



Universidad Nacional del Nordeste  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Físico-Química/Cátedra Física II

# FÍSICA II

Guía De Problemas N°6:

## Entropía

**PROBLEMAS RESUELTOS**

1- Un recipiente de paredes rígidas contiene  $0.28 \text{ m}^3$  de hidrógeno a una presión de  $21,6 \text{ kG/cm}^2$  y recibe trabajo en forma adiabática que eleva su presión hasta  $28,8 \text{ kG/cm}^2$ . Determinar el cambio de entropía del hidrógeno tomando  $c_v = 2,434 \text{ kcal/kG.K}$ . Graficar la transformación en un diagrama T-S.

**SOLUCIÓN**

Como el proceso es isocórico:

Entonces:

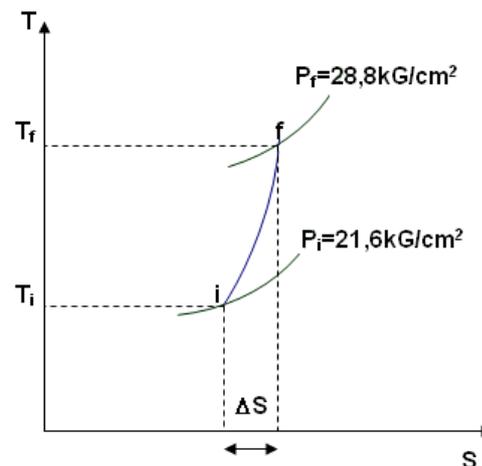
$$\Delta S = c_v \cdot \ln \frac{T_f}{T_i} + R \cdot \ln \frac{V_f}{V_i}$$

Y teniendo en cuenta que  $V = \text{cte}$

$$\Delta S = c_v \cdot \ln \frac{T_f}{T_i}$$

Como:  $\frac{T_f}{T_i} = \frac{P_f}{P_i}$

$$\text{Reemplazando: } \Delta S = c_v \cdot \ln \frac{P_f}{P_i} = 2,434 \frac{\text{kcal}}{\text{kG.K}} \cdot \ln \frac{28,8 \text{ kG/cm}^2}{21,6 \text{ kG/cm}^2} = 0,659 \text{ kcal/kG.K}$$



2- Inicialmente se encuentran  $454 \text{ gr}$  de aire a la presión de  $2,81 \text{ kg/cm}^2$  ocupando un volumen de  $0.1416 \text{ m}^3$ . Mediante un proceso reversible reciben  $22.68 \text{ kcal}$  y efectúan un trabajo de  $4422 \text{ kgm}$ . Cuál será el cambio de entropía del aire si al final del proceso se encuentran a  $1.76 \text{ kg/cm}^2$  y cuál será el cambio de entropía del universo?. Se tomará para el aire  $c_v = 0.172 \text{ kcal/kgK}$ .

**SOLUCIÓN**

Según los datos del problema se puede calcular  $\Delta S$  en función de las temperaturas y los volúmenes:

$$\Delta S = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

Para calcular  $T_1$  se emplea la ecuación de estado:  $P_1 \cdot V_1 = m \cdot R'_p \cdot T_1$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{P_1 \cdot V_1}{m \cdot R_p} = \frac{2,81 \text{ kg/cm}^2 \cdot 10000 \text{ cm}^2 / \text{m}^2 \cdot 0,1416 \text{ m}^3}{0,454 \text{ kg} \cdot 29,27 \text{ kgm/kgK}} = 300 \text{ K}$$

$T_2$  puede obtenerse de la ecuación del Primer Principio:

$$Q = \Delta U + W_e \quad \therefore \Delta U = 22,68 \text{ kcal} - \frac{4422 \text{ kgm}}{427 \text{ kgm/kcal}} = 12,32 \text{ kcal}$$

Como  $\Delta U = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$

$$\therefore T_2 = T_1 + \frac{\Delta U}{m \cdot c_v} = 300 \text{ K} + \frac{12,32 \text{ kcal}}{0,454 \text{ kg} \cdot 0,172 \text{ kcal/kgK}} = 458 \text{ K}$$

Por la ecuación de estado:

$$V_2 = \frac{m \cdot R_p \cdot T_2}{P_2} = \frac{0,454 \text{ kg} \cdot 29,27 \text{ kgm/kgK} \cdot 458 \text{ K}}{1,76 \text{ kg/cm}^2 \cdot 10000 \text{ cm}^2 / \text{m}^2} = 0,346 \text{ m}^3$$

Reemplazando en (1) los valores obtenidos:

$$\Delta S = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} = 0,172 \frac{\text{kcal}}{\text{kgK}} \cdot \ln \left( \frac{458}{300} \right) + \frac{29,27 \text{ kgm/kgK}}{427 \text{ kgm/kcal}} \cdot \ln \left( \frac{0,346}{0,1416} \right) =$$

$$\Rightarrow \Delta S = 0,134 \frac{\text{kcal}}{\text{kgK}} \cdot 0,454 \text{ kg} = 0,06 \frac{\text{kcal}}{\text{K}}$$

