

9) En un recipiente adiabático que contiene **550 g de agua a 22°C**, se echan **300 g de plomo fundido (líquido) a 327°C**. Puede despreciarse la capacidad calorífica del recipiente. Consulte los datos que necesite en la tabla adjunta y determine:

- a) La temperatura del agua cuando finaliza la solidificación del plomo.  
 b) La temperatura de equilibrio del sistema agua-plomo.

|       | Calor esp. del sólido (cal/g°C) | Calor latente de fusión (cal/g) | Calor esp. del líquido (cal/g°C) | Temp. de fusión/solid. (°C) |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Plomo | 0,031                           | 5,5                             | Sin dato                         | 327                         |
| Agua  | 0,5                             | 80                              | 1                                | 0                           |

A ) Como se trata de un recipiente adiabático:

$$Q_{pb} + Q_{agua} = 0 \quad (\text{el recipiente no absorbe calor: } Q_{rec} = 0)$$

Calcular cuanto calor entrega el Pb hasta que se solidifica ( calor latente):

$$Q_{pb}(\text{latente}) = - m_{pb} \cdot 5,5 \text{ cal/g} \quad L_{Pb} = 5,5 \text{ cal/g}$$

Como quiero **solidificar todo el Pb**, entonces la masa transformada (solidificada) serán los **300 g**:

$$Q_{pb}(\text{latente}) = -300\text{g} \cdot 5,5 \text{ cal/g} = -1650 \text{ cal}$$

Todo este calor lo absorbe el agua, que elevara su temperatura:

$$Q_{agua} = m_{agua} \cdot c_{agua} \cdot (T_f - 22^\circ\text{C}) \quad T_{i,agua} = 22^\circ\text{C}$$

$$1650 \text{ cal} = 550\text{g} \cdot 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (T_f - 22^\circ\text{C})$$

$$(T_f - 22^\circ\text{C}) = 1650 \text{ cal} / 550 \text{ cal}^\circ\text{C} = 3^\circ\text{C}$$

$$T_f = 22^\circ\text{C} + 3^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

B ) Cuando el Pb entrego las **1650 cal**, se **solidificó totalmente**, y el agua elevo su temperatura a **25°C** ( que **no es** la temperatura de equilibrio ), porque el Pb esta a **327°C**, pero en estado sólido.

Ahora el Pb, solido, a **327°C**, seguirá **entregando calor**, y se enfriara, **disminuye su temperatura**, y el **agua**, que recibe el calor del Pb, **seguirá calentándose**, hasta que el equilibrio se alcance cuando la temperatura del Pb y el agua tengan el mismo valor (  $T_{eq}$  ).

La nueva situación es: **300 g de Pb solido a 327°C** y **550 g de agua a 25°C**.

$$Q_{pb} + Q_{agua} = 0$$

$$m_{pb} \cdot c_{pb}(T_{eq} - 327^{\circ}\text{C}) + m_{agua} \cdot c_{agua}(T_{eq} - 25^{\circ}\text{C}) = 0$$

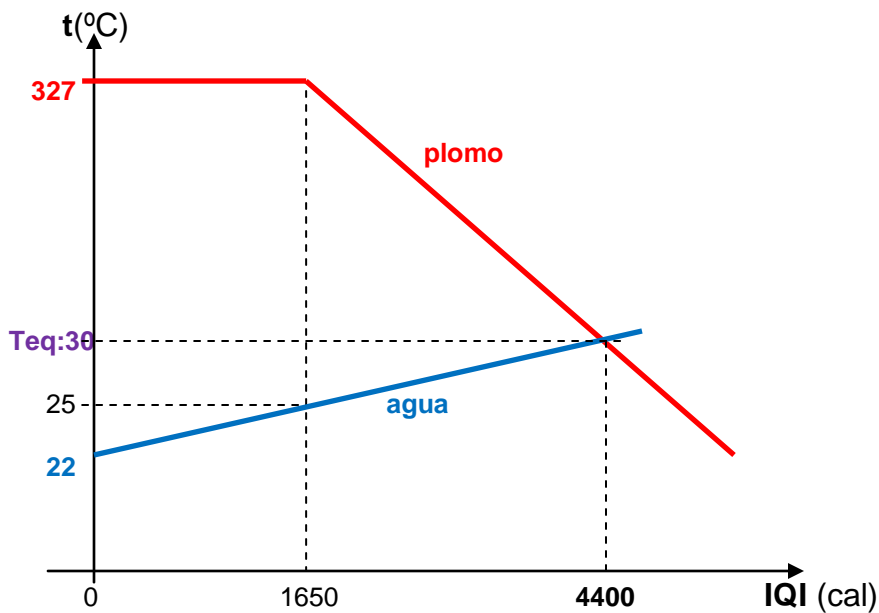
$$300\text{g} \cdot 0,031\text{cal/g}^{\circ}\text{C} \cdot (T_{eq} - 327^{\circ}\text{C}) + 550\text{g} \cdot 1\text{cal/g}^{\circ}\text{C} \cdot (T_{eq} - 25^{\circ}\text{C}) = 0$$

$$9,3\text{ cal/}^{\circ}\text{C} \cdot T_{eq} - 3041\text{ cal} + 550\text{ cal/}^{\circ}\text{C} \cdot T_{eq} - 13750\text{ cal} = 0$$

$$(9,3\text{ cal/}^{\circ}\text{C} + 550\text{ cal/}^{\circ}\text{C}) T_{eq} = 3041\text{ cal} + 13750\text{ cal} = 16791\text{ cal}$$

$$T_{eq} = [16791\text{ cal} / 559,3\text{ cal/}^{\circ}\text{C}] = 30^{\circ}\text{C}$$

Es la temperatura final que alcanzara tanto el Pb como el agua.



