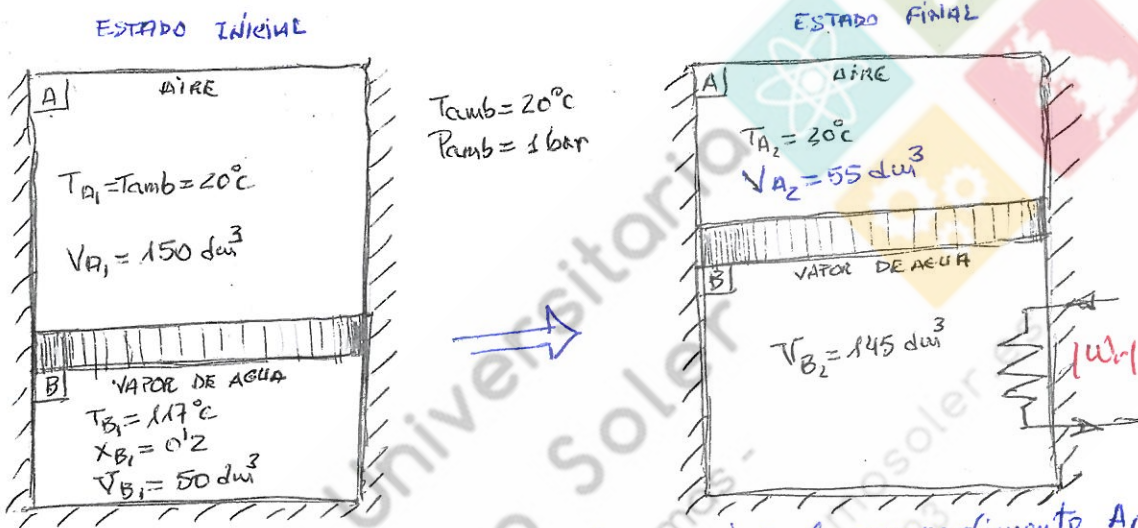


PROBLEMA 34)

Un cilindro vertical esta dividido en dos cámaras por un émbolo aislante que se desliza sin rozamiento, de masa y espesor despreciables. La parte superior contiene aire (gas perfecto) a la temperatura ambiente de 20°C y volumen inicial de 150 litros. La parte inferior B contiene vapor de agua a 117°C y título 0.2 con un volumen inicial de 50 litros. Se transmite calor a la cámara B por medio de una resistencia eléctrica, provocando que el émbolo se desplace hacia arriba hasta que el volumen de B es 145 litros. Considerando que la temperatura de A permanece constante (la cámara B está aislada, pero la A no). Determinar:

- Presión final en A y temperatura final en B.
- Trabajo hecho por el vapor del agua durante el proceso.
- Calor transferido al vapor de agua durante el proceso.
- Calor transferido a o desde el ambiente a la cámara A.



⇒ Al estar abierto por la parte superior el compartimiento A, tenemos que: $T_{A2} = T_{A1} = 20^\circ\text{C}$
 ⇒ $V_{TOTAL} = V_{A1} + V_{B1} = 150 + 50 \Rightarrow V_{TOTAL} = 200 \text{ dm}^3$, $V_{A2} = V_{TOTAL} - V_{B2} \Rightarrow V_{A2} = 55 \text{ dm}^3$

ESTADO INICIAL EN EL COMPARTIMIENTO B (VAPOR DE AGUA)

Al darnos el título $x = 0.2$, nos dice que nos encontramos dentro de la campana de ANDREWS ⇒ TABLA 3 y entramos por temperatura de saturación $T_{B1} = T_s = 117^\circ\text{C}$

$$T_{B1} = 117^\circ\text{C} \Rightarrow P_{B1} = 1.8 \text{ bar} \begin{cases} v_{B1} = v + x(v'' - v') \Rightarrow v_{B1} = 1.9628 \text{ dm}^3/\text{kg} \\ u_{B1} = u + x(u'' - u') \Rightarrow u_{B1} = 897.53 \text{ kJ/kg} \end{cases}$$

Cálculo de la masa (m_B)

