



## FÍSICA II

GUÍA DE PROBLEMAS N°5:

CALOR ESPECÍFICO, CALORIMETRÍA, TRANSMISIÓN DE CALOR

Pablo Turner, Ignacio Hamad, Carlos Silva

### Calor Específico

1. Demostrar que la variación de energía interna  $dU$  de un sistema formado por  $n$  moles de una sustancia pura, en un proceso infinitesimal a volumen constante, es igual a  $nc_v dT$ . Explicar por qué la variación de energía interna en un proceso a presión constante no es igual a  $nc_p dT$ .
2. Se realiza un proceso isobárico sobre  $n$  moles de gas, aumentando la temperatura de  $t_i$  hasta  $t_f$ . Se observa que la capacidad calorífica molar a presión constante varía con la temperatura según la ecuación:  $c_p = a + bt - ct^2$ , donde  $a$ ,  $b$  y  $c$  son constantes. Si se produce una variación de volumen  $\Delta V$ , calcular la variación de energía interna.
3. El calor específico de un sólido a bajas temperaturas viene dado por la ecuación:  
 $c_v = k(T/\theta)^3$ ,  
conocida como la **ley de Debye**, donde  $k$  es una constante igual a  $19,4 \times 10^5 \text{ joules/molK}$ , y  $\theta$  es la "temperatura característica" o "temperatura de Debye", igual a  $281 \text{ K}$  para NaCl.  
Calcular el calor específico a volumen constante del NaCl:
  - a) a 10 K.
  - b) a 50 K.
  - c) ¿Qué cantidad de calor es necesario para elevar la temperatura de 2 moles de NaCl desde 10 K hasta 50 K?
  - d) ¿Cuál es el valor del calor específico medio en este rango de temperaturas?
4. Para un hilo metálico se definen las capacidades calorífica a tensión constante y a longitud constante  $C_F$  y  $C_L$  respectivamente. Partiendo de sus definiciones demostrar:
  - a)  $C_L = (\partial U / \partial T)_L$
  - b)  $C_F = (\partial U / \partial T)_F - L\alpha$
5. a) Utilizando la forma diferencial del primer principio  $\delta Q = dU + PdV$ , mostrar que:
  - 1)  $c_v = \frac{1}{n} (\frac{\partial U}{\partial T})_V$
  - 2)  $c_p - c_v = [(\frac{\partial u}{\partial v})_T + p] (\frac{\partial v}{\partial T})_p$   
donde  $c_v$  y  $c_p$  son los calores específicos molares a volumen y a presión constante, respectivamente,  $u$  es la energía interna molar y  $v$  el volumen molar.Ayuda: desarrollar  $dU$  en función de  $T$  y  $V$ . Dividir todo por  $n$  para tener cantidades molares.
  - b) Un mol de un gas obedece a la ecuación de estado de Van der Waals:  $(P + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$  donde  $v$  es el volumen molar, y su energía interna molar viene dada por:  $u = cT - \frac{a}{v^2}$  siendo  $a$ ,  $b$  y  $c$  constantes. Calcular los calores específicos molares  $c_v$  y  $c_p$ .

## Calorimetría

Datos: Calor latente de fusión del hielo:  $80\text{cal/g}$ , Calor latente de vaporización del agua:  $540\text{cal/g}$ ,  $c_p$  hielo =  $0,55\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ,  $c_p$  agua =  $1\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ .

Se asume que en todos los problemas los procesos ocurren a presión atmosférica constante.

6. En un recipiente aislado que contiene  $6\text{g}$  de vapor a  $100^\circ\text{C}$  se introducen  $70\text{g}$  de hielo a  $-18^\circ\text{C}$ . Calcular la temperatura final y la composición final de la mezcla.
7. Se dispone de un calorímetro que contiene  $1\text{Kg}$  de agua a  $20^\circ\text{C}$  en el comienzo de cada una de las experiencias que se describen a continuación.
  - a) Se agrega  $1\text{Kg}$  de agua a  $60^\circ\text{C}$ . La temperatura final resulta ser  $38,3^\circ\text{C}$ . Cuál es la capacidad calorífica del calorímetro?
  - b) Se agregan  $30\text{g}$  de hielo a  $0^\circ\text{C}$ . La temperatura final es de  $17,53^\circ\text{C}$ . Cuál es el calor de fusión del hielo?
  - c) Se agregan en el calorímetro  $30\text{g}$  de hielo a  $-10^\circ\text{C}$ . La temperatura final es de  $17,41^\circ\text{C}$ . Cuál es el calor específico del hielo entre  $0$  y  $-10^\circ\text{C}$ ?
8. Un calorímetro de equivalente en agua  $10\text{g}$  contiene  $500\text{g}$  de hielo a la temperatura de  $-30^\circ\text{C}$ . Se introducen  $22\text{g}$  de vapor de agua a  $100^\circ\text{C}$ . Calcular la temperatura final de la mezcla y las masas finales de hielo y agua.
9. En un calorímetro de Cobre de  $500\text{g}$  hay  $200\text{g}$  de hielo a  $0^\circ\text{C}$ . Se inyectan  $70\text{g}$  de vapor de agua a  $100^\circ\text{C}$ . Calcular la temperatura de equilibrio y la composición final de la mezcla.  
 $c_{pCu} = 0,390\text{kJKg}^{-1}\text{K}^{-1}$
10. En un calorímetro ideal se tienen  $200\text{g}$  de agua a  $10^\circ\text{C}$ . Se introducen  $100\text{g}$  de hielo a  $-25^\circ\text{C}$ . Calcular la temperatura final de la mezcla y en el caso en que resulte  $t_f = 0^\circ\text{C}$ , calcular las masas de agua y hielo respectivamente.
11. En un calorímetro de masa  $100\text{g}$  y calor específico  $0,21\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$  se tienen  $1000\text{g}$  de agua a  $75^\circ\text{C}$ . Se deja caer una masa de hierro ( $c_p = 0,113\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ) a  $180^\circ\text{C}$ . Calcular cuál debería ser la masa de hierro a fin de que se vaporicen  $10\text{g}$  de agua.