En el gráfico observamos la variación de temperatura del **agua** y del **Pb** con el calor intercambiado. En el eje horizontal, se grafica el **valor absoluto** del **calor intercambiado**.

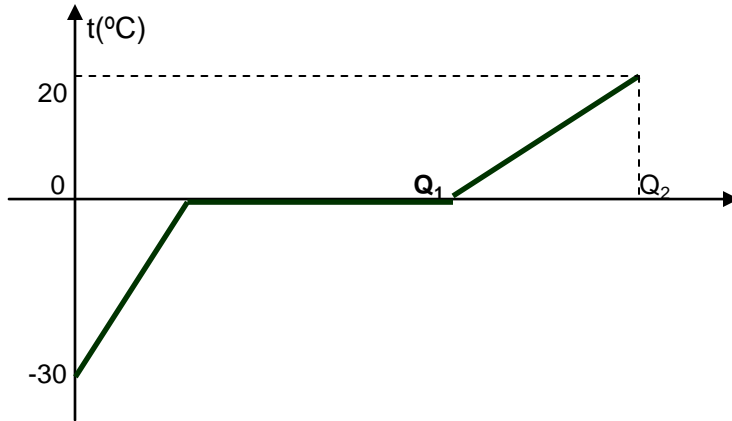
**El agua solo eleva su temperatura** cuando recibe calor,  $T_{i, agua} = 22^{\circ}\text{C}$  (recta azul con pendiente positiva). La pendiente de esta recta es inversamente proporcional a su capacidad calorífica.

**El plomo**, al comienzo, en estado líquido a  $T_{i, pb} = 327^{\circ}\text{C}$ , entrega calor latente. Mientras ocurre esto, se va solidificando, **sin cambiar** su temperatura (recta horizontal roja). Cuando entregó  $1650$  cal, se solidificó totalmente ( $300\text{g}$ ), y el agua, que absorbió esas  $1650$  cal, elevó su temperatura a  $25^{\circ}\text{C}$ . **Una vez que solidifica totalmente**, al seguir entregando calor, **disminuye su temperatura** (recta roja con pendiente negativa) hasta alcanzar el equilibrio ( $T_{eq} = 30^{\circ}\text{C}$ ).

En el equilibrio, tanto el agua como el Pb alcanzan la misma temperatura ( $30^{\circ}\text{C}$ ). Ambos gráficos se cruzan, y el calor total intercambiado (que no fue necesario calcular en la resolución de este problema) es **4400 cal** (El Pb la entregó y el agua la recibió).

## Problemas adicional calorimetría (P1)

Un bloque de hielo de 100 g, que se encuentra inicialmente a  $-30^{\circ}\text{C}$ , se lo coloca en un ambiente a  $20^{\circ}\text{C}$ , de forma que la temperatura del mismo evoluciona según el gráfico siguiente:



- 1) ¿Cuánto valen  $Q_1$  y  $Q_2$  ?
- 2) ¿Cuánto calor deberá entregarse para que se fundan 40 gramos de hielo?

SOLUCIÓN:  $Q_1 = Q(\text{hielo: } -30^{\circ}\text{C a } 0^{\circ}\text{C}) + Q_{\text{lat fusión}}$

$$Q_{\text{hielo}} (-30^{\circ}\text{C a } 0^{\circ}\text{C}) = 100\text{g} \cdot 0,5\text{cal/g}^{\circ}\text{C} \cdot (0^{\circ}\text{C} - (-30^{\circ}\text{C})) = 1500 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{lat fusión}} = 100\text{g} \cdot 80\text{cal/g} = 8000 \text{ cal}$$

$$Q_1 = 9500 \text{ cal}$$

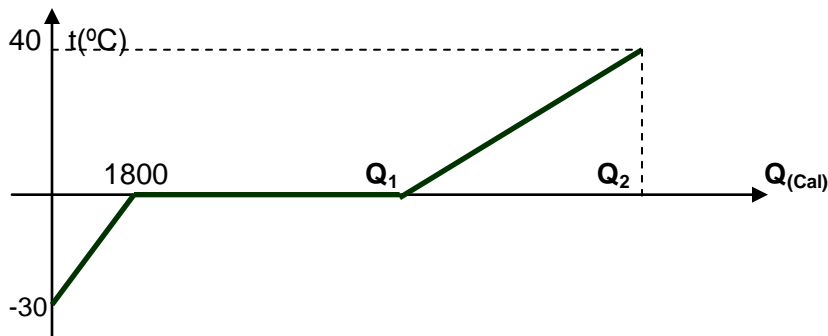
$$Q_2 = Q_1 + Q(\text{liq: } 0^{\circ}\text{C a } 20^{\circ}\text{C}) = 9500 \text{ cal} + 100\text{g} \cdot 1\text{cal/g}^{\circ}\text{C} \cdot (20^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}) =$$

$$Q_2 = 9500 \text{ cal} + 2000 \text{ cal} = 11500 \text{ cal}$$

2) El calor para fundir 40g de hielo:

$$Q = 1500 \text{ cal} + 40\text{g} \cdot 80\text{cal/g} = 1500 + 3200 = 4700 \text{ cal}$$

