

Relación de problemas: Tema 6

1.- Un coche de 1500 kg choca a 20 m/s con una pared de cemento.

a) Si la temperatura ambiente es de 20°C, calcula la variación de entropía.

b) Se calienta 1 kg de agua de 0°C a 100°C. Calcula la variación de entropía del agua.

$$\text{a) } \Delta S = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{T} = 1023 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \boxed{\Delta S = 1023 \text{ J/K}}$$

$$\text{b) } \Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mcdT}{T} = mc \ln \frac{T_2}{T_1} = 1304 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \boxed{\Delta S = 1304 \text{ J/K}}$$

2.- Dentro de un recipiente adiabático se coloca un litro de agua a 20°C, en contacto con una fuente térmica cuya temperatura se mantiene constante a -20°C. Calcular la variación de entropía del agua y de la fuente hasta que ambos quedan en equilibrio. (calor específico del hielo = 0.5 cal/°C·g; calor de fusión del hielo = 80 cal/g).

Enfriamiento del agua:

$$Q_1 = mc(T_2 - T_1) = -83,6 \text{ J}$$

$$\Delta S_1 = mc \ln(T_2/T_1) = -0,295 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Congelación del agua a 0°C:

$$Q_2 = -mL_f = -334400 \text{ J}$$

$$\Delta S_2 = Q_2/T_2 = -1224,24 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Enfriamiento del hielo:

$$Q_3 = mc_h(T_3 - T_2) = -41800 \text{ J}$$

$$\Delta S_3 = mc_h \ln(T_3/T_2) = -158,921 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Variaciones de entropías totales:

$$\Delta S_{\text{agua}} = S_1 + S_2 + S_3 = -1383,45 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{\text{termostato}} = -\frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{T_3} = 1486,41 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

3.- Un mol de un gas ideal contenido en un pistón se expande hasta un volumen doble del inicial, manteniéndose en contacto con una fuente térmica a 400 K. Calcular:

- a) La variación de entropía del gas,
b) La variación de entropía del universo.

$$V_2 = 2V_1$$

$$T = 400 \text{ K}$$

$$\Delta S = ?$$

a)

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{dT} = \frac{Q}{T}$$

$$T \text{ constante} \rightarrow \Delta u = 0 \Rightarrow Q = W = \int P dV = \int \frac{NRT}{V} dV = NRT \ln 2$$

$$Q = W = 2304 \text{ J}$$

$$\Delta S_g = \frac{NRT \ln 2}{T} = NR \ln 2 = 5.76 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{gas}} = 5.76 \text{ J/K}$$

b)

$$\Delta S_f = -\frac{Q}{T} = -5.76 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_U = 0 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_U = \Delta S_f + \Delta S_g = 0$$

4.- Una bomba de calor extrae energía del exterior más frío y lo cede a una habitación más caliente. Calcular la energía que entra en la habitación por cada julio de trabajo realizado por la bomba, cuando la temperatura de la casa es de 20 °C y la temperatura exterior es de -5 °C, siendo el rendimiento de dicha bomba un 10% del valor máximo teórico.

$$\eta = \frac{Q_c}{W} = 0.10 \eta_T = 0.10 \frac{T_c}{T_c - T_f} = 0.10 \frac{293}{293 - 268} = 1.172$$

$$\eta = 1.17 \text{ J}$$

5.- La temperatura de la superficie del Sol es de aproximadamente 5700 K y la de la superficie de la Tierra de 290 K. Calcular la variación de entropía del sistema Sol-Tierra que se produce cuando se transfiere una energía de 1000 J en forma de radiación del sol a la tierra.

$$T_1 = 5700 \text{ K}$$

$$T_2 = 290 \text{ K}$$

$$Q_1 = 1000 \text{ J}$$

$$\Delta S = \frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} = \frac{1000}{290} - \frac{1000}{5700}$$

$$\Delta S = 3.27 \text{ J/K}$$

6.- Un salto de agua de 15 m tiene un flujo de $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

a) ¿Cuál es la máxima diferencia de temperatura posible entre el agua de la parte superior e inferior de la cascada?

