

EJERCICIOS DE ENERGÍA CALORÍFICA (CALOR)

La finalidad de esta colección de *ejercicios resueltos* consiste en que sepáis resolver las diferentes situaciones que se nos plantea en el problema. Para ello seguiremos los siguientes pasos:

Leer el ejercicio y **NO IROS A LA SOLUCIÓN DEL MISMO**. De esta forma lo único que conseguiréis es a solucionar *problemas de memoria*.

Meteros en el fenómeno que nos describe el ejercicio. Plantear la *hipótesis* que os puede solucionar el problema. Aplicar vuestras fórmulas y comprobar si coincidimos con el resultado del profesor.

Si hemos coincidido *fabuloso* pero si no, plantearemos una *segunda hipótesis*, haremos cálculos y comprobaremos con el resultado del profesor.

Si la segunda hipótesis tampoco es válida, entonces **ESTUDIAREMOS** lo que ha hecho el profesor e **INTENTARÉ ENTENDER** lo desarrollado. Si se entiende *estupendo*.

Si no **ENTENDÉIS** lo desarrollado por el profesor, anotar el número de ejercicio y en la próxima clase, *sin dejar empezar a trabajar al profesor*, pedirle si os puede resolver el *siguiente ejercicio*.

Problema resuelto N° 1 (pág. N° 1)

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

Sol. 0,234 KJ/Kg.°C

Resolución:

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

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

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

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

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

Problema resuelto N° 2 (pág. N° 2)

Transforme 20°C en grados Fahrenheit.

Resolución:

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

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

Problema resuelto resuelto N° 3 (pág. N° 2)

Transforme según la ecuación de conversión : a) 15°C a $^\circ\text{F}$; y b) -10°F a $^\circ\text{C}$.

Resolución:

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

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

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

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

Problema propuesto (pág. N° 2)

La temperatura en un salón es 24°C . ¿Cuál será la lectura en la escala Fahrenheit?. R = $75,2^\circ\text{F}$

Problema propuesto (pág. N° 2)

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

Problema propuesto (pág. N° 3)

Completar el siguiente cuadro; utilizando la ecuación de conversión:

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

Problema resuelto N° 4 (pág. N° 3)

¿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”

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

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

Problema resuelto N° 5 (pág. N° 3)

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

Resolución:

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

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

$$t_o = 15^{\circ}\text{C}$$

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

$$c_e?$$

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

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

Problema resuelto N° 6 (pág. N° 4)

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:

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

Problema resuelto N° 7 (pág. N° 4)

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

$1 \text{ L Agua} = 1 \text{ Kg Agua}$; $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$

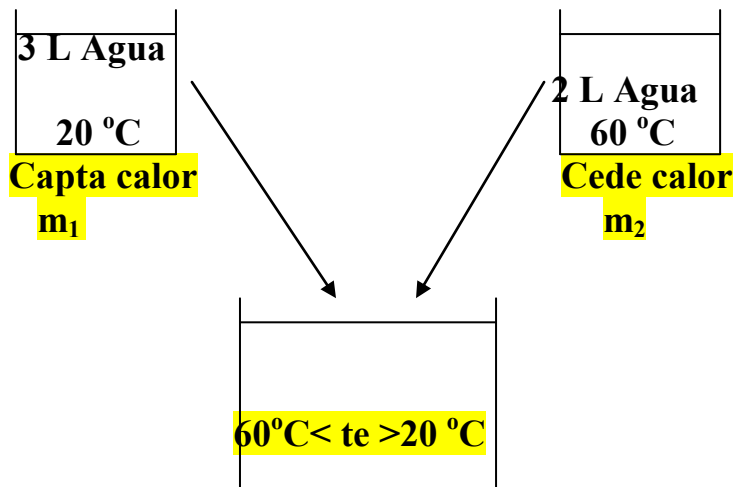
$d_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg / m}^3$

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

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

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

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



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:

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

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

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

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

Si nos vamos a (1):

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

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

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

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

Problema resuelto N° 8 (pág. N° 6)

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 ($t_{\text{alcohol}} > t_{\text{agua}}$)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nos vamos a (1):

