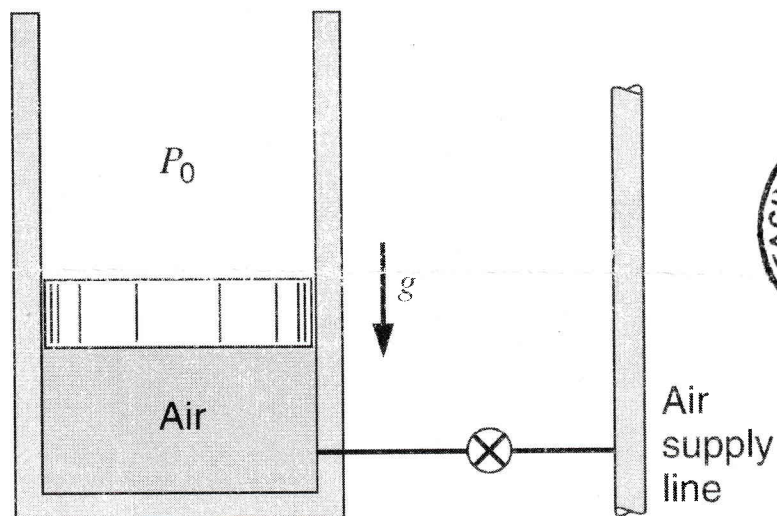


Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA**3 de febrero del 2025****Ejercicio 1**

Un dispositivo cilindro pistón vertical se encuentra conectado, a través de una válvula, a una cañería de aire comprimido a 5 bar y 450 K. La cara exterior del pistón se encuentra expuesta a la atmósfera a 101,3 kPa y tiene un diámetro de 25 cm.

Inicialmente, la válvula en el tramo que une la cañería de aire comprimido y el cilindro se encuentra cerrada, el aire dentro del cilindro ocupa un volumen de $0,3 \text{ m}^3$, tiene una presión de 125 kPa y una temperatura de 25°C .

- a) Determine la masa del pistón y la masa inicial del aire dentro del cilindro.



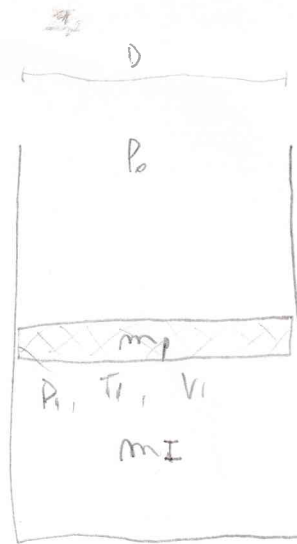
A continuación se abre la válvula, permitiendo que el aire de la línea ingrese al cilindro lentamente hasta que el volumen se triplica, momento en el cual se vuelve a cerrar la válvula. En ese momento la temperatura del aire dentro del cilindro es de 350 K.

- b) Determine la masa final del aire en el cilindro.
- c) Represente el proceso del aire en el cilindro en un diagrama P-V.
- d) Calcule el trabajo que el aire del cilindro realiza en este proceso.
- e) Halle el calor intercambiado por el aire del cilindro, indicando su sentido.

E1: $P_0 = 101,3 \text{ kPa}$

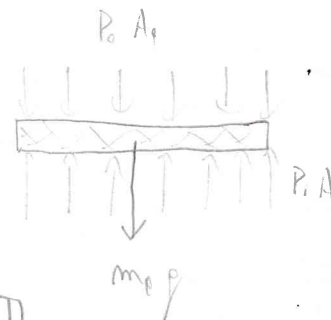
$D = 25 \text{ cm}$

Estado inicial $\Rightarrow \begin{cases} V_1 = 0,3 \text{ m}^3 \\ P_1 = 125 \text{ kPa} \\ T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K} \end{cases}$



a) $A_p = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \Rightarrow A_p = 4,909 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

$P_0 A_p + m_p g = P_1 A_p \Rightarrow m_p = \frac{(P_1 - P_0) A_p}{g}$



$\Rightarrow m_p = \frac{(125 - 101,3) \times 10^3 \cdot 4,909 \times 10^{-2}}{9,8} \Rightarrow m_p = 119 \text{ kg}$

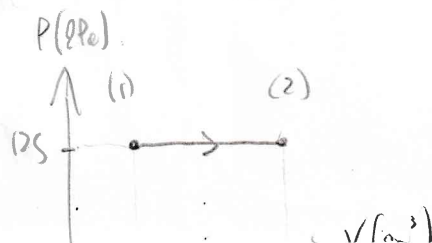
$P_1 V_1 = m_I R_g T_1 \Rightarrow m_I = \frac{P_1 V_1}{R_g T_1} = \frac{125 \cdot 0,3}{0,287 \cdot 298} \Rightarrow m_I = 0,438 \text{ kg}$

b) $V_2 = 3 V_1 = 3 \cdot 0,3 \Rightarrow V_2 = 0,9 \text{ m}^3$

$T_2 = 350 \text{ K}$

$P_2 V_2 = m_F R_g T_2 \Rightarrow m_F = \frac{P_2 V_2}{R_g T_2} = \frac{125 \cdot 0,9}{0,287 \cdot 350} \Rightarrow m_F = 1,120 \text{ kg}$

