

Calorimetría - Soluciones

- 1.- ¿Cuántas calorías ceden 5 kg de cobre ($c = 0,094 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) al enfriarse desde 36°C hasta -4°C ?

Datos:

$$m = 5 \text{ kg} = 5.000 \text{ g}$$

$$T_i = 36^\circ\text{C}$$

$$T_f = -4^\circ\text{C}$$

$$c = 0,094 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$Q = -mc\Delta T = -mc(T_f - T_i) = -5.000 \text{ g} \cdot 0,094 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (-4^\circ\text{C} - 36^\circ\text{C}) = 18.800 \text{ cal}$$

- 2.- Un bloque de acero ($c = 0,12 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) de 1,5 toneladas se calienta hasta absorber $1,8 \times 10^6 \text{ cal}$. ¿A qué temperatura queda si estaba a 10°C ?

Datos:

$$m = 1,5 \text{ ton} = 1.500 \text{ kg} = 1.500.000 \text{ g} = 1,5 \times 10^6 \text{ g}$$

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

$$c = 0,12 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$Q = 1,8 \times 10^6 \text{ cal}$$

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) \rightarrow T_f = \frac{Q}{mc} + T_i = \frac{1,8 \times 10^6 \text{ cal}}{1,5 \times 10^6 \cdot 0,12 \text{ cal/g}^\circ\text{C}} + 10^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

- 3.- Una caja de latón ($c = 395,6 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$) tiene una masa de 250 g a una temperatura de -20°C . ¿Cuánta energía térmica hay que suministrarle para que alcance la temperatura de 120°C ?

Datos:

$$m = 250 \text{ g} = 0,25 \text{ kg}$$

$$T_i = -20^\circ\text{C}$$

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

$$c = 395,6 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) = 0,25 \text{ kg} \cdot 395,6 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot (120^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})) = 13.846 \text{ J}$$

- 4.- ¿Cuántas calorías absorbe una barra de hierro ($0,11 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) cuando se calienta desde -4°C hasta 180°C , siendo su masa de 25 kg?

Datos:

$$m = 25 \text{ kg} = 25.000 \text{ g}$$

$$T_i = -4^\circ\text{C}$$

$$T_f = 180^\circ\text{C}$$

$$c = 0,11 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) = 25.000 \text{ g} \cdot 0,11 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (180^\circ\text{C} - (-4^\circ\text{C})) = 506 \text{ kcal}$$

- 5.- ¿Qué masa tiene una plancha de cobre si cede 910 cal al enfriarse desde 192 °C hasta -8 °C?

Datos:

$$Q = 910 \text{ cal}$$

$$T_i = 192 \text{ °C}$$

$$T_f = -8 \text{ °C}$$

$$c = 0,094 \text{ cal/g °C}$$

$$Q = -mc\Delta T \rightarrow m = -\frac{Q}{c\Delta T} = -\frac{Q}{c(T_f - T_i)} = -\frac{910\text{cal}}{0,094\text{cal/g °C}(-8\text{°C} - 192\text{°C})} = 48,4\text{g}$$

- 6.- ¿Cuántas calorías absorbe 1/4 litro de mercurio (densidad = 13,6 g/cm³ y c = 0,033 cal/g °C) cuando se calienta desde -20 °C hasta 30 °C?

Datos:

$$V = 1/4 \text{ l} = 0,25 \text{ l} = 250 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

$$c = 0,033 \text{ cal/g °C}$$

$$T_i = -20 \text{ °C}$$

$$T_f = 30 \text{ °C}$$

$$m = \rho V = 13,6 \text{ g/cm}^3 \cdot 250 \text{ cm}^3 = 3.400 \text{ g}$$

$$Q = mc\Delta T = 3.400 \text{ g} \cdot 0,033 \text{ cal/g °C} \cdot (30 \text{ °C} - -20 \text{ °C}) = 5.610 \text{ cal}$$

- 7.- Para calentar 3/4 litros de mercurio que están a 5 °C se absorben 6,6 Kcal. ¿A qué temperatura queda?

Datos:

$$V = 3/4 \text{ l} = 0,75 \text{ l} = 750 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 13,6 \text{ g/cm}^3$$

$$c = 0,033 \text{ cal/g °C}$$

$$T_i = 5 \text{ °C}$$

$$Q = 6,6 \text{ kcal} = 6.600 \text{ cal}$$

$$m = \rho V = 13,6 \text{ g/cm}^3 \cdot 750 \text{ cm}^3 = 10.200 \text{ g}$$

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) \rightarrow T_f = \frac{Q}{mc} + T_i = \frac{6.600\text{cal}}{10.200 \cdot 0,033\text{cal/g °C}} + 5\text{°C} = 24,6\text{°C}$$

- 8.- Se tienen 2,5 toneladas de hierro que ceden 2,2x10⁶ cal al enfriarse desde 1000 °C. ¿A qué temperatura queda?