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

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

$$836 t_e + 735 t_e = 36750 + 16720 ; 1571 t_e = 403470$$

$$t_e = 403470/1571 = 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

b) El calor cedido por el alcohol es:

$$Q_{\text{cedido}} = m \cdot c_e \cdot (t_f - t_o) = 0,3 \text{ Kg} \cdot 2450 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{C} (34 - 50)^{\circ}\text{C} =$$

$$= - 11760 \text{ J (reales, negativo porque se cede energía)}$$

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:

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

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 N° 9 (pág. N° 7)

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: A. Zaragoza)

Resolución:

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

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

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

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

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

Problema propuesto (pág. N° 7)

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

(Autor de enunciado: D. Santiago Fernández. Resolución: A. Zaragoza)

DATO: $C_e = 4180 \text{ J/Kg.}^{\circ}\text{C}$

Problema resuelto N° 10 (pág. N° 8)

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.

Solución: 3,87Kg

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez. Resolución: A. Zaragoza)

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

Resolución:

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

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

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

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

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):

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

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

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

Problema resuelto N° 11 (pág. N° 8)

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: A. Zazafoza)

Resolución:

$$V_{\text{aguacaliente}} = 95 \text{ L} \rightarrow m_{\text{aguacaliente}} = 95 \text{ Kg}$$

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

$$V_{\text{aguafría}} = m_{\text{aguafría}} = ?$$

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

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

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

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):

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

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

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

Problema propuesto (pág. N° 9)

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. Resolución: A. Zaragoza)

Problema resuelto N° 12 (pág. N° 9)

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. Resolución: A. Zaragoza)

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

Resolución

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problema propuesto (pág. N° 10)

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 (pág. N° 11)

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)

Problema resuelto N° 13 (pág. N° 11)

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

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{aleación}}?$$

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

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

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

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

$$= - m_{\text{aleación}} \cdot c_{\text{aleación}} \cdot (t_e - t_o)$$

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

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

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

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

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

Ejercicio modelo N° 14 (pág. N° 11)

Queremos transformar 50 gramos de hielo a -10°C a vapor de agua a 140°C . Obtener el resultado en Kj.

DATOS:

$$\text{masa} = 50 \text{ g}$$

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

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

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

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

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

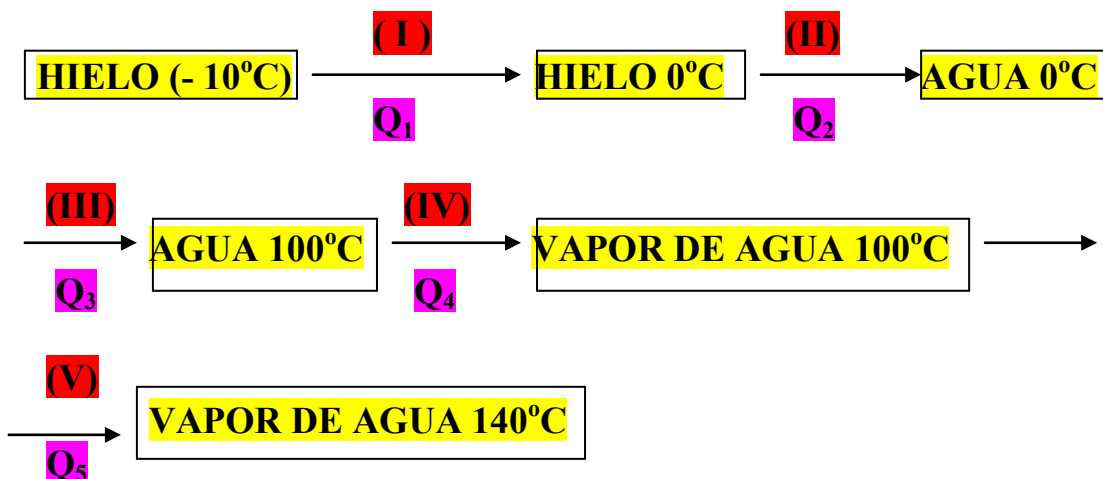
$$c_{\text{hielo}} = 0,5 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ J}}{0,24 \text{ cal}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 2,08 \cdot 10^3 \text{ J/ Kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

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

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).

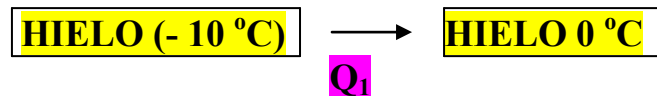
Recordemos que la temperatura de fusión del agua es de 0°C y la de ebullición 100°C .

