

## SERIE 5. Termometría y Calorimetría

### I. Termometría

Para diseñar un termómetro se debe elegir una propiedad termométrica que caracterice al estado de una sustancia y, basándose en la variación de dicha propiedad, confeccionar una escala termométrica. La propiedad termométrica debe variar en forma monótona con la temperatura (ya sea creciente o decreciente). Algunos ejemplos de propiedades termométricas asociadas a algunas sustancias son:

- la dilatación de una columna de mercurio
- la dilatación de una varilla de cobre
- la variación de una resistencia eléctrica con la temperatura
- la variación de la presión de un gas a volumen constante

1. La relación entre la temperatura y la variable termométrica se da mediante una función, e incluye constantes cuyos valores se determinan a través de puntos fijos a los cuales se les asigna un valor de temperatura.

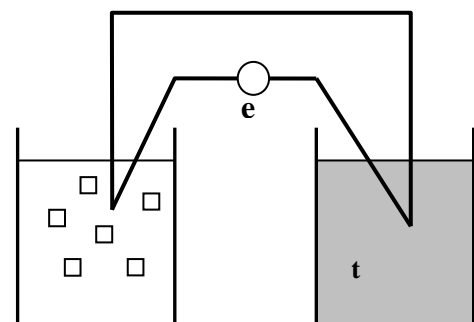
- a) Sea  $X$  una propiedad termométrica ¿cuántos puntos fijos son necesarios para determinar las constantes desconocidas en cada uno de los siguientes casos?
- i)  $t = m X$
  - ii)  $t = m X + n$
  - iii)  $t = m X^2$
  - iv)  $t = m X^2 + n X$
- b) Si  $t = m X$  ¿cuál es la expresión de  $m$  en el caso de un termómetro de gas a volumen constante?

2. Se fabrica un **termómetro de gas a volumen constante**, asignando los valores  $100^\circ X$  y  $440^\circ X$  a las temperaturas de los puntos de ebullición del agua y del azufre, respectivamente, e interpolando linealmente. Las presiones que indica el manómetro para estos dos puntos son de 1 atm y 2,72 atm, respectivamente. Calcule la temperatura en  $^\circ X$  del punto de fusión del hielo, si la presión leída en el manómetro es de 0,5 atm.

3. **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  $t$ , la f.e.m (fuerza electromotriz) está dada por la ecuación  $e = a \cdot t + b \cdot t^2$ , donde  $a = 0,20 \text{ mV}/^\circ X$  y  $b = -5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mV}/^\circ X$ . Es decir, se define la escala de temperaturas en  $^\circ X$  de esta forma.

Las constantes  $a$  y  $b$  se calcularon asignando  $t = 0^\circ X$  al punto de fusión del hielo y  $t = 100^\circ X$  al punto de ebullición del agua.

- a) Grafique  $e$  en función de  $t$
- b) Halle la temperatura  $t$  que corresponde a una medición de  $e = 12,8 \text{ mV}$ . ¿Hay alguna limitación para el uso de este termómetro? ¿Entre que valores de temperatura es válido utilizarlo?
- c) Se define otra escala termométrica  $t'$ , en  $^\circ Z$ , tal que  $t' = a \cdot e + b$ ; tomando  $t' = 0^\circ Z$  en el punto de fusión del hielo y  $t' = 100^\circ Z$  en el de ebullición del agua. Calcule las constantes  $a$  y  $b$  y grafique  $e$  en función de  $t'$ . ¿Que diferencia hay entre las escalas  $t$  ( $^\circ X$ ) y  $t'$  ( $^\circ Z$ )?



4. **Termómetros de resistencia:** La resistencia de un alambre de platino es de  $7000 \Omega$  a la temperatura de fusión del hielo ( $0^\circ X$ ), es de  $9705 \Omega$  a la temperatura de ebullición del agua ( $100^\circ X$ ) y es

°X). La resistencia se parametriza por medio de la ecuación  $R(t) = R_o (1 + a t + b t^2)$ , donde  $a$ ,  $b$ , y  $R_o$  son constantes.

- ¿A qué temperatura está un cuerpo si al ponerlo en contacto con el termómetro de resistencia este indica una resistencia de  $15000 \Omega$ ?
- ¿Qué temperatura se mediría para el punto de ebullición del azufre si se calibrara el termómetro solamente con 2 puntos fijos: la fusión y ebullición del agua, y con una ley de interpolación lineal?

## II. Calorimetría

5. ¿Qué cantidad de calor tendrá que dar un radiador para elevar en  $10^\circ\text{C}$  la temperatura de una habitación de  $80 \text{ m}^3$ . (Usar que la capacidad calorífica específica del aire es  $0,24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$  y que la densidad del aire es  $0,001293 \text{ g/cm}^3$ ).