b) ¿Qué potencia utilizable se pierde?

a)

$$mgh = mc\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{gh}{c} = 0.0352 \text{ K}$$

$$\Delta T = 0.0352 \text{ K}$$

b)

La potencia utilizable perdida es la que se disipa en forma de calor al caer el agua en el salto:

$$Potencia = \Phi gh = 368 \text{ W}$$

$$P = 368 \text{ w}$$

7.- Un acondicionador de aire reversible mantiene una habitación a 290 K, mientras la temperatura exterior es de 305 K.

a) ¿Cuánto trabajo debe producirse para cada transferencia de 5000 J de calor desde la casa?

b) ¿Qué cambio de entropía ocurre dentro y fuera de la casa para esta transferencia de calor?

a)

Sea 1 = exterior de la casa, 2 = interior de la casa. Aplicando el primer principio y teniendo en cuenta que si el sistema es reversible, la máquina térmica tendrá el mismo rendimiento que una máquina de Carnot operando entre las mismas temperaturas

$$\left. \begin{array}{l} -Q_1 = Q_2 + W \\ \frac{-Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \end{array} \right\} W = -258.621 \text{ J}$$

$$W = -258.6 \text{ J}$$

donde el signo indica que el trabajo se está realizando sobre el sistema de refrigeración.

b)

Los cambios de entropía dentro y fuera de la casa son:

$$S_1 = \frac{Q_1}{T_1} = -17.24 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$
$$S_2 = \frac{Q_2}{T_2} = 17.24 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= -17.24 \text{ J/K} \\ S_2 &= 17.24 \text{ J/K} \end{aligned}$$

8.-Se calientan 0,5 kg de hielo a 0°C hasta que se funde por completo.

a) ¿Cuál es el cambio de entropía del hielo?

b) Si el foco calorífico es una masa muy grande a una temperatura de 20°C, ¿cuál es el cambio de entropía de ese cuerpo?

c) ¿Cuál es la variación de entropía del universo?

Dato: Calor de fusión del hielo: 80 cal/g.

Sea Q = calor intercambiado ente foco y hielo.

a)

$$\Delta S_{\text{hielo}} = \frac{Q}{T_{\text{hielo}}} = \frac{mL_f}{T} \longrightarrow \Delta S_{\text{hielo}} = 612.118 \text{ J/K}$$

b)

$$\Delta S_{\text{foco}} = \frac{-Q}{T_{\text{foco}}} \longrightarrow \Delta S_{\text{foco}} = -570.356 \text{ J/K}$$

c)

$$\Delta S_U = \Delta S_{\text{hielo}} + \Delta S_{\text{foco}} \longrightarrow \Delta S_U = 41.761 \text{ J/K}$$

9.-Un gramo de agua se convierte en 1671 cm³ de vapor cuando hierve a 100° C, a la presión de 1 atm. El calor de vaporización a esta presión es 539 cal/g. Calcular:

a) La variación de energía interna.

b) La variación de entropía del agua.

Se considera que la densidad del agua a 100°C es 10³ kg/m³.

a)

La variación de la energía interna es

$$Q = m L_v = 2253.02 \text{ J}$$

$$W = P(V - V_0) = 169,213 \text{ J}$$

$$U = Q - W = 2083,81 \text{ J}$$

$$U = 2083.81 \text{ J}$$

b)

La variación de entropía es $\Delta S = \frac{Q}{T} = 6,0378 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

$$\Delta S = 6.0378 \text{ J/K}$$

10.- Diez moles de un gas ideal monoatómico, a 8 atm. y 400 K realizan el siguiente proceso cíclico: 1º) Se expandiona isotérmicamente hasta cuadruplicar su volumen; 2º) Se comprime isobáricamente hasta su volumen inicial; 3º) Se calienta isócoramente hasta su temperatura inicial.

a) Trazar el diagrama P-V de este ciclo.