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



Estudiamos cada una de las etapas:

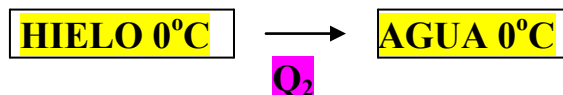
Etapla (I):



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). Esta energía, Q_1 , la calcularemos:

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

Etapla (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:

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

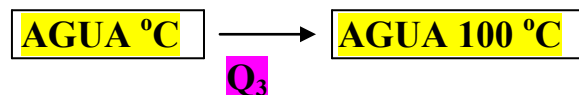
$$Q_2 = m_{\text{hielo}} \cdot c_{\text{hielo}} \cdot 0 = 0 \text{ J (Resultado imposible puesto que debemos aportar energía)}$$

Utilizaremos la ecuación de un **CAMBIO DE ESTADO**:

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

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

Etapas (III):



El agua pasará de 0°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.

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

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

Etapas (IV):

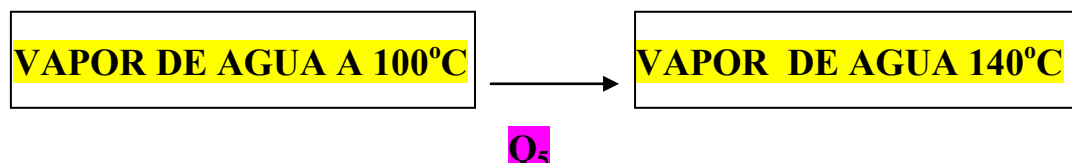


Temperatura = constante → **CAMBIO DE ESTADO**

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

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

Etapas (V):



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

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

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

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

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

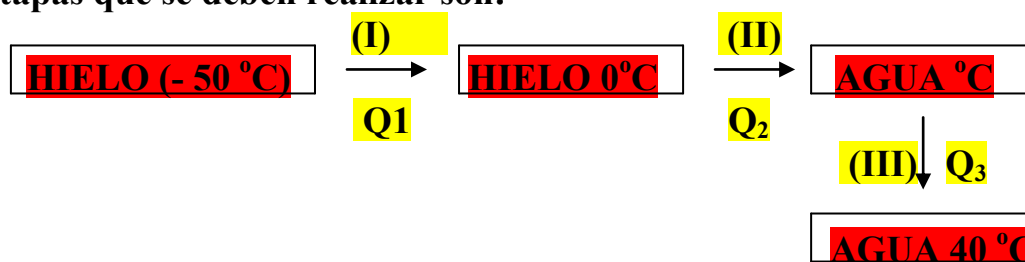
$$= 1,415 \text{ Kj} + 16,700 \text{ Kj} + 20,9 \text{ Kj} + 112,5 \text{ Kj} + 3,92 \text{ Kj} = 155,43 \text{ Kj}$$

Problema resuelto N° 15 (pág. N° 15)

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

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

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

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

Etapas (1):

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

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

Etapla (II):

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

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

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

Etapla (II):

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

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

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

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

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

Problema resuelto N° 16 (pág. N° 16)

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

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez. Resolución: A. Zaragoza)

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

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

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

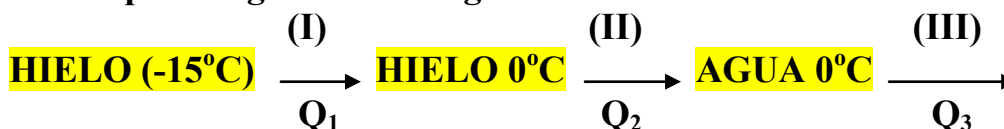
Resolución:

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

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

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

Las etapas a seguir son las siguientes:





Etapla (I):

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

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

Etapla (II):

Temperatura constant $\rightarrow$ CAMBIO DE ESTADO

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

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

Etapla (III):

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

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

Etapla (IV):

Temperatura constante $\rightarrow$ CAMBIO DE ESTADO

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

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

Etapla (V):

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

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

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

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

Problema resuelto N° 17 (pág. N° 18)

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: A. Zaragoza)

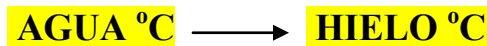
Resolución:



