

## GUÍA 8: CALORIMETRÍA

1. Calcule la cantidad de calor que deberá entregar un radiador para elevar en  $10^\circ\text{C}$  la temperatura de una habitación de  $80\text{ m}^3$  (la capacidad calorífica específica del aire es  $0.24\text{ cal/g}^\circ\text{C}$  y su densidad es  $0.001293\text{ g/cm}^3$ ).
2. Considere una sustancia cuyo calor específico varía linealmente en función de la temperatura  $T$  (en escala Celsius) según la ley experimental:

$$c_p(T) = c_0 + \alpha \cdot T$$

donde  $c_0 = 0.19\text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$  y  $\alpha = 4 \times 10^{-4}\text{ cal/(g}^\circ\text{C}^2)$ .

- a) Grafique  $c_p(T)$  e interprete físicamente los parámetros  $c_0$  y  $\alpha$ .
  - b) Halle la cantidad de calor que es necesario entregar a  $1000\text{ g}$  de esta sustancia para elevar su temperatura desde  $50^\circ\text{C}$  hasta  $100^\circ\text{C}$ . Para esto, considere la variación de calor en forma diferencial,  $dQ = n c_p dT$ , e integre entre las temperaturas inicial y final.
  - c) ¿Qué error se comete si se toma  $c_p = c_0$ ?
  - d) Si las constantes fueran  $c_0 = 0.19\text{ cal/(g K)}$  y  $\alpha = 4 \times 10^{-4}\text{ cal/(g K}^2)$ , ¿cambiarían las respuestas anteriores? Si la sustancia es la misma, ¿es esto correcto? Justifique. *Ayuda:* Grafique y compare con lo obtenido en el ítem a) ¿Se trata de la misma ley?.
  - e) ¿Cómo debería transformarse la expresión para  $c_p(T)$  si se desea trabajar en escala Kelvin? Discuta cómo y por qué deberían modificarse la ordenada al origen  $c_0$  y la pendiente  $\alpha$ .
3. A temperaturas muy bajas, la capacidad calorífica molar de la sal de roca varía con la temperatura según la ley de Debye:

$$C_m = \kappa \frac{T^3}{\Theta^3}$$

donde  $\kappa = 1940\text{ J/(mol K)}$  y  $\Theta = 281\text{ K}$ .

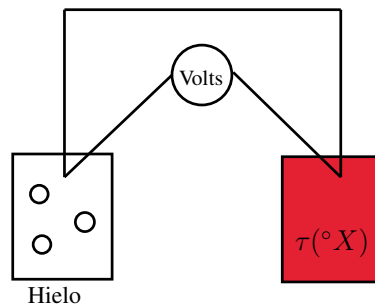
- a) ¿Cuánto calor se requiere para elevar la temperatura de  $1.5\text{ mol}$  de sal de roca de  $10\text{ K}$  a  $40\text{ K}$ ? Para esto, al igual que en el ejercicio anterior, considere la variación de calor en forma diferencial e integre.
  - b) Calcule la capacidad calorífica molar media en este intervalo.
  - c) Calcule la capacidad calorífica molar verdadera a  $40\text{ K}$ .
4. Calcule la cantidad de calor necesario para pasar  $2\text{ kg}$  de hielo a  $-20^\circ\text{C}$  a vapor a  $120^\circ\text{C}$ . Datos:  $c_{p,\text{hielo}} = 0.5\text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ;  $c_{p,\text{agua}} = 1.0\text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ;  $c_{p,\text{vapor}} = 0.5\text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ;  $L_f = 80\text{ cal/g}$  (calor latente de fusión);  $L_v = 540\text{ cal/g}$  (calor latente de vaporización).
  5. Se ponen juntos  $10\text{ g}$  de vapor de agua a  $150^\circ\text{C}$ ,  $50\text{ g}$  de hielo de agua a  $-30^\circ\text{C}$ ,  $100\text{ g}$  de agua líquida a  $50^\circ\text{C}$  y  $200\text{ g}$  de aluminio a  $110^\circ\text{C}$ , en contacto térmico dentro de un recipiente adiabático de  $200\text{ g}$  de peso y capacidad calorífica específica  $0.2\text{ cal/g}^\circ\text{C}$ , el cual se halla inicialmente a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ .

- 
- a) Halle la temperatura final del sistema (tome como dato de los problemas anteriores las capacidades caloríficas específicas y los calores latentes necesarios). Dato:  $c_{p,Al} = 0.22 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$  (calor específico del aluminio).
- b) ¿Qué cantidad de calor ha absorbido cada uno de los cuerpos? ¿Y el sistema como un todo?
6. Dentro de un calorímetro perfecto de aluminio ( $c_{p,Al} = 0.22 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ ) que contiene 1000 g de agua a  $20^\circ\text{C}$ , se introduce 500 g de hielo a  $-16^\circ\text{C}$ . La masa del vaso calorimétrico es 300 g. Calcule la temperatura final del sistema e indique el calor que ha absorbido o cedido el sistema como un todo y cada una de sus componentes.
- Datos:  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ ;  $c_{p,hielo} = 0.5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ ;  $c_{p,agua} = 1.0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ .
7. **(Optativo)** La evaporación del sudor es un mecanismo importante para controlar la temperatura de algunos animales de sangre caliente.
- a) Al correr, una persona de 70 kg genera energía térmica a razón de 1200 J/s. Para mantener una temperatura corporal constante de  $37^\circ\text{C}$ , esta energía debe eliminarse por sudor u otros mecanismos. Si tales mecanismos fallaran y no pudiera salir calor del cuerpo, ¿cuánto tiempo podría correr la persona antes de sufrir un daño irreversible?
- Considere que las estructuras proteínicas del cuerpo se dañan irreversiblemente a  $44^\circ\text{C}$  o más, y que la capacidad calorífica específica del cuerpo humano es de alrededor de  $3480 \text{ J/(kg K)}$ , poco menos que la del agua; la diferencia se debe a la presencia de proteínas, grasas y minerales, cuyo calor específico es menor que el del agua.
- b) ¿Qué masa de agua debe evaporarse de la piel de la persona anterior para enfriar su cuerpo  $1^\circ\text{C}$ ? El calor de vaporización del agua a la temperatura corporal a  $37^\circ\text{C}$  es de  $2.42 \times 10^6 \text{ J/kg}$ . ¿Qué volumen de agua debe beber ésta persona para reponer la que evaporó?
8. ¿Cuál es la mínima cantidad de agua a  $20^\circ\text{C}$  necesaria para convertir 1 kg de plomo fundido a  $327^\circ\text{C}$  (temperatura de fusión normal) a plomo sólido a la misma temperatura? Tener en cuenta que el agua se vaporiza totalmente durante el proceso.
- Datos:  $L_{f,plomo} = 1.80 \times 10^4 \text{ J/kg}$ ;  $L_{v,agua} = 2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ ;  $c_{p,agua} = 1.00 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$ .
9. Un kilogramo de un material que se encontraba a  $34^\circ\text{C}$  es sumergido en 1000 g de agua contenidos en un calorímetro cuya capacidad calorífica está dada por la función  $c(T) = c_0 + \alpha \cdot T$ . La temperatura inicial del agua y del calorímetro era de  $18^\circ\text{C}$ , y la final de  $22^\circ\text{C}$ .
- a) ¿Cuál es el calor específico a presión constante del material?
- b) ¿Qué cantidad de hielo a  $0^\circ\text{C}$  se debe agregar para que la temperatura vuelva a ser  $18^\circ\text{C}$ ?
- Datos:  $c_0 = 19 \text{ cal/K}$ ,  $\alpha = 0.05 \text{ cal/}^\circ\text{C}^2$ .
10. **(Optativo)** *Termómetro de gas de volumen constante:* Usando un termómetro de gas, se determinó que la presión en el punto triple del agua ( $0.01^\circ\text{C}$ ) era  $4.8 \times 10^4 \text{ Pa}$ ; y en el punto de ebullición normal del agua ( $100^\circ\text{C}$ ),  $6.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ .
- a) Suponiendo que la presión varía linealmente con la temperatura, use estos datos para calcular la temperatura Celsius en la que la presión del gas sería cero (es decir, obtenga la temperatura Celsius del cero absoluto).

- b) ¿El gas de este termómetro obedece con precisión la relación  $T_2/T_1 = p_2/p_1$ ? Si así fuera y la presión a  $100^\circ\text{C}$  fuera  $6.5 \times 10^4$  Pa, ¿qué presión se habría medido a  $0.01^\circ\text{C}$ ?

11. **(Optativo)** *Termocupla:* Cuando la soldadura de referencia de un par termoeléctrico se mantiene en el punto de fusión del hielo, y la soldadura de medida está a la temperatura  $\tau$ , la fuerza electromotriz ( $\varepsilon$ ) entre las puntas está dada por la ecuación  $\varepsilon(\tau) = a\tau + b\tau^2$ , donde  $a = 0.2 \times 10^{-3} \text{ V}/^\circ\text{X}$  y  $b = -5 \times 10^{-7} \text{ V}/^\circ\text{X}^2$ . Es decir, se define la escala de temperaturas en grados X ( $^\circ\text{X}$ ) de esta forma. Las constantes  $a$  y  $b$  se calcularon asignando  $\tau = 0^\circ\text{X}$  al punto de fusión del hielo y  $\tau = 100^\circ\text{X}$  al punto de ebullición del agua.

- a) Grafique  $\varepsilon$  en función de  $\tau$ .
- b) Halle la temperatura  $\tau$  que corresponde a una medición de  $\varepsilon = 12.8 \times 10^{-3} \text{ V}$ . ¿Hay alguna limitación para el uso de este termómetro? ¿Entre qué valores de temperatura es válido utilizarlo?
- c) Se define otra escala termométrica  $\tau'$ , en grados Z ( $^\circ\text{Z}$ ), tal que  $\tau' = a\varepsilon + b$ ; tomando  $\tau' = 0^\circ\text{Z}$  en el punto de fusión del hielo y  $\tau' = 100^\circ\text{Z}$  en el de ebullición del agua. Calcule las constantes  $a$  y  $b$  y grafique  $\varepsilon$  en función de  $\tau'$ . ¿Qué diferencia hay entre las escalas  $\tau$  ( $^\circ\text{X}$ ) y  $\tau'$  ( $^\circ\text{Z}$ )?



12. **(Optativo)** *Aire caliente en el aula:*

- a) Una persona que escucha atentamente una clase de física produce  $100 \text{ W}$  de calor (es decir,  $100 \text{ J}$  por cada segundo transcurrido). ¿Cuánto calor desprende un grupo de  $90$  estudiantes de física, en un aula durante una clase de  $50 \text{ min}$ ?
- b) Suponga que toda la energía térmica del inciso (a) se transfiere a los  $3200 \text{ m}^3$  de aire del aula. El aire tiene un calor específico de  $1020 \text{ J}/(\text{kg K})$  y una densidad de  $1.20 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Si nada de calor escapa y el sistema de aire acondicionado está apagado, ¿cuánto aumentará la temperatura del aire durante tal clase?
- c) Si el grupo está en examen, la producción de calor por estudiante aumenta a  $280 \text{ W}$ . ¿Cuánto aumenta la temperatura en  $50 \text{ min}$  en este caso?