

Física II

Termodinámica

Segunda ley de la termodinámica

Máquinas térmicas y refrigeradores: eficiencia



Ecuaciones

Trabajo realizado por una máquina

Calor expulsado por la máquina

Eficiencia térmica de una máquina

$$e = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H} = 1 - \left| \frac{Q_C}{Q_H} \right|$$

Calor absorbido por la máquina

Coeficiente de rendimiento de un refrigerador

$$K = \frac{|Q_C|}{|W|} = \frac{|Q_C|}{|Q_H| - |Q_C|}$$

Trabajo que entra al refrigerador

Calor expulsado al aire exterior

Calor que se elimina del interior del refrigerador

Ejemplo 3

Una planta generadora de energía eléctrica de 1000 MW, alimentada con carbón, tiene una eficiencia térmica del 40%.

$$P = 1000 \text{ MW} = \frac{W}{t} \quad e = 0.4 = \frac{W}{Q_H} \quad Q_H = \frac{W}{e}$$

a) ¿Cuál es la rapidez de suministro de calor a la planta?

$$\frac{Q_H}{t} = ? = P_H \quad \frac{Q_H}{t} = \frac{1}{e} \frac{W}{t} \quad \rightarrow P_H = \frac{1}{0.4} (1000 \text{ MW})$$

$$P_H = 2500 \text{ MW}$$

$$Q_H = P_H t$$

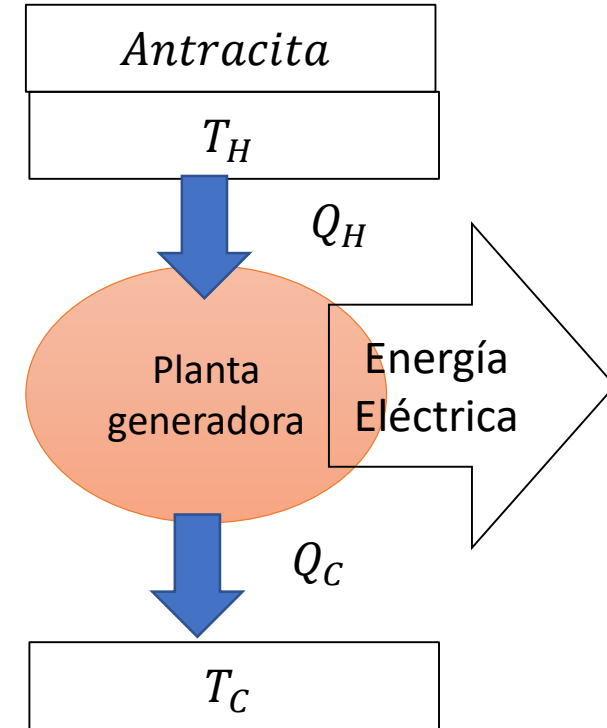
b) La planta quema carbón de piedra (antracita), que tiene un calor de combustión de $2.65 \times 10^7 \text{ J/kg}$. ¿Cuanto carbón consume la planta al día, si opera de manera continua?

$$t = 1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$$

Calor de transformación: $Q = mL_c = Q_H$

$$m = \frac{Q_H}{L_c} = ? \quad \rightarrow m = \frac{P_H t}{L_c} = \frac{(2500 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}}) (86400 \text{ s})}{2.65 \times 10^7 \text{ J/kg}}$$

$$m = 8.15 \times 10^6 \text{ kg}$$



Ejemplo 3

Una planta generadora de energía eléctrica de 1000 MW, alimentada con carbón, tiene una eficiencia térmica del 40%.

$$P_H = 2500 \text{ MW}$$

a) ¿Cuál es la rapidez de suministro de calor a la planta?

c) ¿Con que rapidez se cede calor hacia el deposito frio, que es un rio cercano?

$$\frac{Q_C}{t} = ? = P_C$$

$$Q_H + Q_C = W$$

$$|Q_H| - |Q_C| = |W|$$

$$|Q_C| = |Q_H| - |W|$$

$$P_C = P_H - P$$

$$P_C = (2500 - 1000) \text{ MW}$$

$$P_C = 1500 \text{ MW}$$

d) La temperatura del rio es de 18.0°C antes de llegar a la planta de energía y de 18.5°C después de que recibe el calor de desecho de la planta. Calcule la rapidez de flujo del rio en metros cúbicos por segundo.