b) Hallar el trabajo realizado, el calor absorbido y las variaciones de energía interna y de entropía del gas en el ciclo.

c) Hallar el rendimiento del ciclo.

b) Sea 1, 2 y 3 los estados de este ciclo según se citan en el enunciado.

$$W_{12} = nRT_1 \ln[V_2/V_1] = 454,705 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{12} = W_{12} = 454,705 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$U_{12} = 0 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$S_{12} = nR \ln[V_2/V_1] = 1,14 \frac{\text{atm}\cdot\text{l}}{\text{K}}$$

$$\begin{aligned} W_{12} &= Q_{12} = 454.705 \text{ atml} \\ U_{12} &= 0 \text{ atml} \\ S_{12} &= 1.14 \text{ atml/K} \end{aligned}$$

$$W_{23} = P_2 (V_3 - V_2) = -246 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{23} = nc_p (T_3 - T_2) = -615 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$U_{23} = Q_{23} - W_{23} = -369 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$S_{23} = nc_p \ln[T_3/T_2] = -2,84 \frac{\text{atm}\cdot\text{l}}{\text{K}}$$

$$\begin{aligned} W_{23} &= -246 \text{ atml} \\ Q_{23} &= -615 \text{ atml} \\ U_{23} &= -369 \text{ atml} \\ S_{23} &= -2.84 \text{ atml/K} \end{aligned}$$

$$W_{31} = 0 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{31} = nc_v (T_1 - T_3) = 369 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$\Delta U_{31} = Q_{31} - W_{31} = 369 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

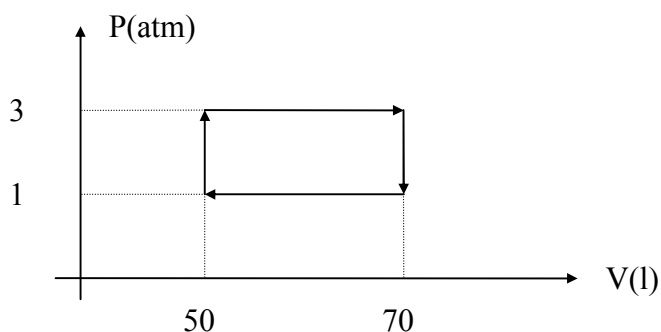
$$\Delta S_{31} = nc_v \ln[T_1/T_3] = 1,71 \frac{\text{atm}\cdot\text{l}}{\text{K}}$$

$$\begin{aligned} W_{31} &= 0 \text{ atml} \\ Q_{31} &= 369 \text{ atml} \\ U_{31} &= 369 \text{ atml} \\ S_{31} &= 1.71 \text{ atml/K} \end{aligned}$$

c) El rendimiento es $\eta = 1 - \frac{|Q_{23}|}{Q_{12} + Q_{23}} = 0,2534$

$$\eta = 25.34\%$$

11.-Calcular el rendimiento de un motor térmico en el que un gas ideal diatómico efectúa reversiblemente el ciclo de la figura.



Sean 1,2,3,4 sucesivamente los estados de las esquinas del ciclo de la figura, empezando a numerar por la inferior izquierda. Sea n el número de moles del gas.

Las temperaturas de cada uno de estos estados son:

$$T_1 = P_1 V_1 / nR = 609,756/n \text{ K}$$

$$T_2 = P_2 V_1 / nR = 1829,27/n \text{ K}$$

$$T_3 = P_2 V_2 / nR = 2560,98/n \text{ K}$$

$$T_4 = P_1 V_2 / nR = 853,66/n \text{ K}$$

Los calores intercambiados son:

$$Q_{12} = n c_v (T_2 - T_1) = 250 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{23} = n c_p (T_3 - T_2) = 210 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{34} = n c_v (T_4 - T_3) = -350 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{41} = n c_p (T_1 - T_4) = -70 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$\text{El rendimiento es: } \eta = 1 - \frac{|Q_{34} + Q_{41}|}{Q_{12} + Q_{23}} = 0,08696$$