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

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

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



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

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

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

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

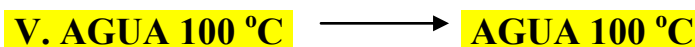
Problema resuelto N° 18 (pág. N° 18)

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:



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

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

Problema resuelto N° 19 (pág. N° 19)

¿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:

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

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

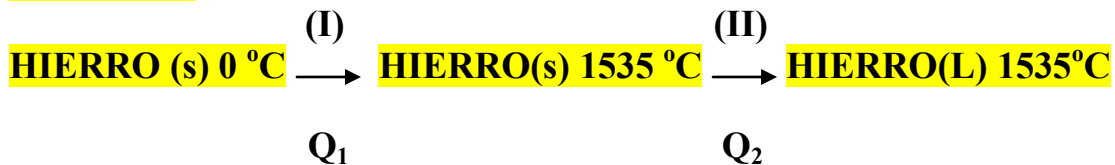
Problema resuelto N° 20 (pág. N° 19)

¿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:



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

Etapas (I):

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

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

Etapla (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

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

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

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

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

Problema resuelto N° 21 (pág. N° 20)

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: A. Zaragoza)

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**

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

$L_{\text{solidificaciónagua}} = - L_{\text{fhielo}}$; 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).

Problema resuelto N° 22 (pág. N° 21)

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:

V. AGUA 100 °C $\longrightarrow$ **AGUA 100 °C**

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

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

Problema resuelto N° 23 (pág. N° 21)

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: A. Zaragoza)

Resolución:

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

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

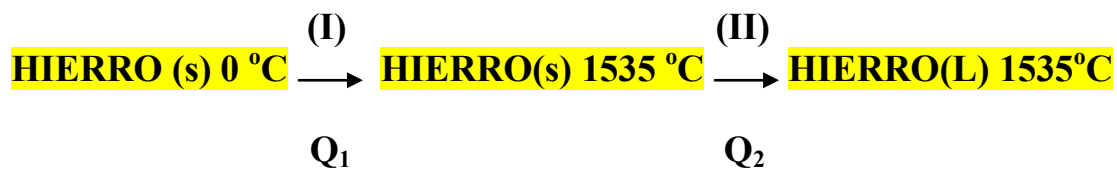
Problema resuelto N° 24

¿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:



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

Etapla (I):

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

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

Etapla (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**

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

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

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

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

Problema resuelto N° 25 (pág. N° 22)

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 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la temperatura final de la mezcla.

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre)

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

Resolución:

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

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

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)

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

$$t_{0\text{agua}} = 60 \text{ °C}$$

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

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

Etapas (I):

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

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

Etapas (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.

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

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

Si nos vamos a (1)

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

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

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

Problema resuelto N° 27 (pág. N° 24)

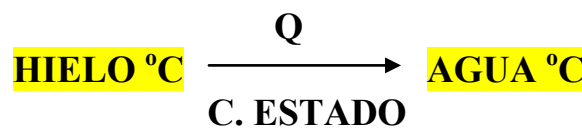
Se quiere fundir 1 kg de hielo a 0 °C echando agua a 60 °C. ¿Qué cantidad de agua se necesita?

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

(Autor enunciado: D. Julián Moreno Mestre. Resolución: A. Zaragoza)

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

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, $t_{f_{\text{agua}}}$). Como el agua nos proporciona el calor, el valor de este deberá ser negativo.

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

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

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

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

Problema propuesto (pág. N° 25)

Un cubito de hielo de 30 g de masa se encuentra a -5°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 N° 28 (pág. N° 25)

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.

(Autor enunciado: D. Santiago Fernandez)

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

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

Resolución:

Al echar el hielo (-2°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:



Por el P.C.E:

$$Q_1 + Q_2 = -Q$$

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

$$m_{\text{hielo}} \cdot C_{e_{\text{hielo}}} \cdot (t_f - t_o) + m_{\text{hielo}} \cdot L_{f_{\text{agua}}} = m_{\text{agua2}} \cdot C_{e_{\text{agua}}} \cdot (t_f - t_o)$$

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

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

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

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

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

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.

Por el P.C.E:

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

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

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

$$16720 t_f + 33440 t_f = 652080$$

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

Problema propuesto (pág. N° 27)

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: $48,66^{\circ}\text{C}$

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