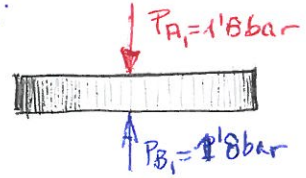
$$m_B = \frac{V_{B1}}{v_{B1}} = \frac{50 \text{ dm}^3}{1.9628 \text{ dm}^3/\text{kg}} \Rightarrow$$

$$m_B = 0.2547 \text{ kg}$$

ESTADO INICIAL EN EL COMPARTIMENTO A (AIKE)

Para que el cilindro se encuentre en equilibrio:

$$P_{A1} = P_{B1} = 1.8 \text{ bar}$$



- cálculo de la masa (m_A)

$$P_{A1} \cdot V_{A1} = m_A \cdot R_{aire} \cdot T_{A1} \Rightarrow m_A = \frac{P_{A1} \cdot V_{A1}}{R_{aire} \cdot T_{A1}} = \frac{(1.8 \cdot 100 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})(150 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)}{(0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}})(293 \text{ K})} \Rightarrow m_A = 0.3211 \text{ kg}$$

c) PRESIÓN FINAL EN A Y TEMPERATURA FINAL EN B

$$P_{A2} = \frac{m_A \cdot R_{aire} \cdot T_{A2}}{V_{A2}} = \frac{(0.3211 \text{ kg})(0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}})(293 \text{ K})}{(55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)} = 490.74 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \Rightarrow P_{A2} = 4.91 \text{ bar}$$

$$P_{B2} = P_{A2} \text{ (para estar en equilibrio)} \Rightarrow P_{B2} = 4.91 \text{ bar}$$

$$v_{B2} = \frac{V_{B2}}{m_B} = \frac{145 \text{ dm}^3}{0.2547 \text{ kg}} \Rightarrow v_{B2} = 569.22 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}$$

$t = 340^\circ\text{C}$		
P (bar)	v (dm ³ /kg)	u (kJ/kg)
5	560.4	2867.4
4.91	569.22	2867.19
4	702.212	2868.56

$t = 330^\circ\text{C}$		
P (bar)	v (dm ³ /kg)	u (kJ/kg)
5	551.1	2851.2
4.87	569.22	2851.4
4	690.27	2852.74

P (bar)	T (°C)	u (kJ/kg)
4.87	330°C	2851.4
4.91	334.08°C	2857.82
4.91	340°C	2867.19

$$T_{B2} = 334.08^\circ\text{C}$$

$$P_{B2} = 4.91 \text{ bar}$$

$$v_{B2} = 569.22 \text{ dm}^3/\text{kg}$$

b) TRABAJO HECHO POR EL VAPOR DE AGUA

$$W_{B1} = -W_{A1} = - \int_1^2 m_A P_A dv = \left| P_A = \frac{R_{aire} T_A}{v_A} \right| \Rightarrow \int_1^2 m_A \frac{R_{aire} T_A}{v_A} dv \Rightarrow W_B = 27.09 \text{ kJ}$$

$$\Rightarrow W_{B1} = -m_A R_A T_A \ln\left(\frac{v_{A2}}{v_{A1}}\right)$$

c) CALOR DE LA RESISTENCIA (CAMARA B)

$$Q_B^0 + |W_{r/B}| = m_B \Delta u_B + W_B = (0.2547 \text{ kg})(2857.82 - 897.53) + 27.09 \Rightarrow |W_{r/B}| = 526.96 \text{ kJ}$$

d) CALOR TRANSFERIDO (CAMARA A)

$$Q_A + |W_{r/A}|^0 = m_A \Delta u_A^0 + W_A \quad (T_{A1} = T_{A2} \Rightarrow \Delta u_A^0 = 0)$$

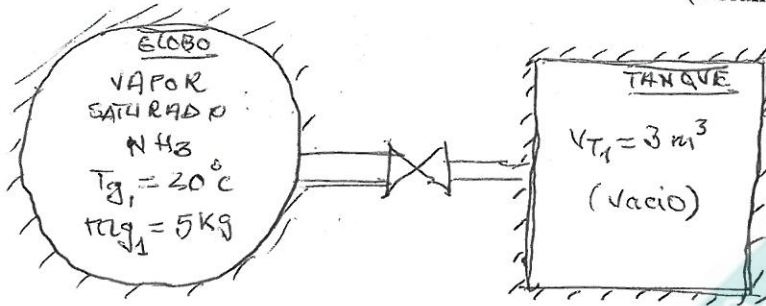
$$Q_A = W_A = -27.09 \text{ kJ}$$

PROBLEMA 57)