Datos:

$$m = 2,5 \text{ ton} = 2.500 \text{ kg} = 2,5 \times 10^6 \text{ g}$$

$$Q = 2,2 \times 10^6 \text{ cal}$$

$$T_i = 1.000 \text{ °C}$$

$$c = 0,11 \text{ cal/g °C}$$

$$Q = -mc\Delta T = -mc(T_f - T_i) \rightarrow T_f = -\frac{Q}{mc} + T_i = -\frac{2,2 \times 10^6 \text{ cal}}{2,5 \times 10^6 \cdot 0,11 \text{ cal/g °C}} + 1.000\text{°C} = 992\text{°C}$$

- 9.- Se tiene un trozo de hielo de 1 kg a una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- a) ¿Cuánto calor se necesita para transformarlo a vapor de agua?
- b) ¿Cuánto calor se necesita para transformar a vapor de agua sólo la mitad del hielo? Considere que nunca se quita parte alguna del trozo de hielo inicial, ni siquiera cuando es agua.

a) Datos:
 $m = 1\text{ kg} = 1.000\text{ g}$
 $T_i = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $c_{\text{hielo}} = 0,5\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$
 $c_{\text{agua}} = 1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$
 $L_f = 80\text{ cal/g}$
 $L_v = 540\text{ cal/g}$

- i) para que suba su temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q = mc\Delta T = 1.000\text{ g} \cdot 0,5\text{ cal/g }^{\circ}\text{C} \cdot (0\text{ }^{\circ}\text{C} - (-40\text{ }^{\circ}\text{C})) = 20.000\text{ cal}$$

- ii) para que se produzca el proceso de la fusión:

$$Q = mL_f = 1.000\text{ g} \cdot 80\text{ cal/g} = 80.000\text{ cal}$$

- iii) para que suba su temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (en forma de agua líquida)

$$Q = mc\Delta T = 1.000\text{ g} \cdot 1\text{ cal/g }^{\circ}\text{C} \cdot (100\text{ }^{\circ}\text{C} - 0\text{ }^{\circ}\text{C}) = 100.000\text{ cal}$$

- iv) para que se evapore completamente

$$Q = mL_v = 1.000\text{ g} \cdot 540\text{ cal/g} = 540.000\text{ cal}$$

- v) se suman todas las energías

$$Q = 20.000\text{ cal} + 80.000\text{ cal} + 100.000\text{ cal} + 540.000\text{ cal} = 740.000\text{ cal}$$

- b) Como ahora se pide la energía necesaria para que se evapore solo la mitad de la masa inicial, los pasos i) a iii) de la letra anterior son iguales, y solo cambia el paso iv) donde se considera solo la mitad de la masa, es decir 500 g.

- iv) para que se evapore la mitad de la masa

$$Q = mL_v = 500\text{ g} \cdot 540\text{ cal/g} = 270.000\text{ cal}$$

- v) se suman todas las energías:

$$Q = 20.000\text{ cal} + 80.000\text{ cal} + 100.000\text{ cal} + 270.000\text{ cal} = 470.000\text{ cal}$$

10.- Hallar el calor que se debe extraer de 20 g de vapor de agua a 100 °C para condensarlo y enfriarlo hasta 20 °C.

Datos:

$$m = 20 \text{ g}$$

$$T_i = 100 \text{ °C vapor de agua}$$

$$T_f = 20 \text{ °C agua líquida}$$

i) energía que debe restársele para que se condense

$$Q = mL_v = 20 \text{ g} \cdot 540 \text{ cal/g} = 10.800 \text{ cal}$$

ii) energía que debe restársele para que su temperatura disminuya

$$Q = - mc\Delta T = - 20 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g °C} \cdot (20 \text{ °C} - 100 \text{ °C}) = 1.600 \text{ cal}$$

iii) se suman las energías que hay que restarle

$$Q = 10.800 \text{ cal} + 1.600 \text{ cal} = 12.400 \text{ cal} = 12,4 \text{ kcal}$$

11.- Se tienen 500 g de un trozo de cobre a 20 °C y se le agrega 10.000 cal. ¿Qué temperatura alcanza?