Resp: 248.3 kcal

6. a) Halle la cantidad de calor que es necesario entregar a  $1000 \text{ g}$  de una sustancia para elevar su temperatura de  $50^\circ\text{C}$  hasta  $100^\circ\text{C}$ , sabiendo que el calor específico de la sustancia varía linealmente según la ecuación (resultado experimental):

$$C_p = C_o + a \cdot t$$

donde  $C_o = 0.19 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$  y  $a = 4 \times 10^{-4} \text{ cal/g}^\circ\text{C}^2$ .

- ¿Qué error se comete si se toma  $C_p = C_o$ ?

Resp: a) 11 kcal; b) 12 %

7. Para medir el calor específico del plomo se calientan  $600 \text{ g}$  de perdigones de plomo a  $100^\circ\text{C}$  y se colocan en un calorímetro de aluminio (de  $200 \text{ g}$  de masa, y calor específico  $900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ) que contienen  $500 \text{ g}$  de agua inicialmente a  $17.3^\circ\text{C}$ . Se mide la temperatura final de equilibrio del sistema, siendo de  $20^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es el calor específico del plomo?

8. 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:  $C_p$  (hielo) =  $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ,  $C_p$  (agua) =  $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ,  $C_p$  (vapor) =  $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ , Calor latente de fusión:  $L_f = 80 \text{ cal/g}$ , Calor latente de vaporización:  $L_v = 540 \text{ cal/g}$

Resp:  $Q=1480 \text{ kcal}$

9. Se ponen  $10 \text{ g}$ . de agua (vapor) a  $150^\circ\text{C}$ ,  $50 \text{ g}$ . de agua (hielo) 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  $20^\circ\text{C}$ .

- Halle la temperatura final del sistema (tome como dato de los problemas anteriores, las capacidades caloríficas específicas y los calores latentes necesarios).

- ¿Qué cantidad de calor ha absorbido cada uno de los cuerpos? ¿Y el sistema como un todo?

Resp: a)  $51.4^\circ\text{C}$

10. ¿Cuál es la mínima cantidad de agua a  $20^\circ\text{C}$  necesaria para convertir  $1 \text{ kg}$ . 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: Calor de fusión del plomo:  $1,80 \cdot 10^4 \text{ Joule/kg}$ ; Calor de vaporización del agua:  $2,26 \cdot 10^6 \text{ Joule/kg}$ ; Calor específico del agua:  $1,00 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ .

Resp: 5.86 g de agua

**11.** Dentro de un calorímetro perfecto que contiene 1000g. de agua a  $20^\circ\text{C}$ , se introduce 500g. de hielo a  $-16^\circ\text{C}$ . El vaso calorimétrico es de aluminio ( $C_{\text{al}} = 0,22 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ) y tiene una masa de 300g. 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.

$L_f = 80 \text{ cal/g}$ ;  $C_p(\text{hielo}) = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ;  $C_p(\text{agua}) = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Resp:  $0^\circ\text{C}$  con 1216 g de agua líquida y 283 g de hielo

**12.** Se sumerge 1kg de un material a  $34^\circ\text{C}$  en 1000g de agua contenidos en un calorímetro cuyo  $\pi$  está dado por la función  $\pi = \pi_0 + \alpha \cdot t$ . 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 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:  $\pi_0 = 19 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ ;  $\alpha = 0,05 \text{ cal/}^\circ\text{C}^2$

Resp: a)  $C_p = 0.34 \text{ cal/g }^\circ\text{K}$ ; b) 55.5 g

**13.** En un calorímetro cuya temperatura es  $70^\circ\text{C}$  se introducen 50g. de agua a  $50^\circ\text{C}$ . Cuando el sistema llega al equilibrio, la temperatura es de  $60^\circ\text{C}$ . Luego se agregan 1000g. de hielo a  $-20^\circ\text{C}$  y se espera que el sistema llegue nuevamente al equilibrio. Entonces, se reduce la masa de hielo a la mitad haciendo pasar una corriente por una resistencia ubicada dentro del calorímetro.

Datos:  $C_p(\text{agua}) = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ;  $C_p(\text{hielo}) = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ;  $L_{\text{fusión}} = L_{\text{solidificación}} = 80 \text{ cal/g}$ ;  $I = 0,5 \text{ A}$ ;  $V = 8,372 \text{ Volts}$ ;  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ Joule}$ .

a) Halle el  $\pi$  del calorímetro.

b) Calcule el tiempo que tarda el hielo en reducirse a la mitad.

Resp: a)  $\pi = 50 \text{ cal/K}$ ; b) 1h 40 min