t_e$  (temperatura de equilibrio), se podrá calcular su calor específico.

$$Q_{c_{\text{agua}}} = m_{\text{agua}} \cdot C_{e_{\text{agua}}} (t_f - t_1)$$

$$Q_{g_{\text{cilindro}}} = m_{\text{cilindro}} \cdot C_{e_{\text{cilindro}}} \cdot (t_2 - t_f)$$

Yéndonos a la ecuación (1)

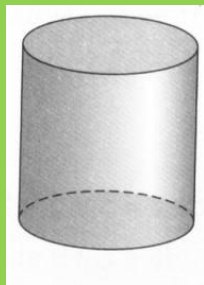
$$m(\text{agua}) \cdot C_{e_{\text{agua}}} (t_f - t_1) + m_{\text{cilindro}} \cdot C_{e_{\text{cilindro}}} \cdot (t_2 - t_f) = 0 \quad (2)$$

## ENERGÍA CALORÍFICA

### *Realización*

#### *Material:*

- .- Calorímetro**
- .- Cilindro.**
- .- Calentador de líquidos por inmersión.**



Calentaremos 250 mL de agua dentro del calorímetro hasta una temperatura de 80°C.

Por otro lado tendremos el cilindro cuya masa,  $m_2$ , será determinada por una balanza y se encontrará a la misma temperatura del laboratorio ( $t_2$ )

Introduciremos el cilindro en el calorímetro y agitaremos suavemente observando como la temperatura empieza a descender. Llegará un momento en donde la temperatura se estabilizará, hemos llegado a la temperatura de equilibrio ( $t_e$ ).

#### *Con los datos que tenemos:*

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

$$m_{\text{cilindro}} = \text{a determinar en la balanza}$$

$$t_1 = 80^\circ\text{C}$$

$$t_2 = \text{Temperatura del laboratorio}$$

$$t_e = \text{La determinará el termómetro}$$

$$C_{e_{\text{agua}}} = 4180 \text{ J/Kg.K}$$

$$C_{e_{\text{cilindro}}} = \text{Nuestra incognita}$$





## ENERGÍA CALORÍFICA

Nos vamos a la ecuación (2) y podemos conocer el calor específico del material que forma el cilindro. Trabajando matemáticamente:

$$m(\text{agua}) \cdot C_{e_{\text{agua}}} (t_e - t_1) + m_{\text{cilindro}} \cdot C_{e_{\text{cilindro}}} \cdot (t_e - t_2) = 0$$

$$m(\text{agua}) \cdot C_{e_{\text{agua}}} (t_e - t_1) = - m_{\text{cilindro}} \cdot C_{e_{\text{cilindro}}} \cdot (t_e - t_2)$$

$$C_{e_{\text{cilindro}}} = - m_{\text{agua}} \cdot C_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_e - t_1) / m_{\text{cilindro}} \cdot (t_e - t_2)$$

----- O -----

**Se terminó**

**Antonio Zaragoza López**