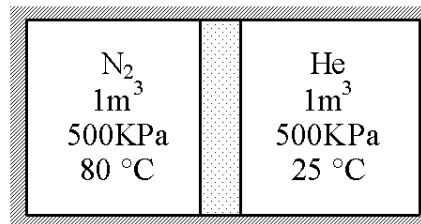


PROBLEMA 1 (15 puntos)

Considere un cilindro rígido horizontal, perfectamente aislado. El cilindro está dividido en dos compartimientos por un embolo de libre movimiento, sin roce. Inicialmente uno de los compartimientos está lleno de N_2 a 500 KPa y 80 °C, mientras que en el otro hay He a 500 KPa y 25 °C. Se permite el intercambio de calor a través del embolo hasta que se llega al equilibrio. Determine:

1. la temperatura de equilibrio en ambos compartimientos (2 Ptos).
2. el cambio de entropía del proceso generado por el cambio de presión y el cambio de volumen (13 Ptos).

Datos: Para el N_2 Tenemos $R_{N_2}=0.2968$ kN.m/kg.°K, un $C_v=0.743$ kJ/kg.°C y un $C_p=1.039$ kJ/kg.°C; Para el He Tenemos $R_{He}=2.0769$ kN.m/kg.°K un $C_v=3.1156$ kJ/kg.°C y un $C_p=5.1926$ kJ/kg.°C.



Datos :

Para el Nitrogeno:

Para el Helio:

$$P_{N_2} = P_{He} = P_2$$

$$P_{1N_2} := 500$$

$$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{1He} := 500$$

$$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$T_{2N_2} = T_{2He} = T_2$$

$$V_{1N_2} := 1$$

$$\text{m}^3$$

$$V_{1He} := 1$$

$$\text{m}^3$$

$$V_t := 2$$

$$\text{m}^3$$

$$T_{1N_2} := 80 + 273$$

$$\text{K}$$

$$T_{1He} := 25 + 273$$

$$\text{K}$$

$$R_{N_2} := 0.2968$$

$$\frac{\text{kN}\cdot\text{m}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$\text{kg}\cdot\text{K}$$

$$R_{he} := 2.076$$

$$\frac{\text{kN}\cdot\text{m}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$\text{kg}\cdot\text{K}$$

$$C_{vni} := 0.74$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$$

$$\text{kg}\cdot\text{C}$$

$$C_{vhe} := 3.115$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$$

$$\text{kg}\cdot\text{C}$$

$$C_{pni} := 1.03$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$$

$$\text{kg}\cdot\text{C}$$

$$C_{phe} := 5.192$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$$

$$\text{kg}\cdot\text{C}$$

Calculando la masa de cada uno de los gases tenemos:

$$m_{ni} = \frac{P_{1ni} \cdot V_{1ni}}{R_{ni} \cdot T_{1ni}}$$

$$m_{he} = \frac{P_{1he} \cdot V_{1he}}{R_{he} \cdot T_{1he}}$$

$$m_{ni} := \frac{P_{1ni} \cdot V_{1ni}}{R_{ni} \cdot T_{1ni}}$$

$$m_{ni} = 4.772$$

$$\text{kg}$$

$$m_{he} := \frac{P_{1he} \cdot V_{1he}}{R_{he} \cdot T_{1he}}$$

$$m_{he} = 0.808$$

$$\text{kg}$$

Aplicando la primera ley de la termodinamica tenemos=

$$Q + W = \Delta U$$

pero $W=0$ y $Q=0$

$$\Delta U = \Delta U_{N2} + \Delta U_{N2}$$

Si

$$\Delta U_{ni} = m_{ni} \cdot C_{vni} \cdot (T_2 - T_{1ni})$$

$$\Delta U_{he} = m_{he} \cdot C_{vhe} \cdot (T_2 - T_{1he})$$

$$m_{ni} \cdot C_{vni} \cdot (T_2 - T_{1ni}) + m_{he} \cdot C_{vhe} \cdot (T_2 - T_{1he}) = 0$$

por lo tanto tenemos:

$$T_2 := \frac{m_{Ni} \cdot C_{vNi} \cdot T_{1Ni} + m_{He} \cdot C_{vHe} \cdot T_{1He}}{m_{Ni} \cdot C_{vNi} + m_{He} \cdot C_{vHe}}$$

$$T_2 = 330.167$$

$$T_{2_} := T_2 - 273$$

$$T_{2_} = 57.167$$

(2 Ptos)