$P_2 = P_1 \Rightarrow P_2 = 125 \text{ kPa}$



$$d) W = \int_{(1)}^{(2)} P dV = \bar{P}_i (V_2 - V_1) = 125 \cdot 0,6 \Rightarrow \boxed{W = 75 \text{ kJ}}$$

12

$$e) P_e = 5 \text{ bar}$$

$$T_e = 450 \text{ K}$$



$$\Delta U = Q - W + H_e \Rightarrow Q = m_F u_2 - m_I u_1 + W - m_e h_e$$

$$\Rightarrow Q = W + (m_I + m_e) u_2 - m_I u_1 - m_e (u_e + P_e v_e)$$

$$= W + m_I u_2 + m_e u_2 - m_I u_1 - m_e u_e - m_e P_e v_e$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = W - m_e P_e v_e + m_I (u_2 - u_1) - m_e (u_e - u_2)}$$

$$P_e v_e = R_f T_e = 0,287 \cdot 450 \Rightarrow \boxed{P_e v_e = 129,15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$u_2 - u_1 = C_v (T_2 - T_1) = 0,718 \cdot 52 \Rightarrow \boxed{u_2 - u_1 = 37,39 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$u_e - u_2 = C_v (T_e - T_2) = 0,726 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{u_e - u_2 = 72,60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$m_F = m_I + m_e \Rightarrow m_e = m_F - m_I = 1,12 - 0,438 \Rightarrow \boxed{m_e = 0,682}$$

$$\Rightarrow Q = 75 - 0,682 \cdot 129,15 + 0,438 \cdot 37,39 - 0,682 \cdot 72,6$$

$$= 75 - 88,08 + 16,38 - 49,51$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = -46,21 \text{ kJ}}$$

El aire
entra
calor a el

211

Examen - INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA

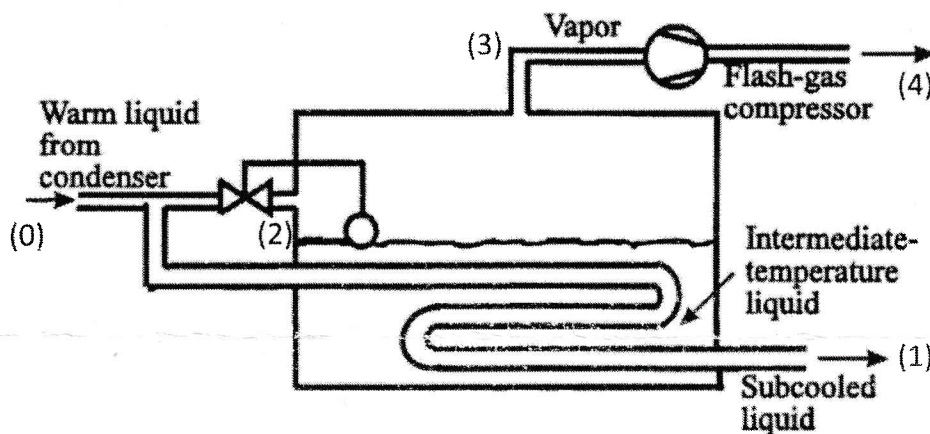
3 de febrero del 2025

Ejercicio 2

Una instalación frigorífica tiene un tanque que contiene una mezcla bifásica de refrigerante R-134a a 0°C .

El tanque es alimentado a través de una válvula de expansión por la que pasa cierto flujo de líquido saturado de refrigerante a 34°C , estado (0). 5 kg/s del mismo estado ingresan a un serpentín sumergido en el tanque donde le ceden calor al líquido del tanque, abandonando el serpentín a 8°C y la misma presión, estado (1).

Se asume que el sistema que se analiza se encuentra funcionando en régimen estacionario.



- a) El estado (1), a la salida del serpentín, es líquido subenfriado. ¿Por qué?
- b) Halle el calor cedido por unidad de tiempo al refrigerante en el tanque desde el serpentín.

