Segunda ley de la Termodinámica

1. Estime el rendimiento máximo de un motor de un automóvil con una razón de compresión de 8:1. Suponga que el proceso efectúa un ciclo de Otto y que γ = 1.4.

Teniendo en cuenta que se trata de un proceso adiabático y considerando la definición de rendimiento y de razón de compresión, tenemos:

$$T_c V_c^{\gamma-1} = T_h V_h^{\gamma-1}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

$$r = \frac{V_c}{V_h}$$

Nos queda que:

$$\varepsilon = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} = 56.5\%$$

2. a) Calcular el mayor coeficiente de eficiencia de un refrigerador doméstico.

b) La tasa más alta de eliminación de calor del interior del refrigerador si éste consume una potencia media de 600 W de potencia eléctrica.

Nota: Usar valores razonables para la temperatura dentro y fuera del refrigerador

a) Suponiendo que la diferencia de temperatura dentro y fuera del refrigerador es de 30 K, que se trata de un Ciclo de Carnot y usando la definición de coeficiente de eficiencia y el primer principio de la Termodinámica, se tiene que:

$$\eta_{max} = \frac{1}{1-\frac{T_c}{T_h}} = 9.10$$

b) Considerar la variación temporal en la definición de coeficiente de eficiencia:

$$\frac{dQ_c}{dt} = \eta \frac{dW}{dt} = 5.46\ kW$$

3. La temperatura media del Sol y de la Tierra son 5400 K y 290 K, respectivamente mientras que la constante solar (intensidad de luz solar que llega a la órbita terrestre) es de 1.3 kW/m^2.

a) Calcular la potencia total de luz solar que llega a la Tierra.

b) La tasa neta de aumento de entropía que experimenta la Tierra debido a la radiación solar.

c) La tasa neta de decrecimiento de entropía que experimenta el Sol debido a la radiación solar terrestre.

a) Considerando la Tierra como una esfera de radio R = 6.37 10^6 m, entonces:

$$P = IA = I\pi R^2 = 1.66\ 10^{17} W$$

b)

$$\frac{dS_{Tierra}}{dt} = \frac{P}{T_{Tierra}} = 5.72\ 10^{14}\ J/(K\ s)$$

c)

$$\frac{dS_{Sol}}{dt} = \frac{P}{T_{Sol}} = 3.07\ 10^{13}\ J/(K\ s)$$

4.

a) Usando la información del ejercicio anterior y sabiendo que la distancia Tierra-Sol es de 1.5 10^{11} m, calcular la potencial total que el Sol radia a la galaxia.

b) Sabiendo que hay unas 10^{11} estrellas como el Sol en la Vía Láctea y unas 10^{11} galaxias en el universo, estimar la tasa de crecimiento de la entropía del universo, suponiendo que la temperatura media de éste es de 2.73 K.

Del mismo modo que en el ejercicio anterior:

a) Sea ahora R la distancia Tierra-Sol, entonces:

$$P = IA = I\pi R^2 = 3.68\ 10^{26}\ W$$

b)

$$\frac{dS_{universo}}{dt} = \frac{P}{T_{universo}} = 1.35\ 10^{48}\ J/(K\ s)$$

5. El cuerpo humano produce 100 W de calor aproximadamente. Estimar el incremento de entropía del universo producido por una sola persona en primavera, cuando la temperatura media diurna es 70°F y la nocturna 55°F.

Teniendo en cuenta la definición de entropía y la relación entre calor y potencia: $\Delta Q = P\Delta T$, se tiene que :

$$\Delta S_{universo} = \frac{\Delta Q_{día}}{T_{día}} + \frac{\Delta Q_{noche}}{T_{noche}} = 29.8\ kJ/K$$

6. Una caja de 1.0 L contiene *N* moléculas de un gas ideal. Las posiciones de las moléculas se observan 100 veces por segundo. Calcular el tiempo medio que tardarían todas las moléculas en ocupar sólo una mitad de la caja si en ella hay (*a*) 10 moléculas, (*b*) 100 moléculas, (*c*) 1000 moléculas y (*d*) 1 mol de moléculas. (*e*) Los vacíos más altos producidos hasta la fecha corresponden a presiones de unos 10^{-12} torr. Si una cámara de vacío tiene el mismo volumen que la caja anterior, ¿cuánto habrá que esperar hasta que todas las moléculas de gas de la cámara de vacío ocupen sólo una de sus mitades. Compárese ese resultado con la edad del universo (10^{10} años aproximadamente).

La probabilidad de que *N* moléculas esté en una mitad de la caja viene dada por $P = 2/2^N$. Por tanto, si las posiciones de las moléculas se observan 100 veces por segundo, el tiempo empleado en recorrer todas las combinaciones sería:

$$t = \frac{2^N}{2\ 100}$$

Mediante esta ecuación resolveríamos los apartados (*a*)-(*d*):

a) t = 5.12s. b) t = 6.34 10^{27}s. c) t = 1.58 10^{290}s. d) t = $10^{10^{23}}$ años.

Para el apartado (*e*), debemos aplicar antes la ecuación de los gases ideales a temperatura ambiente para calcular *N.* El resultado muestra que este tiempo es muy superior a la edad del universo: t = 10^{10^7} $T_{universo}$