si

$$V_t = V_{2Ni} + V_{2He}$$

ademas

$$\frac{P_{1Ni} \cdot V_{1Ni}}{T_{1Ni}} = \frac{P_{2Ni} \cdot V_{2Ni}}{T_{2Ni}}$$

y

$$\frac{P_{1He} \cdot V_{1He}}{T_{1He}} = \frac{P_{2He} \cdot V_{2He}}{T_{2He}}$$

como $P_{2Ni} = P_{2He}$ y $T_{2Ni} = T_{2He}$ tenemos:

$$P_{2Ni} = \frac{T_{2Ni}}{T_{1Ni}} \cdot \frac{V_{1Ni}}{V_{2Ni}} \cdot P_{1Ni}$$

$$P_{2He} = \frac{T_{2He}}{T_{1He}} \cdot \frac{V_{1He}}{V_{2He}} \cdot P_{1He}$$

al igualar ambas ecuaciones tenemos:

$$\frac{T_{2Ni}}{T_{1Ni}} \cdot \frac{V_{1Ni}}{V_{2Ni}} \cdot P_{1Ni} = \frac{T_{2He}}{T_{1He}} \cdot \frac{V_{1He}}{V_{2He}} \cdot P_{1He}$$

$$\frac{P_{1Ni}}{T_{1Ni}} \cdot \frac{V_{1Ni}}{V_{2Ni}} = \frac{P_{1He}}{T_{1He}} \cdot \frac{V_{1He}}{V_{2He}}$$

$$V_{2Ni} = \left(\frac{P_{1Ni} \cdot V_{1Ni} \cdot T_{1He}}{T_{1Ni} \cdot P_{1He} \cdot V_{1He}} \right) \cdot V_{2He}$$

$$V_t = 0.844 V_{2He} + V_{2He}$$

por lo tanto

$$V_{2He} := \frac{V_t}{1.84}$$

$$V_{2He} = 1.087$$

$$m^3$$

(1.5 Ptos)

$$V_{2Ni} := \left(\frac{P_{1Ni} \cdot V_{1Ni} \cdot T_{1He}}{T_{1Ni} \cdot P_{1He} \cdot V_{1He}} \right) \cdot V_{2He}$$

$$V_{2Ni} = 0.918$$

$$m^3$$

(1.5 Ptos)

$$P_2 := \frac{T_2}{T_{1He}} \cdot \frac{V_{1He}}{V_{2He}} \cdot P_{1He}$$

$$P_2 = 509.653$$

KPa

(2 Ptos)

Para el N₂ así como para el He, el proceso es reversible (el pisto se desplaza lentamente) mas no adiabatico, con un cambio de presion y volumen, por lo tanto:

$$\Delta S = m \cdot \left(C_p \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \right)$$

$$\Delta S = m \cdot \left(C_v \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + R \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \right)$$

Entropia generada por un cambio de **Presion**:

$$\Delta S_{pni} := m_{ni} \cdot \left(C_{pni} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_{1ni}}\right) - R_{ni} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_{1ni}}\right) \right)$$

$$\Delta S_{pni} = -0.359$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

(3 Ptos)

$$\Delta S_{phe} := m_{he} \cdot \left(C_{phe} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_{1he}}\right) - R_{he} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_{1he}}\right) \right)$$

$$\Delta S_{phe} = 0.398$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

(3 Ptos)

$$\Delta S_{pgen} := \Delta S_{pni} + \Delta S_{phe}$$

$$\Delta S_{pgen} = 0.039$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

(1 Ptos)

El Proceso de compresion y expansion de los gases pueden ocurrir con las condiciones dadas en el problema.

(1 Ptos)

De igual manera tenemos tambien se puede calcular como:

$$\Delta S_{vni} := m_{ni} \cdot \left(C_{vni} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_{1ni}}\right) + R_{ni} \cdot \ln\left(\frac{V_{2ni}}{V_{1ni}}\right) \right)$$

$$\Delta S_{vni} = -0.359$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\Delta S_{vhe} := m_{he} \cdot \left(C_{vhe} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_{1he}}\right) + R_{he} \cdot \ln\left(\frac{V_{2he}}{V_{1he}}\right) \right)$$