$\eta = 8.7 \%$

12.-Calcúlese el cambio de entropía del Universo como resultado de cada uno de los siguientes procesos, hasta alcanzar el equilibrio:

- Un bloque de cobre de masa $m = 0,4 \text{ kg}$ y con una capacidad calorífica a presión constante $C_p = 150 \text{ J/}^\circ\text{C}$ a la temperatura de 100°C , se sumerge en un lago a 10°C .
- El mismo bloque, a 10°C , se deja caer al lago desde una altura de 10 m .

a)

$$Q = C(T_{Cu} - T_{lago}) = 13500 \text{ J}$$

$$\Delta S_{Cu} = C \ln(T_{lago} / T_{Cu}) = -41,42 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{lago} = Q / T_{lago} = 47,7 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_U = \Delta S_{Cu} + \Delta S_{lago} = 6,28 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_U = 6.28 \text{ J/K}$$

b) Supongamos el proceso dividido en 2 etapas: 1) Al caer, el bloque se calienta al impactar con el agua a $P=\text{cte}$, y 2) se enfría hasta 10°C . La ΔS total será la suma de las dos.

$$1) \Delta T \text{ en la caída : } \Delta T = \frac{Q}{C} = \frac{mgh}{C} = \frac{0,4 \cdot 9,8 \cdot 10}{150} = 0,261^\circ\text{C}$$

$$\text{Despreciando } \Delta T, \Delta S_1 = \frac{Q}{T} = \frac{39,2}{373} = 0,105 \text{ J/K}$$

2) La variación de entropía es la misma de a)

La variación de entropía final es

$$\Delta S_U = \Delta S_1 + \Delta S_a = 6,385 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_U = 6.385 \text{ J/K}$$

13.- Una máquina irreversible opera entre dos focos a temperaturas 550 y 350 K, con un rendimiento del 25%. En cada ciclo la máquina absorbe del foco caliente un calor de 1200 J. Calcular:

a) El cambio en la entropía del universo por cada ciclo de operación.

b) El trabajo adicional que podría realizar si la máquina fuese reversible.

a)

$$T_1 = 550 \text{ K}$$

$$T_2 = 350 \text{ K}$$

$$\eta = 25\%$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow Q_2 = 900 \text{ J}$$

$$\Delta S_u = \Delta S_{Fc} + \Delta S_{Ff} = -\frac{1200}{550} + \frac{900}{350}$$

$$\Delta S_U = 0.39 \text{ J/K}$$

b)

Para un sistema reversible:

$$\Delta S = 0 = -\frac{1200}{550} + \frac{Q'_2}{350} \Rightarrow Q'_2 = 764 \text{ J}$$

$$W = Q_1 - Q'_2 = 1200 - 764 = 436 \text{ J}$$

$$W_{irrevers} = Q_1 - Q_2 = 1200 - 900 = 300 \text{ J}$$

$$\Delta W = 436 - 300 = 136 \text{ J}$$

$\Delta W = 136 \text{ J}$

14.- Un mol de helio que ocupa un volumen inicial de 22 l y está a una temperatura de 280 K, sufre un proceso tras el cual ha duplicado su volumen y ha pasado a una temperatura de 1120 K. Calcular el cambio de entropía del gas realizando las suposiciones adecuadas.

$$\left. \begin{array}{l} V_1 = 22 \text{ l} \\ T_1 = 280 \text{ K} \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} V_2 = 44 \text{ l} \\ T_2 = 1120 \text{ K} \end{array} \right\}$$

Consideremos un proceso reversible en el que se absorbe una cantidad de calor Q a temperatura T:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{\Delta u}{T} + \frac{W}{T} = \frac{Nc_v dT}{T} + \frac{PdV}{T}$$

$$\Delta u = P - W$$

$$\Delta S = Nc_v \ln T \Big|_{T_1}^{T_2} + NR \ln V \Big|_{V_1}^{V_2} = Nc_v \ln \frac{1120}{280} + NR \ln 2 =$$