## Transmisión del Calor

12. Una lámina de un aislador térmico tiene  $100\text{cm}^2$  de sección transversal y  $2\text{cm}$  de espesor. Su conductividad térmica es de  $2 \cdot 10^{-4}\frac{\text{cal}}{\text{seg cm }^\circ\text{C}}$ . Si la diferencia de temperatura entre las caras opuestas es de  $100^\circ\text{C}$ . ¿Cuántas calorías pasarán a través de la misma en un día?
13. La pared de un horno está formada por dos capas de espesores  $x_1 = 10\text{cm}$  y  $x_2 = 20\text{cm}$  y conductividades  $k_1 = 0,002$  y  $k_2 = 0,004\frac{\text{cal}}{\text{seg cm }^\circ\text{C}}$  respectivamente. Se mantiene la superficie interior a  $600^\circ\text{C}$  y la exterior a  $450^\circ\text{C}$ .
  - a) Calcular la corriente calorífica por unidad de área;
  - b) la temperatura en la cara común.
14. A través de un aislador cilíndrico de radio exterior  $R_2$  que rodea a un tubo de vapor de radio exterior  $R_1$  fluye calor radialmente hacia afuera. La temperatura de la superficie interior es  $t_1$ , y la de la superficie exterior es  $t_2$ . ¿A qué distancia radial del centro del tubo la temperatura es la media aritmética de  $t_1$  y  $t_2$ ?

15. Una barra de 2 m de longitud está formada por un núcleo macizo de acero de 1 cm de diámetro rodeado de una envoltura de cobre cuyo diámetro exterior es de 2 cm. La superficie exterior de la barra está aislada térmicamente, uno de los extremos se mantiene a 100 °C y el otro a 0 °C.
- Calcular la corriente calorífica total en la barra.
  - ¿Qué fracción es transportada por cada sustancia?
- $$k_{ac} = 0,12 \frac{\text{cal}}{\text{seg cm } ^\circ\text{C}}; k_{cu} = 0,92 \frac{\text{cal}}{\text{seg cm } ^\circ\text{C}}.$$
16.
  - Explicar el proceso por el cual se hielan las superficies de los lagos y estanques en invierno.
  - Explicar por qué se producen las brisas marinas.
17. Una pared de ladrillo de 20 cm de espesor y conductividad térmica  $0,0141 \frac{\text{cal}}{\text{seg cm } ^\circ\text{C}}$ , separa una habitación en la que el aire tiene una temperatura de 20 °C del exterior donde el aire se encuentra a -18 °C. Si el coeficiente de convección en el interior es  $10^{-4} \frac{\text{cal}}{\text{seg cm } ^\circ\text{C}}$ , y doble de éste el del exterior, hallar:
- la corriente calorífica por unidad de área a través de la pared
  - la temperatura de la superficie interior y exterior;
  - el coeficiente total de transmisión del calor.
18. Una pared vertical de 10 m<sup>2</sup> se mantiene a una temperatura constante de 300 °C. La pared está cubierta por una capa de material aislante de conductividad térmica  $0,0005 \frac{\text{cal}}{\text{seg cm } ^\circ\text{C}}$  y de 5 cm de espesor. El aire exterior se halla a 20 °C.  
Calcular:
- el calor perdido por minuto por conducción y convección natural;
  - la temperatura de la superficie externa del material aislante.
19. La temperatura superficial del sol es de 6000 K aproximadamente. Si se supone que el sol es un cuerpo negro radiante, ¿a qué longitud de onda  $\lambda_{max}$  tendrá el pico de su espectro?
20. Calcular la pérdida neta de energía radiante de una persona desnuda en una habitación a 20 °C suponiendo que la persona se comporta como un cuerpo negro, el área del cuerpo es igual a 1,4 m<sup>2</sup>, y la temperatura de su superficie es de 33 °C. (La temperatura superficial del cuerpo humano es ligeramente inferior que su temperatura interna, 37 °C, debido a la resistencia térmica de la piel.)
21. Un tubo no aislado para conducción de vapor de 8 cm de diámetro y poder absorbente 0,8 pasa verticalmente por una habitación en la cual el aire y todas las superficies sólidas están a la temperatura media de 27°C. Si la temperatura de la superficie del tubo es de 97 °C, comparar la cantidad media de calor perdida por radiación por unidad de tiempo y unidad de longitud del tubo con la pérdida en iguales condiciones por convección natural.