$$\Delta S_{vhe} = 0.398$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

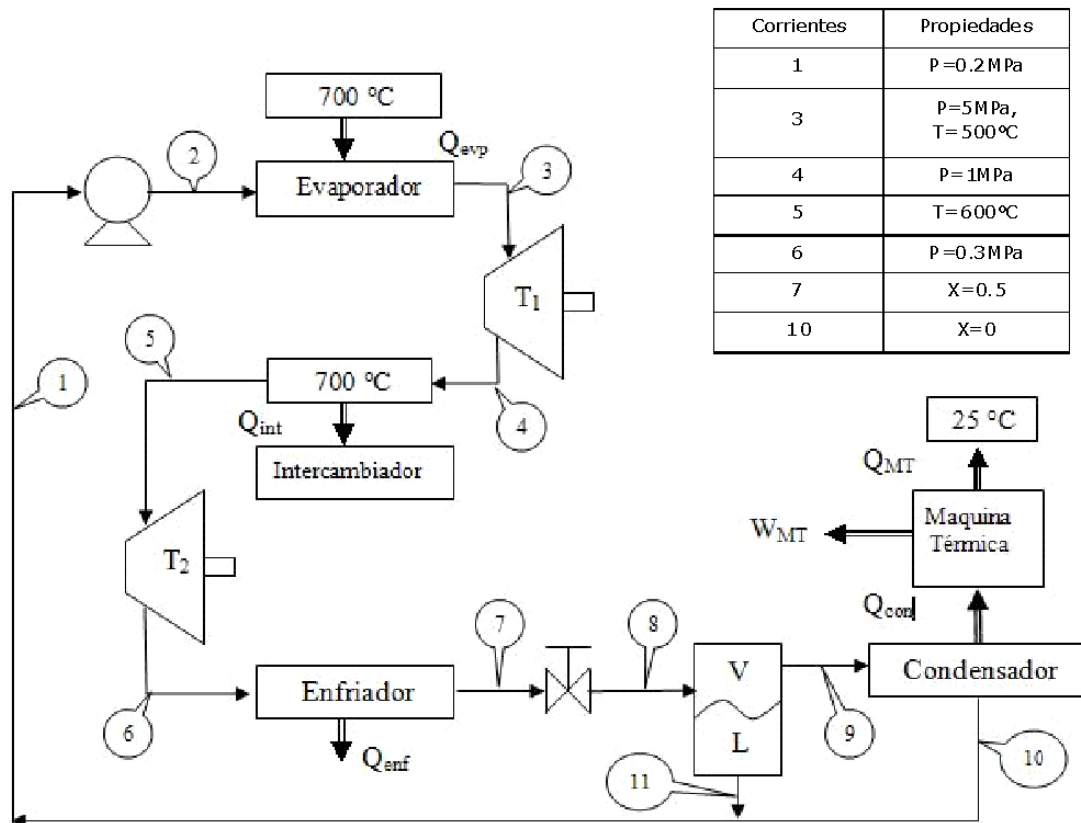
$$\Delta S_{vgen} := \Delta S_{vni} + \Delta S_{vhe}$$

$$\Delta S_{vgen} = 0.039$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

PROBLEMA 2 (20 puntos)

Determine para el proceso mostrado en la figura, que utiliza agua como fluido de trabajo, la eficiencia del proceso si $\eta_{T1}=\eta_{T2}=0.8$; $\eta_B=0.6$; $\eta_{MT}=0.9\eta_{Max}$ y adicionalmente:



corriente 1 LS
 corriente 4 VSC
 corriente 8 MLV

$$P12 := 200$$

kPa

$$P4 := 1000$$

kPa

$$P8 := 200$$

kPa

$$T1 := 178.5$$

°C

$$s4 := 6.978$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

corriente 9 VS

$$h1 := 504.7$$

$$P9 := P8$$

$v1 := 0.00106$

$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

$h4s := 2971.4$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

corriente 10 LS

$P10 := P9$

corriente 2

corriente 5

corriente11

$P22 := 5000$

kPa

$P5 := 1000$

kPa

$P11 := P10$

corriente 3 VSC

$T5 := 600$

°C

Adicionales

$P3 := 5000$

kPa

$h5 := 3698.6$

$\eta T1 := 0.8$

$TL := 25$

°C

$T3 := 500$

°C

corriente 6

$\eta T2 := \eta T1$

$Q_{\text{cond}} := 3125$

$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$

$P6 := 300$

kPa

$\eta B := 0.6$

$s3 := 6.978$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

corriente 7

$\eta_{MT} = 0.6 \cdot \eta_{\text{max}}$

$x7 := 0.5$

$h3 := 3434.1$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$P7 := 300$$

kPa

$$\eta_{T1} = \frac{h3 - h4}{h3 - h4s}$$

$$h4 := h3 - \eta_{T1} \cdot (h3 - h4s)$$

$$h4 = 3.064 \times 10^3$$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

kg

(2 Ptos)