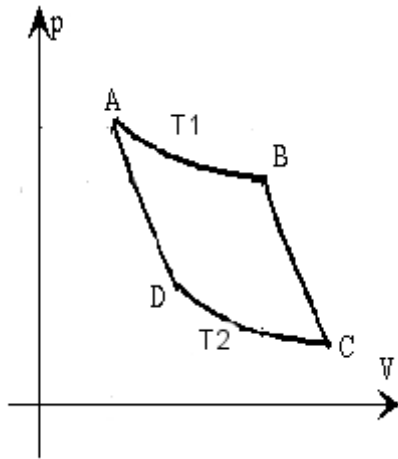
$$= 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.31 \cdot \ln \frac{1120}{280} + 1 \cdot 8.31 \cdot \ln 2 = 23 \text{ J/K}$$

$\Delta S = 23 \text{ J/K}$

15.- Dos kilomoles de un gas ideal diatómico ($\gamma=7/5$) evolucionan según un ciclo de Carnot entre 180 °C y 40 °C. La cantidad de calor absorbida de la fuente caliente es de $4 \cdot 10^6 \text{ J}$ y la presión máxima alcanzada es de 10^6 Pa .

Dibujar el ciclo en el diagrama P-V y calcular:

- El volumen del gas al finalizar la expansión isoterma.
- El trabajo realizado por el gas en el ciclo.
- La variación de entropía en la compresión isoterma.
- El rendimiento del ciclo.



$$1 \text{ atml} = 101.3 \text{ J}$$

$$\gamma = 7/5$$

$$N = 2 \cdot 10^3 \text{ moles}$$

$$T_1 = 180^\circ\text{C} = 453 \text{ K}$$

$$T_2 = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

$$Q_1 = 4 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$P_{\max} = P_A = 10^6 \text{ Pa} = 9.87 \text{ atm}$$

a)

$$PV = NRT \rightarrow V_A = \frac{NRT_A}{P_A} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0.082 \cdot 453}{9.87} = 7527.1 \text{ l}$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{cte} \rightarrow T_1 V_A^{\gamma-1} = T_2 V_D^{\gamma-1} \Rightarrow 453 (7527.1)^{0.4} = 313 V_D^{0.4} \Rightarrow V_D = 18968.9 \text{ l}$$

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D} \Rightarrow V_C = 2.52 V_B$$

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W \Rightarrow Q_1 = NRT_1 \ln \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow 4 \cdot 10^6 = 2000 \cdot 0.082 \cdot 453 \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$$\ln \frac{V_B}{V_A} = 0.53 \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = e^{0.53} \Rightarrow V_B = 12796 \text{ l}$$

$$V_C = 32245.9 \text{ l}$$

$V_B = 12796 \text{ l}$

b)

$$Q_2 = NRT_2 \ln \frac{V_C}{V_D} = 27.6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$W = Q_1 - Q_2 = 4 \cdot 10^6 - 27.6 \cdot 10^5 \longrightarrow$$

$W = 12.4 \cdot 10^5 \text{ J}$

c)

$$\Delta S_{BC} = \Delta S_{AD} = 0$$

$$\Delta S_{AB} = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{4 \cdot 10^6}{453} = 8830 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{CD} = -8830 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{CD} = -\frac{Q_2}{T_2} = -8830 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_T = 0$$

d)

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{313}{453} = 0.31$$

$$\eta = 31\%$$

16.- Se está diseñando una máquina de Carnot que usa dos moles de CO₂ como sustancia de trabajo, con una temperatura máxima de 527 °C y una presión máxima de 5 atm. Con un aporte de 400 J por ciclo se desea obtener un trabajo útil de 300 J.