Por ser un proceso reversible  $\Rightarrow \Delta S_{\text{universo}} = 0$

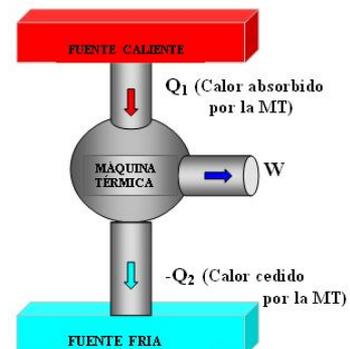
3- Una máquina de Carnot funciona recibiendo 100 Kcal. de una fuente a 500 K y entrega a la fuente fría 60 kcal. Calcular: a) el rendimiento térmico; b) La variación de entropía del fluido al recorrer el ciclo; c) la variación de entropía de las fuentes  $T_1$  y  $T_2$ ; d) La variación de entropía del conjunto y e) El trabajo neto que puede obtenerse del ciclo.

### SOLUCIÓN

a) El rendimiento térmico está dado por la siguiente

$$\text{ecuación: } \eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\therefore \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{60 \text{ kcal}}{100 \text{ kcal}} = 0,4$$



b) Por ser un ciclo  $\Delta S_{\text{fluido}} = 0$

c) Como para el ciclo de Carnot se cumple:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot (1 - \eta) = 500K \cdot (1 - 0,4) = 300K$$

$$\Rightarrow \Delta S_{\text{fuente1}} = \frac{-Q_1}{T_1} = \frac{-100kcal}{500K} = -0,2 \frac{kcal}{K} \quad (\text{la fuente 1 entrega calor a la MT})$$

$$\Delta S_{\text{fuente2}} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{60kcal}{300K} = 0,2 \frac{kcal}{K} \quad (\text{la fuente 2 recibe calor de la MT})$$

d) La variación de entropía del conjunto será:

$$(\Delta S)_{\text{conjunto}} = \Delta S_{\text{fluido}} + \Delta S_{\text{fuente1}} + \Delta S_{\text{fuente2}} \Rightarrow$$

$$(\Delta S)_{\text{conjunto}} = 0 - 0,2 \frac{kcal}{K} + 0,2 \frac{kcal}{K} = 0$$

Al ser  $(\Delta S)_{\text{conjunto}} = 0$  se cumple la condición de reversibilidad.

e) El trabajo neto que puede obtenerse del ciclo será:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow W = \eta \cdot Q_1 = 0,4 \cdot 100kcal = 40kcal$$

## EJERCICIOS PROPUESTOS

1. Un mol de oxígeno se encuentra inicialmente a una presión de 1 atm y a la temperatura de 0°C. Cuál será la variación de entropía del oxígeno si se lo calienta hasta 100 °C y comprime hasta 2 atm. Se considerará el gas como ideal y  $c_p = 7 \text{ cal/mol}^\circ\text{K}$ .
2. Calcular el cambio de entropía que acompaña a la expansión de hidrógeno desde la presión de 8,75 kg/cm<sup>2</sup> y 330 K de temperatura hasta la presión de 1,03 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el volumen inicial del gas de 0,272 m<sup>3</sup> y el proceso de carácter politrópico con un exponente  $n = 1,3$ ,  $C_v = 2,434 \text{ Kcal./kgK}$  y  $\gamma = 1,405$ .  $R'_p = 420,55 \text{ kgm/kg}^\circ\text{K}$ . (Tener en cuenta que para el hidrógeno 1 kmol = 2 kg).
3. Calcular el aumento de entropía que se produce al mezclar 50 kg de agua a una temperatura de 80 °C, con 120 kg de agua que se encuentra a 20 °C.

4. Un metal de masa  $G = 1$  kg, cuyo calor específico a presión constante es  $C_p = 880$  joule/kg K y se encuentra a una temperatura de  $27$  °C, se pone en contacto a presión constante con una fuente de calor de  $100$  °C de temperatura. Al cabo de un cierto tiempo el metal está en equilibrio térmico con la fuente de calor. Determinar la variación de entropía del metal y la variación de entropía del universo.
5. Una esfera de cobre de  $500$  gr. de masa se encuentra inicialmente a la temperatura de  $250$  °C y es dejada enfriar en el ambiente cuya temperatura es de  $27$  °C. Puede establecerse que dada la gran masa del ambiente la temperatura final de ambos será de  $27$  °C. Calcular el cambio de entropía de la esfera, el cambio de entropía del medio ambiente y el cambio de entropía del universo.  $C_p$  cobre =  $0,0951$  cal/gr. K.
6. Una fuente de calor cuya temperatura es de  $888$  K. es capaz de transmitir  $806$  Kcal./m a un sistema que se encuentra a  $444$  K. Si estas temperaturas se mantienen constantes determinar: a) la disminución de entropía de la fuente; b) el aumento de entropía del universo que acompaña la transmisión de calor.
7. La cantidad de  $5$  kg de oxígeno se encuentra a  $30$  °C. Luego se calienta isobáricamente hasta la temperatura de  $150$  °C, al ponerla en contacto con una fuente de calor cuya temperatura se mantiene a  $150$ °C. Determinar: a) La variación de entropía del oxígeno, b) La variación de entropía del universo. Se considerará como un gas ideal,  $c_p=0,2193$  kcal/kgK.