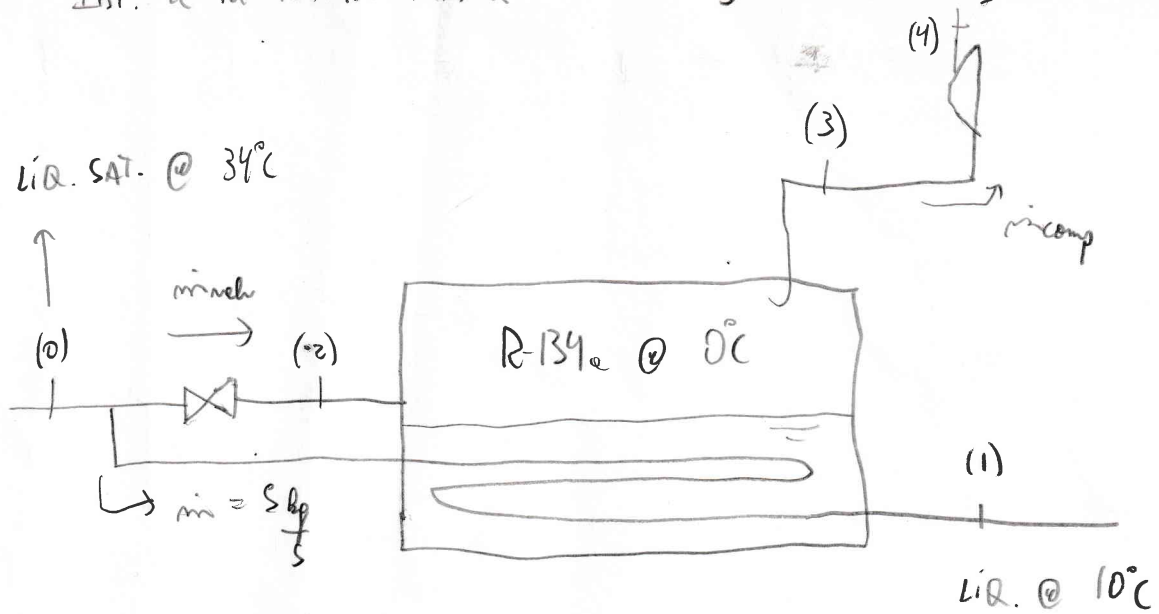
Un compresor toma vapor saturado desde la parte superior del tanque, estado (3).

- c) Determine el estado (2), luego de la válvula. Indique en qué región de los diagramas se encuentra.
- d) Halle el flujo másico que ingresa por la válvula de expansión y el succionado por el compresor.

Con el compresor se alcanzan 9 bar y se asume que el refrigerante que circula por el mismo sufre un proceso adiabático y reversible.

- e) ¿A qué temperatura, T_4 , se descarga el refrigerante a la salida del compresor?

Ej 2:



Ⓐ $P_1 = P_0 = P_{sat} @ 34^\circ\text{C} \Rightarrow$ Como $T_1 = 10^\circ\text{C} < T_{sat} @ P_1 = 34^\circ\text{C}$

$\Rightarrow$ El estado (1) es líquido subenfriado.

Ⓛ $\dot{m} h_0 = \dot{Q} + \dot{m} h_1 \Rightarrow \dot{Q} = \dot{m} (h_0 - h_1) = 5 \cdot (97,31 - 61,11)$

$h_0 = h_f @ 34^\circ\text{C} \Rightarrow h_0 = 97,31 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$h_1 \approx 61,11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$h_1 = h_f @ 0^\circ\text{C} + P_1 v_f @ 0^\circ\text{C} = 60,43 + 862,47 \cdot 0,7884 \times 10^{-3}$
 $= 60,43 + 0,67997$

$\Rightarrow \dot{Q} = 5 \cdot 36,20 \Rightarrow \boxed{\dot{Q} = 181 \text{ kW}}$



Ⓒ Por 1era Ley e la válvula: $h_2 = h_0 \Rightarrow h_2 = 97,31 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$P_2 = P_{sat} @ 0^\circ\text{C} = 2,9282 \text{ bar} \Rightarrow h_2 > h_f @ 0^\circ\text{C} = 50,02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

S/6

$\Rightarrow$ Como también $h_2 < h_g @ 0^\circ\text{C} = 247,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \Rightarrow$ El estado (2) es mezcla.

d) Como $m_{\text{tengo}} = \text{cte}$ (por estar en régimen estacionario) $\Rightarrow m_{\text{vapor}} = m_{\text{comp}}$

$$\Rightarrow m_{\text{vapor}} h_2 + \dot{Q} = m_{\text{vapor}} h_3 \Rightarrow \dot{Q} = m_{\text{vapor}} (h_3 - h_2)$$

$$\Rightarrow m_{\text{vapor}} = \frac{\dot{Q}}{(h_3 - h_2)} = \frac{181}{247,23 - 97,31} = \frac{181}{149,92} \Rightarrow m_{\text{vapor}} = 1,21 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$h_2 @ 0^\circ\text{C}$

$$m_{\text{vapor}} = 1,21 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

e) $P_4 = 9 \text{ bar}$



Proceso adiabático y reversible $\Rightarrow S_4 = S_3$

$$S_3 = S_f @ 0^\circ\text{C} = 0,9190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\Rightarrow \frac{S_3 - S @ 35,53^\circ\text{C}, 9 \text{ bar}}{S @ 40^\circ\text{C}, 9 \text{ bar} - S @ 35,53^\circ\text{C}, 9 \text{ bar}} = \frac{0,9190 - 0,90}{0,9217 - 0,905}$$

$$= \frac{0,0136}{0,0163}$$

$$= 0,8344$$

$$\Rightarrow T_4 = 35,53 + 0,8344 \cdot (40 - 35,53) \Rightarrow T_4 = 39,3^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 39,3^\circ\text{C}$$