Calcular:

a) La temperatura a la que debe estar el foco frío.

b) El número de ciclos que tiene que efectuar la máquina para derretir un trozo de hielo de 10 kg.

a)

$$\begin{aligned} T &= 527 \text{ °C} \\ P_{\max} &= 5 \text{ atm} \\ Q_1 &= 400 \text{ J} \\ W &= 300 \text{ J} \\ N &= 2 \text{ moles} \end{aligned}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{W}{Q_1}$$

$$1 - \frac{T_2}{527 + 273} = \frac{300}{400} = 0.75$$

$$T_2 = 0.25T_1$$

$$T_2 = 200 \text{ K} = -73 \text{ °C}$$

b)

Para derretir un trozo de hielo de 10 Kg:

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 0.75 \Rightarrow Q_2 = 0.25 \cdot 400 = 100 \text{ J} \rightarrow Q_2 \text{ en un ciclo.}$$

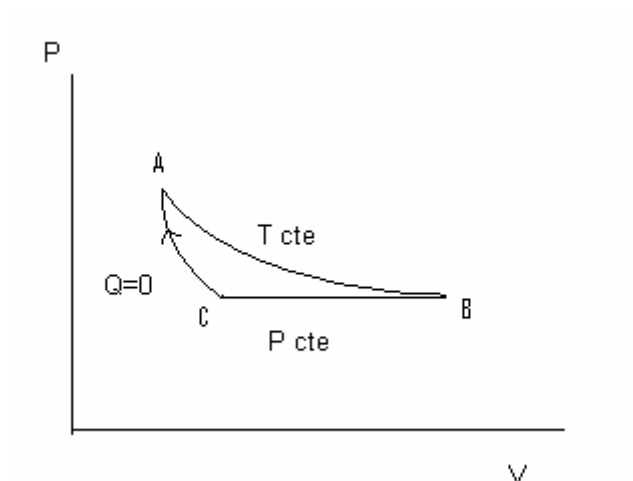
$Q = mL = 10 \cdot 10^3 \text{ (g)} \cdot 80 \text{ (cal/g)} \cdot 4.16 \text{ (J/cal)} = 3.3 \cdot 10^6 \text{ J} \rightarrow$ Cantidad de calor necesaria para derretir 10 Kg.

$$Q_2 \text{ (nº de ciclos)} = 3.3 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow \text{nº de ciclos} = 3.3 \cdot 10^4$$

$3.3 \cdot 10^4 \text{ ciclos}$

17.- Un mol de un gas ideal diatómico ($\gamma=1.4$, $C_v=5/2 R$) se encuentra en un estado inicial a 27°C ocupando un volumen de 3 litros. Se expande isotérmicamente hasta alcanzar un volumen doble del inicial y a continuación se enfría isobáricamente hasta un estado, a partir del cual sigue un proceso adiabático hasta finalizar el ciclo. Representar gráficamente el ciclo en un diagrama PV y calcular:

- Los volúmenes, presiones y temperaturas correspondientes a cada estado del ciclo.
- El trabajo realizado por el gas en el ciclo.
- La variación de entropía y energía interna en el proceso isobaro.
- El rendimiento de una máquina reversible que opere según este ciclo.



$$\begin{aligned} N &= 1 \\ C_v &= 5R/2 \\ \gamma &= C_p / C_v = 1.4 \rightarrow C_p = 7R/2 \\ T_A &= 300 \text{ K} \\ V_A &= 3 \text{ l} \\ V_B &= 6 \text{ l} \end{aligned}$$

a)

$$PV = NRT \Rightarrow P = \frac{NRT}{V} \Rightarrow P_A = 8.2 \text{ atm}$$

$$P_B = \frac{1 \cdot 0.082 \cdot 300}{6} = 4.1 \text{ atm}$$

$$P_C = P_B = 4.1 \text{ atm}$$

$$P_A V_A^\gamma = P_C V_C^\gamma \Rightarrow V_C^\gamma = \frac{P_A V_A^\gamma}{P_C} = 2 V_A^\gamma \Rightarrow V_C = 4.9 \text{ l}$$

$$T_C = \frac{P_C V_C}{NR} = 245 \text{ K}$$

A (8.2 atm, 300 K, 3 l)
B (4.1 atm, 300 K, 6 l)
C (4.1 atm, 245 K, 4.9 l)

b)

