

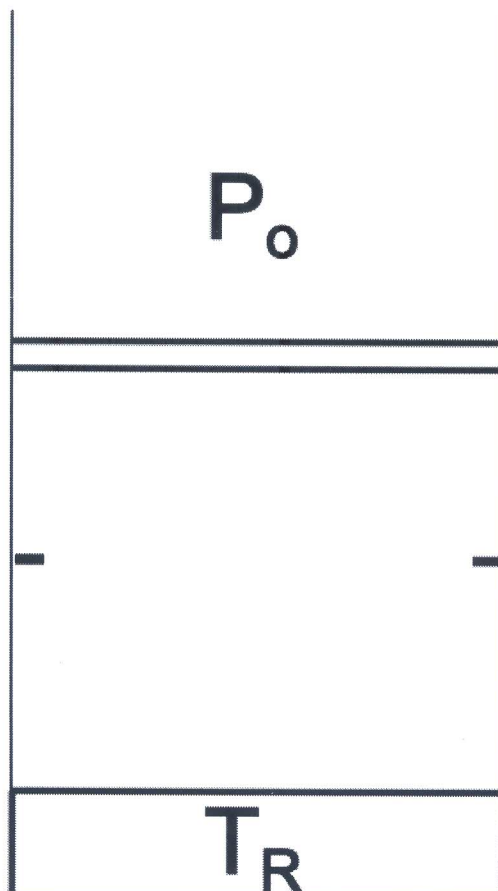
Introducción a la Termodinámica
Examen

Ejercicio 1

Un cilindro cerrado por un pistón de diámetro $D = 12 \text{ cm}$ y masa $m_p = 60 \text{ kg}$ contiene aire a una temperatura $T_1 = 350 \text{ K}$ y volumen $V_1 = 0,010 \text{ m}^3$. Se coloca al cilindro en contacto con una reserva térmica a $T_R = 250 \text{ K}$ y se les permite intercambiar calor hasta que llegan al equilibrio térmico.

El cilindro contiene unos topes que limitan el movimiento del pistón al volumen de $V_{\text{topes}} = 0,008 \text{ m}^3$.

- Determine la presión inicial y la masa de aire
- Muestre que en el estado final el pistón está en contacto con los topes
- Determine la presión final y represente el proceso en un diagrama P-V
- Calcule el trabajo efectuado por el aire y el calor entregado a la reserva
- Calcule la variación de entropía del universo



Notas: Modele al aire como un gas ideal diatómico con $C_v = 5/2R$

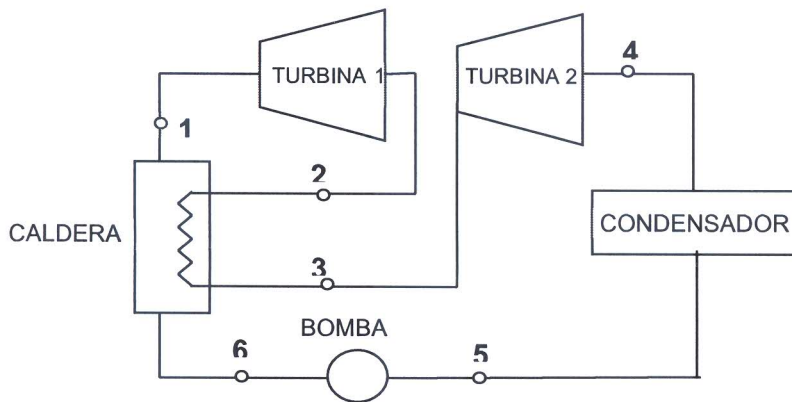
-El cilindro se encuentra abierto a la atmósfera a $P_0 = 101,3 \text{ kPa}$

Introducción a la Termodinámica
Examen febrero 2023

Ejercicio 2

En un ciclo de recalentamiento, el 40 ton/h de vapor entran a la turbina a 4400 kPa y 350°C, se expande hasta 1200 kPa y luego pasa por un recalentador del que sale a 375°C. Finalmente se expande hasta la presión del condensador que es 10 kPa. Todos los procesos se suponen internamente reversibles.

- Hallar la entalpía y temperatura de todos los puntos representativos
- Hallar la calidad del estado 4
- Esquematizar el ciclo en un diagrama T-s
- 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
- Explique por qué se realiza el Recalentamiento 2-3