$$\eta_{T2} = \frac{h5 - h6}{h5 - h6s}$$

por lo tanto

$$h6s := 3272.8$$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

kg

$$h6 := h5 - \eta_{T2} \cdot (h5 - h6s)$$

$$h6 = 3.358 \times 10^3$$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

kg

(2 Ptos)

$$\eta_B = \frac{v1 \cdot (P12 - P22)}{h1 - h2}$$

$$h2 := h1 - \frac{[v1 \cdot (P12 - P22)]}{\eta_B}$$

$$h2 = 513.188$$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

kg

(2 Ptos)

$$\eta_{T2} = \eta_{T1}$$

$$\frac{WT1}{WS1} = \frac{WT2}{WS2}$$

donde

$$WS1 = m \cdot (h3 - h4s)$$

y

$$WS2 = m \cdot (h5 - h6s)$$

$$WT2 = \left(\frac{h5 - h6s}{h3 - h4s} \right) \cdot WT1$$

por lo tanto

$$WT2 = 0.919 WT1$$

De la maquina termica tenemos:

$$T_H := 120.2$$

°C

Temp. de LS de la corriete 10

$$\eta_{MT} = 0.9\eta_{max}$$

donde

$$\eta_{max} := 1 - \frac{TL + 273}{TH + 273}$$

$$\eta_{max} = 0.242$$

(1 Ptos)

$$\eta_{MT} := 0.9\eta_{max}$$

$$\eta_{MT} = 0.218$$

(1 Ptos)

calculando el flujo masico tenemos:

como $P1=P11=P10=P9=P8= 200\text{kPa}$

$$-Q_{cond} = m_9(h_{10} - h_9)$$

donde

$$h_9 := 2706.2$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{kg}$$

y

$$h_{10} := 504.7$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{kg}$$

$$m_9 := \frac{Q_{cond}}{(h_9 - h_{10})}$$

$$m_9 = 1.419$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{s}$$

(1 Ptos)

$$m_8 = m_9 + m_{11}$$

sabemos que

$$m_9 = x_8 m_8$$

y

$$m_{11} = (1 - x_8) \cdot m_8$$

calculando x_8

$$h_8 = h_7$$

calculando h_7

$$h_7 := (1 - x_7) \cdot 561.4 + x_7 \cdot 2724.5$$

$$h_7 = 1.643 \times 10^3$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{kg}$$

$$h_8 := h_7$$

con $P_8=0.2 \text{ MPa}$

tenemos que el estado es MLV:

$$x_8 := \frac{h_8 - 504.7}{2706.2 - 504.7}$$

$$x_8 = 0.517$$

$$m_8 := \frac{m_9}{x_8}$$

$$m8 = 2.745$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$m11 := (1 - x8) \cdot m8$$

$$m11 = 1.325$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

ó

$$m11r := m8 - m8$$

$$m11r = 1.325$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$m1 = m2 = m3 = m4 = m5 = m6 = m7 = m8$$

$$m9 = m10$$

$$m1 := m8$$

Calculando los trabajos y calores tenemos:

$$WT1 := m1 \cdot (h3 - h4)$$

$$WT1 = 1.017 \times 10^3$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$WT2 := 0.919 WT1$$

$$WT2 = 934.983$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$WMT := \eta_{MT} \cdot Q_{\text{cond}}$$

$$WMT = 680.951$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$WB := m1 \cdot (h1 - h2)$$

$$WB = -23.299$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$Q_{\text{cal}} := m1 \cdot (h3 - h2)$$

$$Q_{\text{cal}} = 8.019 \times 10^3$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$Q_{\text{int}} := m1 \cdot (h5 - h4)$$

$$Q_{\text{int}} = 1.742 \times 10^3$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$Q_{\text{enf}} := m1 \cdot (h7 - h6)$$

$$Q_{\text{enf}} = -4.707 \times 10^3$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

$$Q_{\text{MT}} := (1 - \eta_{MT}) \cdot Q_{\text{cond}}$$

$$Q_{\text{MT}} = 2.444 \times 10^3$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

(1 Ptos)

Calculando la eficiencia del proceso tenemos:

$$\eta_{\text{ciclo}} := \frac{WT1 + WT2 + WMT}{Q_{\text{cal}} + Q_{\text{int}} + WB}$$

$$\eta_{\text{ciclo}} = 0.27$$

(1 Ptos)

