

Introducción a la Termodinámica

Examen

Ejercicio 1

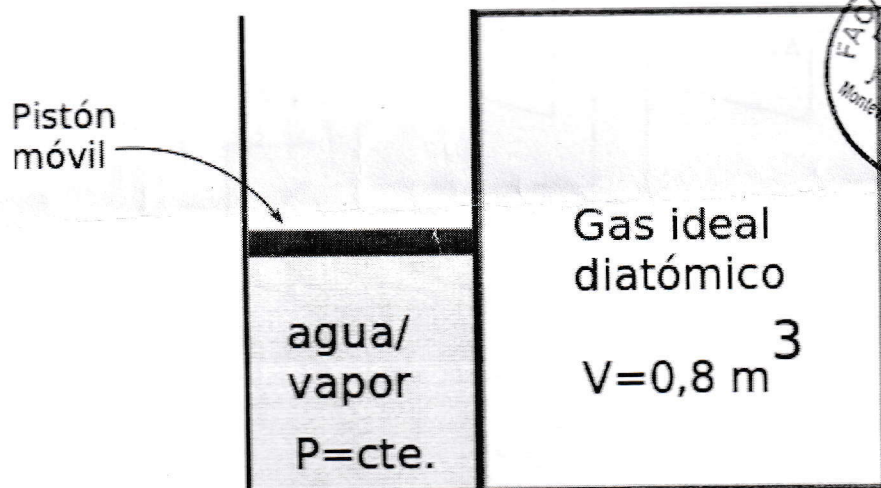
Considere un dispositivo cilindro-pistón el cual puede deslizar sin fricción, sometido a una presión constante. El cilindro contiene inicialmente 50 litros de una mezcla bifásica de agua líquida y vapor que se encuentra a una temperatura de $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y calidad $x=0,91$.

Se coloca al cilindro en contacto con un recipiente rígido de volumen $0,8\text{ m}^3$ que contiene a un gas ideal diatómico que inicialmente se encuentra a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1,5\text{ bar}$.

El gas y el agua intercambian calor hasta que toda el agua condensa.

- Determine la masa de agua y el número de moles de gas
- Determine el trabajo efectuado sobre el agua y el calor cedido por la misma
- Determine la temperatura y la presión final del gas
- Represente el proceso para el agua en un diagrama P-v y para el gas en uno

P-V



Nota: Considere para un gas ideal diatómico $C_v = 5/2Rn$

Nota 2: Hay un problema con el planteo de este ejercicio y es que se trata de un proceso imposible ya que ambos sistemas llegan al equilibrio térmico antes de que toda el agua condense. Se puede verificar que al imponer esto último, la temperatura final del gas supera la de agua

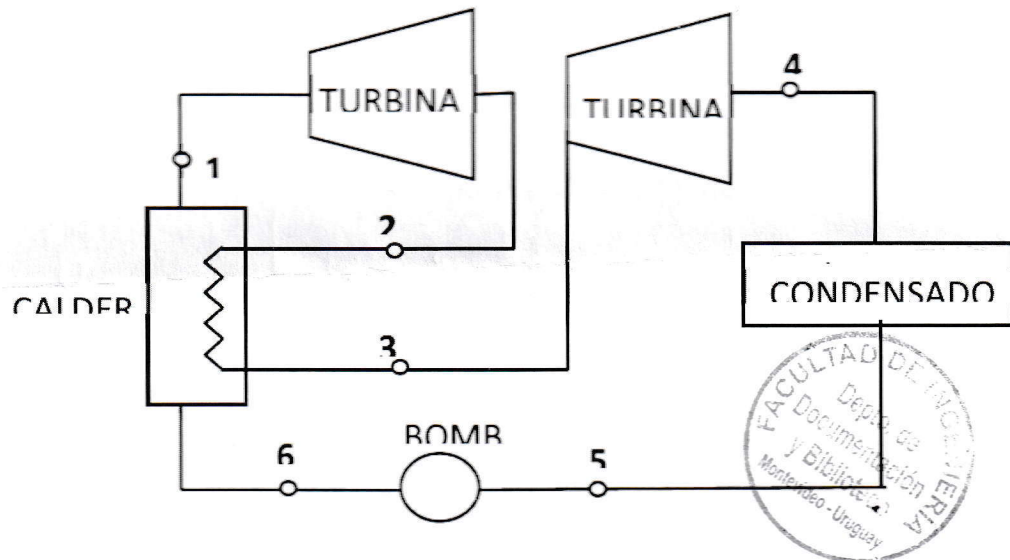
Introducción a la Termodinámica

Examen

Ejercicio 2

Se tiene una Máquina Térmica que consta de un ciclo de vapor con recalentamiento. Un flujo másico de 40 ton/h de vapor entra en la turbina de alta presión a 4400 kPa y 350°C, y se expanden hasta 1200 kPa y luego pasa por un recalentador – en la caldera - del que sale a 375°C. Finalmente se expande en la turbina de baja presión hasta la presión del condensador que es 10 kPa. Todos los procesos se suponen ideales.