P2) Un bloque de hielo de masa  $M$ , se calienta desde  $-30^{\circ}\text{C}$  hasta llevarlo a  $40^{\circ}\text{C}$  según:



A) ¿Cuánto vale M?

B) ¿Cuánto valen  $Q_1$  y  $Q_2$ ?

A) Del gráfico:  $Q(\text{hielo: } -30 \text{ a } 0^\circ\text{C}) = 1800 \text{ cal} = M \cdot 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (0 - (-30^\circ\text{C})) = 15 \text{ cal/g} \cdot M$

$$M = 1800 \text{ cal} / 15 \text{ cal/g} = 120 \text{ g}$$

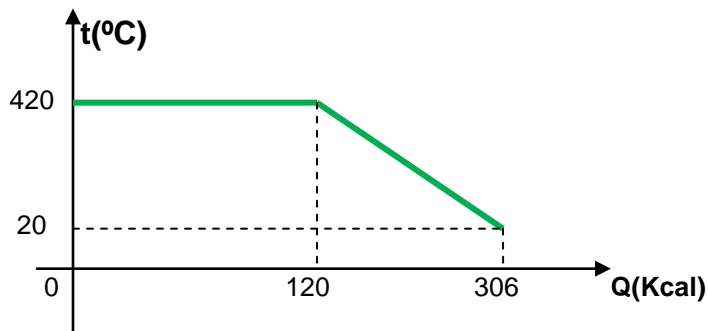
$$B) Q_1 = 1800 \text{ cal} + Q_{\text{latente}} = 1800 \text{ cal} + 120 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} = 1800 \text{ cal} + 9600 \text{ cal} =$$

$$Q_1 = 11400 \text{ cal} = 11,4 \text{ Kcal}$$

$$Q_2 = Q_1 + Q(\text{liq: } 0 \text{ a } 40^\circ\text{C}) = 11400 \text{ cal} + 120 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (40 - 0^\circ\text{C}) =$$

$$Q_2 = 11400 \text{ cal} + 4800 \text{ cal} = 16200 \text{ cal}$$

**P3)** Un metal se encuentra en estado líquido, a  $420^\circ\text{C}$ . La figura representa la temperatura en función del calor cedido (en módulo) cuando se solidifican 5 kg de material, y se los enfría hasta los  $20^\circ\text{C}$ . Entonces se puede asegurar que:



- A) se solidificaron 1 kilo del material al ceder las primeras 60 Kcal.
- B) se solidificaron 3 kilos del material cuando su temperatura alcanza los  $180^\circ\text{C}$ .
- C) se solidificaron 4 kilos del material cuando su temperatura alcanza los  $100^\circ\text{C}$ .
- D) se solidificaron 4 kilos de material al ceder las primeras 96 Kcal.
- E) Su temperatura alcanza los  $20^\circ\text{C}$  al momento de solidificar 5 kg.

La afirmación A es FALSA; del gráfico, las primeras 120 Kcal que absorbe el metal es calor latente  $Q_L = mL$ ;  $m$  es la masa que se solidificó, y es proporcional al calor latente. Si al entregar 120 Kcal solidifican 5 kg, cuando entregue 60 Kcal solidificará la mitad, es decir, 2,5 kg.

Las afirmaciones B y C son FALSAS porque cuando el material **esta parcialmente solidificado**, el resto **se encuentra en equilibrio y en estado líquido**, a la temperatura de transformación, y según el gráfico es  **$420^\circ\text{C}$ , y es constante**.

Mientras haya **una parte de metal en estado líquido**, su **temperatura** se mantendrá **constante en 420°C**.

Según el gráfico, el metal habrá **solidificado totalmente ( 5 kg)** cuando haya entregado **120 Kcal**. En ese momento su temperatura es de 420°C ( la afirmación **E también es falsa**).

Según el gráfico:  $Q_{\text{latente}} = 120 \text{ Kcal} = L_f \cdot 5\text{kg}$

$L_f = 120 \text{ Kcal} / 5 \text{ kg} = 24 \text{ Kcal/kg}$  ( por cada kg que solidifica el metal entrega 24 Kcal ).

**Por lo tanto cuando hayan solidificado 4 kg, el metal habrá entregado una cantidad de calor.**

$Q = 4 \text{ kg} \cdot 24 \text{ Kcal/kg} = 96 \text{ Kcal}$ . (afirmacion D es verdadera)

---