Datos:

$$m = 500 \text{ g}$$

$$c = 0,094 \text{ cal/g °C}$$

$$T_i = 20 \text{ °C}$$

$$Q = 10.000 \text{ cal}$$

$$Q = mc\Delta T = mc(T_f - T_i) \rightarrow T_f = \frac{Q}{mc} + T_i = \frac{10.000 \text{ cal}}{500 \cdot 0,094 \text{ cal/g °C}} + 20 \text{ °C} = 232,8 \text{ °C}$$

12.- Hallar el número de kilocalorías absorbidas por una nevera eléctrica al enfriar 3 kg de agua a 15 °C y transformarlos en hielo a 0 °C.

Datos:

$$m = 3 \text{ kg} = 3.000 \text{ g}$$

$$T_i = 15 \text{ °C} \quad \text{agua líquida}$$

$$T_f = 0 \text{ °C} \quad \text{hielo}$$

i) primero se enfría hasta 0 °C

$$Q = - mc\Delta T = - 3.000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g °C} \cdot (0 \text{ °C} - 15 \text{ °C}) = 45.000 \text{ cal}$$

ii) ahora se determina la energía que hay que restarle para que se congele

$$Q = mL_f = 3.000 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} = 240.000 \text{ cal}$$

iii) ahora se suman las energías que hay que extraer

$$Q = 45.000 \text{ cal} + 240.000 \text{ cal} = 285.000 \text{ cal} = 285 \text{ kcal}$$

13.- Se tienen 500 g de un trozo de cobre a 20 °C. ¿Qué temperatura alcanza si se le extraen 10.000 cal?

Datos:

$$m = 500 \text{ g}$$

$$c = 0,094 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

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

$$Q = 10.000 \text{ cal}$$

$$Q = -mc\Delta T = -mc(T_f - T_i) \rightarrow T_f = T_i - \frac{Q}{mc} = 20^\circ\text{C} - \frac{10.000\text{cal}}{500 \cdot 0,094\text{cal/g}^\circ\text{C}} = -192,8^\circ\text{C}$$

14.- Se mezclan 400 g de agua a 80 °C con 500 g de alcohol a 10 °C. ¿A qué temperatura queda la mezcla?

Datos absorbe: $m_1 = 500 \text{ g}$ $c_1 = 0,6 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ $T_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = x$	Datos cede: $m_2 = 400 \text{ g}$ $c_2 = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ $T_i = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = x$
--	---

* Por simplicidad se omitirán las unidades.

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{ced}} \rightarrow m_1c_1\Delta T_1 = -m_2c_2\Delta T_2 \rightarrow 500 \cdot 0,6 \cdot (x - 10) = -400 \cdot 1 \cdot (x - 80)$$

$$300x - 3.000 = -400x + 32.000 \rightarrow 300x + 400x = 32.000 + 3.000$$

$$\text{Despejando adecuadamente: } T_f = x = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

15.- En un calorímetro de 300 g y $c = 0,09 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ se tienen 200 g de alcohol a 10 °C. Se echan 100 g de mercurio a 80 °C. Si la mezcla quedó a 11,4 °C ¿cuál es el calor específico del alcohol?

Datos absorbe 1: $m_1 = 300 \text{ g}$ $c_1 = 0,09 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ $T_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = 11,4 \text{ }^\circ\text{C}$	Datos absorbe 2: $m_2 = 200 \text{ g}$ $c_2 = x$ $T_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = 11,4 \text{ }^\circ\text{C}$	Datos cede: $m_3 = 100 \text{ g}$ $c_3 = 0,033 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ $T_i = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = 11,4 \text{ }^\circ\text{C}$
---	--	---

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{ced}} \rightarrow m_1c_1\Delta T_1 + m_2c_2\Delta T_2 = -m_3c_3\Delta T_3 \rightarrow$$

$$300 \cdot 0,09 \cdot (11,4 - 10) + 200 \cdot x \cdot (11,4 - 10) = -100 \cdot 0,033 \cdot (11,4 - 80) \rightarrow$$

$$37,8 + 280x = 905,52 \rightarrow 280x = 226,38$$

$$c = 0,8 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

16.- Hallar la temperatura resultante de la mezcla de 150 g de hielo a 0 °C y 300 g de agua a 50 °C.

