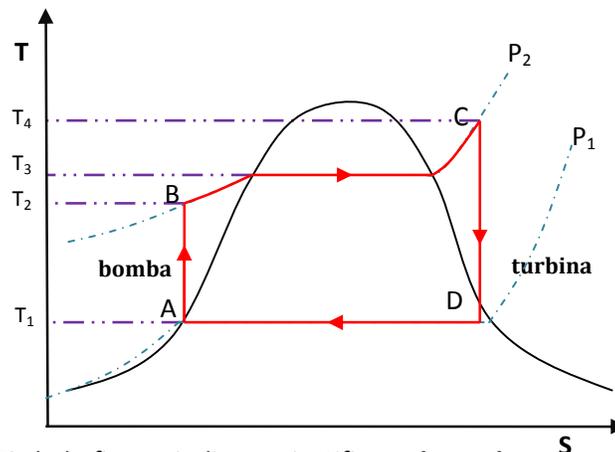


El ciclo Rankine (en la figura), es un ciclo termodinámico que funciona con vapor, en el que se relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo. Entre los puntos A y B funciona una bomba y entre los puntos C y D funciona una turbina. Además, se tiene que entre los puntos B y C y los puntos D y A funcionan una caldera y un condensador.



- a) En el diagrama TS de la figura, indique y justifique **clara y brevemente** en qué partes del ciclo el sistema está:
- Recibiendo Calor desde el medio
 - Entregando Calor al medio
- Indique además, qué equipo está funcionando en cada parte del ciclo (ubique el condensador y la caldera en el diagrama) y determine expresión para ambos calores (Q_{BC}).
- ¿Por qué en la bomba y en la turbina no se está intercambiando calor? (indique los supuestos) (0,5 puntos)
- b) Encuentre una expresión para el rendimiento del ciclo en función del calor absorbido y cedido por el sistema. (1,5 puntos)
- c) Utilizando la expresión encontrada en b), derive una expresión para la variación de entropía en el condensador. Calcule dicha variación. (1,5 puntos)

Indicación: Si lo necesita, puede utilizar que el rendimiento del ciclo es del 15% y que $\Delta H_{caldera} = 616,317 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$

Datos:

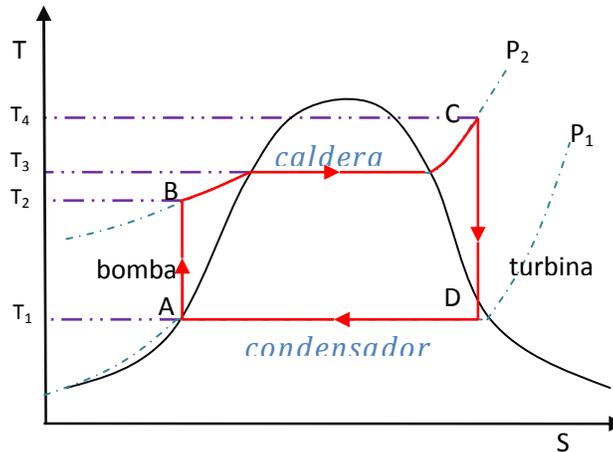
$$P_1 = 1 \text{ atm}, \quad P_2 = 7,5 \text{ atm}, \quad T_1 = 373,15 \text{ K}, \quad T_2 = 378,15 \text{ K}, \quad T_3 = 441,36 \text{ K}$$

$$T_4 = 547 \text{ K}, \quad \lambda_{\text{vaporización}} = 488 \frac{\text{cal}}{\text{g}}, \quad c_{\text{liquido}} = 1,044 \frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{K}}, \quad c_{\text{gas}} = 0,59 \frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{K}}$$

Estos últimos son válidos para $P=7,5 \text{ atm}$

Pauta

a)



El sistema está:

- Recibiendo Calor desde el medio *en la caldera*
- Entregando Calor al medio *en el condensador*
- ¿Por qué en la bomba y en la turbina no se está intercambiando calor? (supuestos)

Respuesta: Porque trabajan isoentrópicamente y de manera reversible.

$$\begin{aligned}
 Q_{BC} &= C_{Pl}(T_3 - T_2) + \lambda_{\text{vaporización}} + C_{Pg}(T_4 - T_3) \\
 &= 1,044 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{K}} (441,36\text{K} - 378,15\text{K}) + 488 \frac{\text{cal}}{\text{g}} + 0,59 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{K}} (547\text{K} - 441,36\text{K}) \\
 &= 616,317 \frac{\text{cal}}{\text{g}}
 \end{aligned}$$

$$Q_{DA} = T_1 \Delta S_{DA} = 373,15\text{K} \cdot (0,3120 - 1,7103) = -521,776 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$

b)

$$\eta = \frac{-W_{\text{neto}}}{Q_{\text{absorbido}}}$$

Por ser un ciclo $\Delta U = Q_{\text{neto}} + W_{\text{neto}} \Rightarrow Q_{\text{neto}} = -W_{\text{neto}}$

$$Q_{\text{neto}} = Q_{BC} + Q_{DA} = Q_{\text{caldera}} + Q_{\text{condensador}}$$

$$\eta = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{\text{condensador}}}{Q_{\text{caldera}}}$$

donde $Q_{\text{condensador}} < 0$

c)

En el condensador: $Q_{DA} = T_1 \Delta S_{DA}$

En la caldera se realiza un proceso a Presión constante, luego $Q_{caldera} = Q_{BC} = \Delta H_{caldera}$

$$\eta = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} \Rightarrow Q_{DA} = (\eta - 1)\Delta H_{caldera}$$

El calor intercambiado en el condensador es negativo (cedido al medio)

Finalmente,

$$\Delta S = \frac{(\eta - 1)\Delta H_{caldera}}{T_1} = \frac{(0,15 - 1) \cdot 616,317}{373,15} = -1,404 \frac{cal}{g \cdot K}$$