Un globo esférico elástico contiene 5 kg de vapor saturado de amoníaco a 20 °C. El globo está conectado mediante una válvula a un tanque vacío de 3 m³ de volumen. El globo está hecho de tal forma que la presión de su interior es proporcional a su diámetro. Se abre la válvula momentáneamente en el cual se cierra la válvula. La temperatura final del globo y del tanque es de 20 °C. Suponiendo que el globo, la válvula y el tanque son adiabáticos, determinar:

La presión final en el tanque (bar) y el trabajo hecho por el amoníaco (kJ).

(Volumen de la esfera $V = (4\pi r^3)/3$)



Presión del globo es proporcional a su diámetro:

$$P_g = K D_g$$

ESTADO INICIAL GLOBO

$T_1 = T_s = 20^\circ\text{C}$
VAPOR SATURADO
NH₃

$$\begin{cases} v_{g1} = 149'51 \text{ dm}^3/\text{kg} \\ h_{g1} = 1462'7 \text{ kJ/kg} \\ P_{g1} = 8'56 \text{ bar} \end{cases}$$

$$h = u + Pv$$

Volúmen inicial del globo (V_{g1})

$$mg = \frac{V_{g1}}{v_{g1}} \Rightarrow V_{g1} = m v_{g1} = (5 \text{ kg}) (149'51 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}) \Rightarrow V_{g1} = 747'55 \text{ dm}^3$$

Energía interna del globo (U_{g1})

$$h = u + Pv \Rightarrow u = h - Pv$$

$$U_{g1} = m u_{g1} = m (h_{g1} - P_{g1} v_{g1}) = (5 \text{ kg}) (1462'7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - (8'56 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}) \cdot 0'14951 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}) \Rightarrow U_{g1} = 1334'6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

cálculo del diámetro del globo (D_{g1})

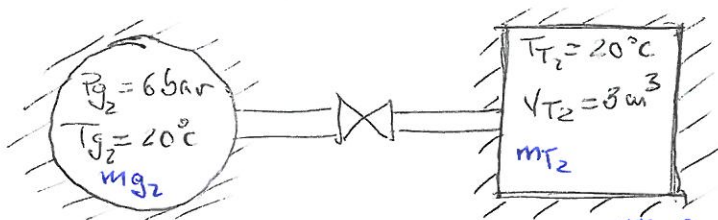
$$V_{g1} = \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{3 V_{g1}}{4 \pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0'74755 \text{ m}^3}{4 \cdot \pi}} \Rightarrow r = 0'563 \Rightarrow D_{g1} = 1'126023 \text{ m}$$

como la presión del globo es proporcional a su diámetro

$$P_{g1} = K D_{g1} \Rightarrow K = \frac{P_{g1}}{D_{g1}} = \frac{8'56 \text{ kJ/m}^3}{1'126023 \text{ m}} \Rightarrow K = 760'908175 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^4}$$

- Al abrir la llave, ha pasado cierta cantidad de masa de NH_3 del globo al tanque.

ESTADO FINAL GLOBO



$$P_{g2} = K D_{g2} \Rightarrow D_{g2} = \frac{P_{g2}}{K} = \frac{600 \frac{kJ}{m^3}}{7601908175 \frac{kJ}{m^4}} \Rightarrow D_{g2} = 0.78853 m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{radio } r = \frac{D_{g2}}{2} \Rightarrow r = 0.39426571 m.$$

cálculo del nuevo volumen del globo (V_{g2})

$$V_{g2} = \frac{4\pi(0.39426571 m)^3}{3} \Rightarrow V_{g2} = 0.2567176 m^3 \Rightarrow \sqrt[3]{V_{g2}} = 256.7176 dm^3$$