- Esquematizar el ciclo en un diagrama T-s y hallar la entalpía y temperatura de todos los puntos representativos
- Hallar la potencia total desarrollada en las turbinas, en MW
- Hallar la potencia consumida por la bomba en kW
- Hallar el rendimiento térmico del ciclo
- Compare el rendimiento real de la parte d) con el rendimiento de Carnot de una MT que opere entre dos focos que estén a la máxima y mínima temperatura del ciclo real. ¿Dónde reconoce las irreversibilidades en el ciclo real?



Nota: Para la parte a) replicar en su hoja y rellenar la siguiente tabla:

PUNTO	P kPa	T °C	x	h kJ/kg	s kJ/kg.°K
1			N/A		
2					
3			N/A		
4					
5			N/A		
6			N/A		

ejercicio 1

Agua	P(kPa)	T(°C)	κ	ρ (kg/m³)	v (m³/kg)
Inicial	101,3	160	1,01	0,27956	2398
Final	319,5	100	1,02	0,27956	2398

v_1

$$v_1 = 0,27956$$

Agua	P(kPa)	T(K)	κ	ρ (kg/m³)	v (m³/kg)
Final	319,5	293	1,02	0,27956	2398

$$V_{\text{agua}} = 0,05 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{agua}} = \frac{V_{\text{agua}}}{v_1} = 0,179 \text{ kg}$$



$$a) P_1 V_1 = n R T_1 \rightarrow n = 49,26 \text{ mol}$$

$$b) v_2 = 0,27956 \text{ m}^3/\text{kg}, u_1 = 810 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot (1 \text{ K} \cdot \text{K)} = 23986 \text{ J/kg}$$

$$W_{\text{agua}} = P m (v_2 - v_1) = -30,8 \text{ kJ}$$

$$c) \text{Según el primer principio } (u_2 - u_1) = Q - W$$

$$\Rightarrow Q = -339 \text{ kJ}$$

$$d) Q_{\text{agua}} = -Q_{\text{agua}} = n R \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right) = 71$$

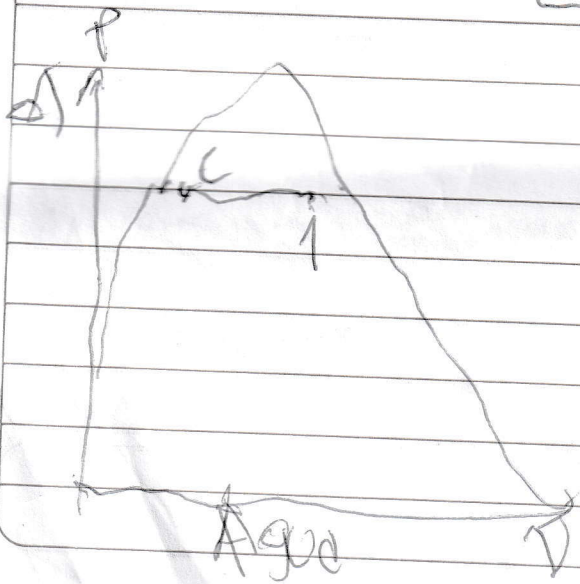
$$\Rightarrow T_2 = 629 \text{ K} \quad \text{Temperatura final del gas}$$

$$\rightarrow T_2 =$$

$$P_2 V = n R T_2 \rightarrow P_2 = 319,5 \text{ kPa}$$

$> 160^\circ \text{C}$ Hay un problema con los datos de este ejercicio

Ver Nota 2 de letra!



3/4

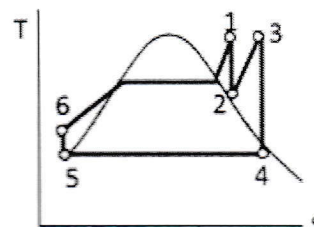
82)

✓

SOLUCIÓN:

a)

PUNTO	P kPa	T °C	x	h kJ/kg	s kJ/kg.°K
1	4400	350		3094.85	6.5863
2	1200	199.8		2813.98	6.5863
3	1200	375		3208.00	7.2983
4	10	45.8	88.6%	2312.00	7.2983
5	10	45.8		191.83	0.6493
6	4400	46.12		196.87	0.6493



Punto 4: bifásico

$$s_3 = s_4 = s_f + x s_{fg} \Rightarrow 7.2983 = 0.6493 + x_4 + 7.5018 \Rightarrow x_4 = 88.6\%$$

$$h_4 = h_f + x_4 h_{fg} \Rightarrow h_4 = 191.83 + 0.886 \times 2392.97 = 2312.00 \text{ kJ/kg}$$

b) Potencia de la turbina:

$$\dot{W} = \dot{m} (h_1 - h_2 + h_3 - h_4) = \frac{40000}{1000 \times 3600} \times (3094.85 - 2813.98 + 3208 - 2312) \Rightarrow \dot{W} = 13.1 \text{ MW}$$

c) Potencia de la bomba:

$$\dot{W}_B = \dot{m} (h_6 - h_5) = \frac{40000}{3600} \times (196.87 - 191.83) \Rightarrow \dot{W}_B = 56.0 \text{ kW}$$

d) Calor suministrado:

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_1 - h_6 + h_3 - h_2) = \frac{40000}{3600 \times 1000} \times (3094.85 - 196.87 + 3208 - 2813.98) = 36.58 \text{ MW}$$

$$e = \frac{\dot{W}_{\text{neto}}}{\dot{Q}_1} = \frac{13100 - 56}{36580} \Rightarrow e = 35.7\%$$

4/4