Proceso A → B:

$$T \text{ cte} \rightarrow \Delta u = 0 \Rightarrow Q_1 = W$$

$$W_{AB} = \int P dV = \int \frac{cte}{V} dV = NRT \ln \frac{V_B}{V_A} = 1728 \text{ J}$$

Proceso B → C:

$$P \text{ cte}; W = P(V_C - V_B) = 4.1(4.9 - 6) = -4.51 \text{ atml} = -456.83 \text{ J}$$

$$\Delta u = Q - W \Rightarrow Q = \Delta u + W = -11.275 - 4.51 = -15.785 \text{ atml}$$

$$\Delta u = Nc_v(T_C - T_B) = \frac{5}{2} R(245 - 300) = -11.275 \text{ atml}$$

Proceso C → A:

$$Q=0; \Delta u = Q - W \Rightarrow \Delta u = -W = -\int P dV$$

$$\Delta u = Nc_v(T_A - T_C) = 11.257 \text{ atml} = 1142.2 \text{ J}$$

$$W_{total} = 1728 \text{ J} - 456.8 \text{ J} - 1142.2 \text{ J} = 129 \text{ J}$$

$W_{total} = 129 \text{ J}$

c)

$$\Delta u_{Total} = 0; \Delta u_{CA} = -\Delta u_{BC}$$

$$\Delta u_{CA} = 1142.2 \text{ J}$$

$$\Delta S_{BC} = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{c_P dT}{T} = c_P \ln \frac{T_C}{T_B} = \frac{7}{2} R \ln \frac{245}{300} = -5.89 \text{ J/K}$$

$\Delta u_{CA} = 1142.2 \text{ J}$ $\Delta S_{BC} = -5.89 \text{ J/K}$

d)

$$\eta = \frac{W}{Q} = \frac{1728 - 456.8 - 1142.2}{1728} = 7.5\%$$

$\eta = 7.5 \%$

18.-Un extremo de una varilla de cobre está en contacto con un foco calorífico a 450 K. El otro extremo está en contacto con un foco a 300 K. Una vez que el sistema ha

alcanzado el estado estacionario se observa que en una hora se transfieren 2400 cal desde el extremo caliente al frío de la varilla.

- Hallar el cambio de entropía de los focos y de la varilla.
- ¿Cuánta entropía se ha creado?
- Hallar la energía degradada en el proceso.

a) Las variaciones de entropía son:

$$\Delta S_1 = -Q/T_1 = -22,2933 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_2 = -Q/T_2 = 33,44 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{varilla}} = 0$$

$$\Delta S_1 = -22.29 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_2 = 33.44 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{varilla}} = 0 \text{ J/K}$$

b) La entropía del Universo ha variado en $\Delta S_U = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 11,147 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

$$\Delta S_U = 11.147 \text{ J/K}$$

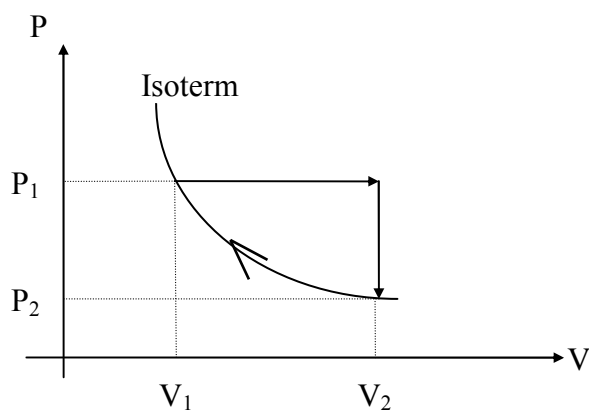
c) La energía degradada en el proceso, puesto que este es irreversible, es la cantidad de calor que ha pasado del foco caliente al frío $Q = 10032 \text{ J}$.

$$E_{\text{degradada}} = T_{\text{frío}} \Delta S = 300 \cdot 11,147 = 3344,1 \text{ J}$$

$$E_{\text{degradada}} = 3344.1 \text{ J/K}$$

19.- Tres moles de oxígeno evolucionan según el ciclo de la figura y en el sentido indicado. Si $P_1 = 3 \text{ atm}$, $V_1 = 2 \text{ l}$ y $V_2 = 4 \text{ l}$; Calcular:

- Q, W y ΔU para el proceso de compresión isotérmica.
- El rendimiento del ciclo.
- Si la máquina realiza 20 ciclos/min, ¿cuál es la potencia que desarrolla en C.V.?



