

Capítulo 5. Problemas Resueltos

Variaciones de Entropía en procesos Irreversibles

Problemas Resueltos



Variaciones de Entropía en Procesos Irreversibles

En un proceso reversible

$$dS \equiv \frac{d'Q_r}{T}$$

S: Depende sólo del estado del sistema.

$S_2 - S_1$: Es la misma, cualquiera que sea la naturaleza del proceso que siga el sistema para pasar de un estado a otro.

Si se necesita determinar la variación de entropía que experimenta un sistema en un proceso irreversible, basta idear cualquier proceso reversible entre los estados extremos del proceso irreversible.

Problema 1: Un kilogramo de agua a $0^{\circ}C$ se calienta a $100^{\circ}C$. Calcule la variación de entropía.

$$\text{Dato: } c_a = 4186 \frac{J}{kg \cdot K}$$

Desarrollo:

$$\text{Dato: } c_a = 4186 \frac{J}{kg \cdot K}; \quad T_1 = 0^{\circ}C = 273 K; \quad T_2 = 100^{\circ}C = 373 K.$$

En la práctica este proceso es irreversible. Sin embargo el cambio de entropía del agua solo depende de los estados inicial y final del sistema, y es el mismo si el proceso es reversible o irreversible.

$$dQ = m_a c_a dT$$

$$\Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m_a c_a dT}{T} = m_a c_a \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\Delta S_{12} = m_a c_a \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 1 kg \times 4186 \frac{J}{kg \cdot K} \times \ln\left(\frac{373 K}{273 K}\right) = 1.31 \times 10^3 \frac{J}{K}$$

Problema 2: Un kilogramo de agua a $0^{\circ}C$ se pone en contacto con una gran fuente térmica a $100^{\circ}C$. Cuando el agua ha alcanzado los $100^{\circ}C$. Dato: $c_a = 4186 \frac{J}{kg K}$.

- a) ¿cuál ha sido la variación de entropía del agua?,
- b) ¿cuál la de la fuente térmica? y
- c) ¿cuál la del universo?

Desarrollo:

Dato: $c_a = 4186 \frac{J}{kg K}$; $T_1 = 0^{\circ}C = 273 K$; $T_2 = 100^{\circ}C = 373 K$.

- a) ¿cuál ha sido la variación de entropía del agua?,

$$\Delta S_a = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m_a c_a dT}{T} = m_a c_a \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 1kg \times 4186 \frac{J}{kg K} \times \ln\left(\frac{373K}{273K}\right)$$

$$\Delta S_a = 1306 \frac{J}{K}$$

b) ¿cuál la de la fuente térmica?

Fuente térmica cede calor al agua ($T_2 = 373K$)

$$\Delta S_F = \int_a^b \frac{d'Q_r}{T_2} = \frac{1}{T_2} \int_a^b d'Q_r = \frac{Q_r}{T_2} = \frac{-m_a c_a \Delta T}{T_2} = \frac{-1kg \times 4186 \frac{J}{kg \ K} \times (373 \ K - 273K)}{373 \ K}$$

$$\Delta S_F = -1122.2 \frac{J}{K}$$

Nota:

Fuente térmica: Sistema cuya capacidad calorífica es muy grande. Se le puede enviar o quitar cualquier cantidad de calor, sin que se produzca en él una variación apreciable de temperatura. Ejemplos: atmósfera, océano, etc.

c) ¿cuál la del universo?

$$\Delta S_{universo} = \Delta S_a + \Delta S_F = 1306 \frac{J}{K} - 1122.2 \frac{J}{K}$$

$$\Delta S_{universo} = \mathbf{183.8} \frac{J}{K}$$