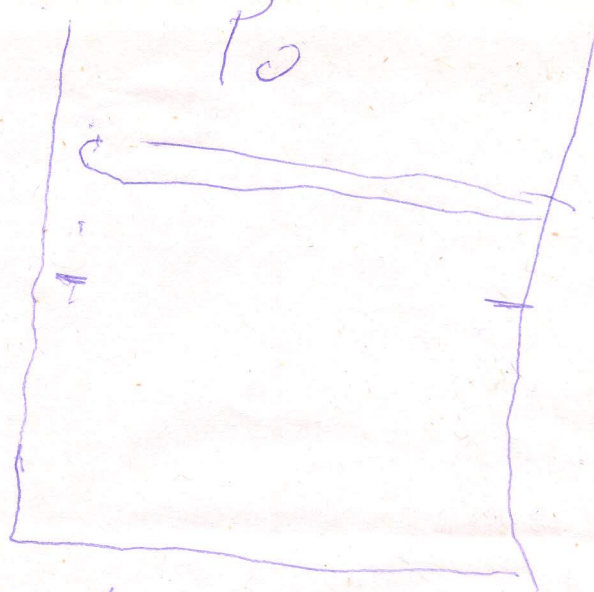
2 JERA 0.01

$$m_p = 60 \text{ kg}$$

$$D = 0,08 \text{ m}$$

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

$$R_g = 287 \text{ J/kgK}$$



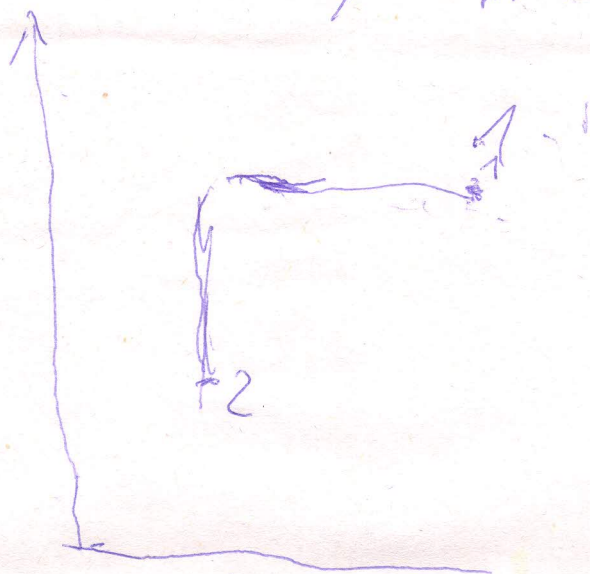
$$T_1 = 350 \text{ K}$$

$$P_1 = P_0 + \frac{m_p g}{\pi D^2} = 153,3 \text{ kPa}$$

$$P_1 V_1 = n T_1 R_g \rightarrow m = 0,01526 \text{ kg}$$

$$B) P_2 V_2 = n T_2 R_g \quad T_2 = 250 \text{ K} < T_1$$

$$\text{Asumo } V_2 = 0,008 \text{ m}^3 \rightarrow P_2 = 136,9 \text{ kPa} < P_1 \quad \checkmark$$



$$W = P_1 (V_2 - V_1) = -306,6 \text{ J} \text{ efect. usado sobre el aire}$$

$$\Delta U = m \frac{5}{2} R_g (T_2 - T_1) = -1095 \text{ J}$$

$$Q = \Delta U + W = -1401,5 \text{ J} \text{ cedido a } h_1 \text{ - } h_2$$

E) $\Delta S_0 = \Delta S_{\text{aire}} + \Delta S_{\text{reserva}}$

$$\Delta S_{\text{aire}} = m \left(\frac{7}{2} R g \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R g \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right)$$

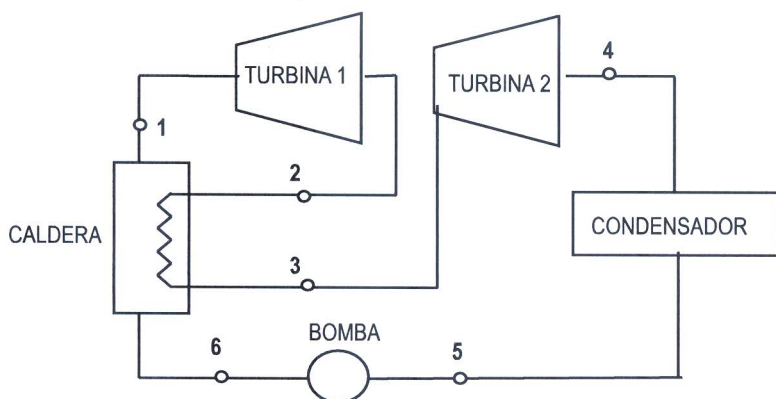
$$\Delta S_{\text{aire}} = -4662 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_r = \frac{Q}{T_r} \rightarrow \text{calor a la reserva} = 5606 \text{ J/K}$$

$$\rightarrow \Delta S_0 = 0,344 \text{ J/K}$$

En un ciclo de recalentamiento, el 40 ton/h de vapor entran a la turbina a 4400 kPa y 350°C, se expande hasta 1200 kPa y luego pasa por un recalentador del que sale a 375°C. Finalmente se expande hasta la presión del condensador que es 10 kPa. Todos los procesos se suponen ideales.

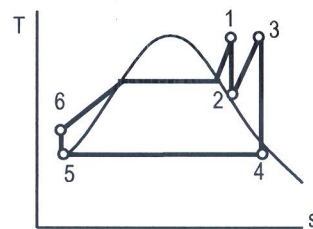
- Hallar la entalpía y temperatura de todos los puntos representativos
- Hallar la calidad del estado 4
- Esquematizar el ciclo en un diagrama T-s
- Hallar la potencia total desarrollada en las turbinas en MW
- Hallar la potencia consumida por la bomba en kW
- Hallar el rendimiento térmico del ciclo
- Explique por qué se realiza el Recalentamiento 2-3



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:

$$\dot{W}_B = \dot{m} (h_6 - h_3) = \frac{40000}{3600} \times (196.87 - 191.83) \Rightarrow \dot{W}_B = 56.0 \text{ kW}$$

d) Calor suministrado:

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

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