Primero se debe observar que el hielo, antes de mezclarse con el agua, debe fundirse, y para hacerlo le extrae energía al agua. Entonces, la energía que necesita el hielo para fundirse es:

$$Q = mL_f = 150 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} = 12.000 \text{ cal}$$

Y, con ello, el agua disminuye su temperatura, que se determina a continuación

$$Q = -mc\Delta T = -mc(T_f - T_i) \rightarrow T_f = T_i - \frac{Q}{mc} = 50^\circ\text{C} - \frac{12.000\text{cal}}{300 \cdot 1\text{cal/g}^\circ\text{C}} = 10^\circ\text{C}$$

Por lo tanto, la mezcla se producirá con 150 g de agua a 0 °C y 300 g de agua a 10 °C

Datos absorbe: $m_1 = 150 \text{ g}$ $c_1 = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ $T_i = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = x$	Datos cede: $m_2 = 300 \text{ g}$ $c_2 = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ $T_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_f = x$
---	---

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{ced}} \rightarrow m_1c_1\Delta T_1 = -m_2c_2\Delta T_2 \rightarrow 150 \cdot 1 \cdot (x - 0) = -300 \cdot 1 \cdot (x - 10)$$

$$150x = -300x + 3.000 \rightarrow 450x = 3.000 \quad \rightarrow \quad T_f = x = 6,67 \text{ }^\circ\text{C}$$

17.- Hallar la temperatura de la mezcla de 1 kg de hielo a 0 °C con 9 kg de agua a 50 °C. (37 °C)

Este problema es similar al anterior, solo con datos diferentes.

18.- A 500 g de hielo a -20 °C se le agregan 257.500 cal. ¿En qué estado quedan los 500 g de hielo?

i) Para que el hielo aumente su temperatura a 0 °C ocupará parte de la energía.

$$Q = mc\Delta T = 500 \text{ g} \cdot 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (0 \text{ }^\circ\text{C} - -20 \text{ }^\circ\text{C}) = 5.000 \text{ cal}$$

Entonces, queda disponible 257.500 cal - 5.000 cal = 252.500 cal para los siguientes procesos.

ii) Ahora, cuánta energía se ocupa para fundir el hielo.

$$Q = mL_f = 500 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} = 40.000 \text{ cal}$$

Y, quedan 212.500 cal.

iii) Ahora aumenta la temperatura de 0 °C a 100 °C ocupando la energía

$$Q = mc\Delta T = 500 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - 0 \text{ }^\circ\text{C}) = 50.000 \text{ cal}$$

Y, quedan 162.500 cal, con el agua en estado líquido a 100 °C.

iv) Veamos si esa energía alcanza para que el agua se evapore.

$$Q = mL_v = 500 \text{ g} \cdot 540 \text{ cal/g} = 270.00 \text{ cal}$$

Entonces, la energía disponible no alcanza para que se evapore toda el agua, pero sí una fracción de ella, que se determina a continuación.

$$Q = mL_v \rightarrow m = \frac{Q}{L_v} = \frac{162.500\text{cal}}{540\text{cal/g}^\circ\text{C}} = 300,9\text{g}$$

Respuesta. Por lo tanto, de los 500 g iniciales de hielo con la energía que absorbe se evaporan 300,9 g a 100 °C y el resto, 199,1 g, queda en estado líquido a 100 °C.

19.- Calcular la cantidad de calor necesaria para transformar 10 g de hielo a 0 °C en vapor a 100 °C.

Datos:

$$m = 10 \text{ g}$$

$$T_i = 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{hielo}$$

Estado final: vapor de agua a 100 °C

i) energía para fundir el hielo.

$$Q = mL_f = 10 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} = 800 \text{ cal}$$

ii) energía para que suba su temperatura desde 0 °C a 100 °C.

$$Q = mc\Delta T = 10 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - 0 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.000 \text{ cal}$$

iii) energía para que se evapore.

$$Q = mL_v = 10 \text{ g} \cdot 540 \text{ cal/g} = 5.400 \text{ g}$$

iv) Se suman las energías:

$$Q = 800 \text{ cal} + 1.000 \text{ cal} + 5.400 \text{ cal} = 7.200 \text{ cal} = 7,2 \text{ kcal}$$

20.- Se vacían 400 g de agua a 20 °C en un recipiente. El recipiente se coloca al fuego de una llama que le proporciona cierta cantidad de energía térmica de modo que tarda 5 minutos para que el agua alcance una temperatura de 90 °C. Si el recipiente no absorbe energía térmica, a) ¿cuánta energía absorbió el agua?, b) ¿qué potencia desarrolla el sistema que calienta el agua? Responda las mismas preguntas suponiendo que el recipiente y el ambiente absorben el 50% de la energía que entrega la fuente térmica.

a) $Q = mc\Delta T = 400 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (90 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) = 28.000 \text{ cal}$

b) $P = Q/t = 28.000 \text{ cal} / 300 \text{ s} = 93,33 \text{ W}$ (W = watt)

c) La primera respuesta sería igual, y la segunda habría que multiplicarla por 2, ya que la energía que entrega la fuente térmica sería el doble de la que absorbe el agua.