Propiedades del globo:

$$\left. \begin{array}{l} P_{g2} = 6 \text{ bar} \\ T_{g2} = 20^\circ C \end{array} \right\}$$

t = 15.55 °C		
P (bar)	v (dm³/kg)	h (kJ/kg)
5.5145	238	1475.5
6 bar	217.574	1471.4148
6.2038	209	1469.7

t = 21.11 °C		
P (bar)	v (dm³/kg)	h (kJ/kg)
5.5145	244	1490.2
6 bar	223.574	1486.3966
6.2038	215	1484.8

T °C	v (dm³/kg)	h (kJ/kg)
15.55	217.574	1471.4148
20 °C	222.37616	1483.40563
21.11	223.574	1486.3966

así que: $\left\{ \begin{array}{l} v_{g2} = 222.37616 \text{ dm}^3/\text{kg} \\ h_{g2} = 1483.40563 \text{ kJ/kg} \end{array} \right.$

cálculo de la masa en el globo (m_{g2})

$$m_{g2} = \frac{V_{g2}}{v_{g2}} = \frac{256.7176 \text{ dm}^3}{222.37616 \text{ dm}^3/\text{kg}} \Rightarrow$$

$$m_{g2} = 1.15443 \text{ kg en el globo}$$

Energía interna (U_{g2})

$$U_{g2} = h_{g2} \cdot m_{g2} - P_{g2} \cdot V_{g2} = 1483.40563 - \left(600 \frac{kJ}{m^3} \cdot 0.22237616 \frac{m^3}{kg} \right) \Rightarrow U_{g2} = 1349.98 \frac{kJ}{kg}$$

ESTADO FINAL EN EL DEPÓSITO

masa final en el depósito (m_{T2})
 $m_{T2} = m_{g1} - m_{g2} = 5 \text{ kg} - 1'15443 \text{ kg} \Rightarrow \underline{m_{T2} = 3'84557 \text{ kg}}$

velocidad específica (v_{T2})
 $v_{T2} = \frac{Vd}{m_{T2}} = \frac{3000}{3'84557} \Rightarrow \underline{v_{T2} = 780'1183 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}}$

PRESIÓN AC FINAL DEL TANQUE

$T_{T2} = 20^\circ\text{C}$
 $v_{T2} = 780'1183 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}$

$t = 15'55^\circ\text{C}$		
P (bar)	v (dm ³ /kg)	h (kJ/kg)
1'7233	800	1503'9
1'77405	780'1183	1506'56
2'0679	665	1505'6

$t = 21'11^\circ\text{C}$		
P (bar)	v (dm ³ /kg)	h (kJ/kg)
1'7233	820	1516'2
1'821	780'1183	1515'602
2'0679	680	1514'1

P (bar)	T (°C)	h (kJ/kg)
1'77405	15'55°C	1503'56
1'8116	30°C	1513'1979
1'821	21'11°C	1515'602

$P_{T2} = 1'8116 \text{ bar}$

Energía interna del tanque (U_{T2})
 $U_{T2} = h_{T2} - P_{T2} v_{T2} = 1513'1979 - (1'8116 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}) \cdot (780'1183 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}) \Rightarrow \underline{U_{T2} = 1375'87 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$

TRABAJO REALIZADO POR EL ANTONÍACO

$W_{\text{Antoniacos}} = W_{g1} - W_{\text{tanque}}$

$W_{g1} = U_{g1} - U_{g2} = m_{g1} \cdot u_{g1} - m_{g2} \cdot u_{g2} = (5 \text{ kg}) (1334'6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) - (1'15443 \text{ kg}) (1349'98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \Rightarrow$
 $\Rightarrow W_{g1} = 514'54 \text{ kJ}$

$W_{\text{tanque}} = -U_{T2} = -m_{T2} \cdot U_{T2} = -(3'84557 \text{ kg}) (1375'87 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \Rightarrow$
 $\Rightarrow W_{T1} = -5275'62 \text{ kJ}$

$W_{\text{Antoniacos}} = 514'54 \text{ kJ} - 5275'62 \text{ kJ} \Rightarrow$

$W_{\text{Antoniacos}} = -161 \text{ kJ}$