Sean 1,2 y 3 los estados del ciclo en los que se pasa de un proceso a otro, empezando a numerar por el estado de coordenadas (V_1, P_1).

a) Cálculo de las variables termodinámicas en los estados 1, 2 y 3:

$$P_2 = P_1 V_1 / V_2 = 1,5 \text{ atm}$$

$$T_1 = P_1 V_1 / n R = 24,390 \text{ K}$$

$$T_2 = P_2 V_2 / n R = 48,781 \text{ K}$$

$$T_3 = P_3 V_3 / n R = 24,390 \text{ K}$$

El trabajo, calor y variación de energía interna son, aplicando la ley de Joule para la energía interna del gas ideal:

$$W_{31} = nRT_1 \ln(V_1/V_3) = -4.159 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{31} = W_{31} = -4.159 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$U_{31} = 0$$

$W = Q = -4.159 \text{ atm}\cdot\text{l}$ $\Delta u = 0$
--

b)

Para calcular el rendimiento del ciclo se calculan los calores intercambiados en los otros dos procesos:

$$Q_{12} = n c_p (T_2 - T_1) = 21 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

$$Q_{23} = n c_v (T_3 - T_2) = -15 \text{ atm}\cdot\text{l}$$

El rendimiento es:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}} = 0,08767 = 8,77\%$$

$\eta = 8.77\%$

c)

En un ciclo el trabajo realizado por el sistema es:

$$W = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 1,841 \text{ atm}\cdot\text{l} = 186,552 \text{ J}.$$

$$\text{La potencia es } \frac{W}{t} = \frac{W_{20}}{60} \cdot \frac{1}{736} = 0,08449 \text{ CV}.$$

$P = 0.08449 \text{ CV}$

20.- Una central de energía produce una potencia eléctrica de 1000 MW a partir de turbinas que reciben vapor a 500 K y expulsan agua a 300 K a un río. El agua del río, tras pasar por la central se encuentra 6 K más caliente debido a la energía cedida por la central. Calcular el caudal del río suponiendo que la central se comporta como una máquina de Carnot.

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0.4$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{W/\Delta t}{Q_1/\Delta t} = \frac{P}{Q_1/\Delta t} \Rightarrow \frac{Q_1}{\Delta t} = \frac{P}{\eta}$$

$$W = Q_1 - Q_2 \Rightarrow Q_2 = Q_1 - W$$

$$\frac{Q_2}{\Delta t} = \frac{Q_1}{\Delta t} - \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow \frac{Q_2}{\Delta t} = \frac{Q_1}{\Delta t} - P = \frac{P}{\eta} - P = \frac{P(1-\eta)}{\eta}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q_2}{\Delta t} &= \frac{P(1-\eta)}{\eta} \\ Q &= cm\Delta T \end{aligned} \right\} \frac{Q_2}{\Delta t} = \frac{P(1-\eta)}{\eta} = \frac{cm\Delta T}{\Delta t} \Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta T c} \frac{P(1-\eta)}{\eta}$$

$$\frac{m}{\Delta t} = \frac{1}{6^\circ\text{C} \cdot 4186\text{J/Kg}^\circ\text{C}} \cdot 1 \cdot 10^9\text{W} \frac{1-0.4}{0.4} \approx 5.97 \cdot 10^4 \text{ Kg/s}$$

$$\boxed{\frac{m}{\Delta t} = 5.97 \cdot 10^4 \text{ Kg/s}}$$