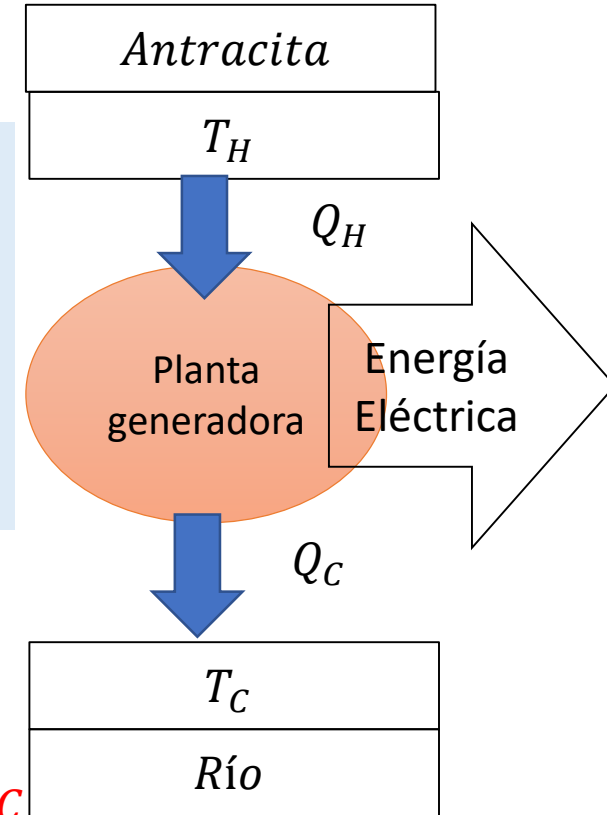
$$\Delta T = (18.5 - 18) ^\circ\text{C} = 0.5 \text{ K}$$

$$\frac{V}{t} = ?$$

$$\text{Calor absorbido por el río: } Q = mc\Delta T = Q_C$$

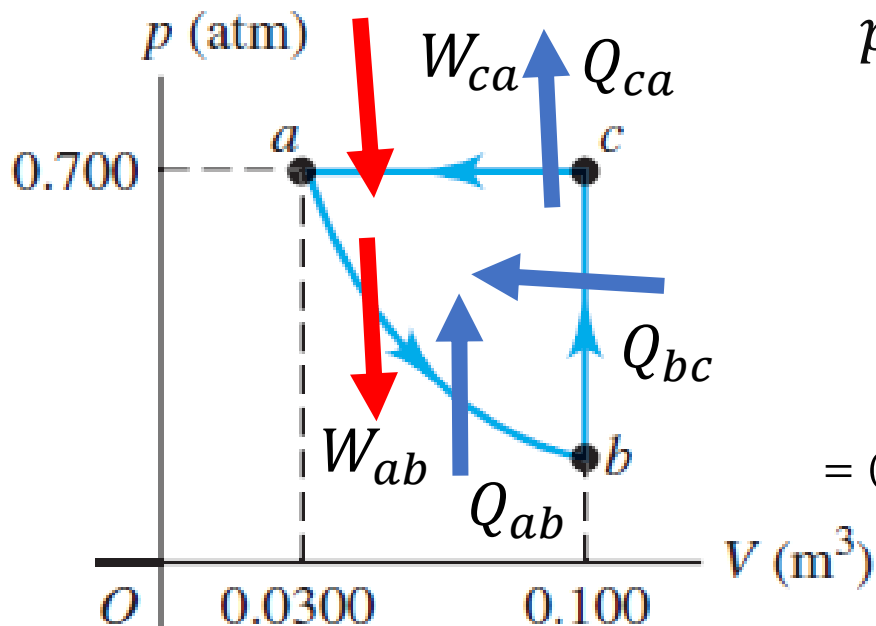
$$m = \frac{Q_C}{c\Delta T} = \rho V \rightarrow \frac{\rho V}{t} = \frac{Q_C}{t} \frac{1}{c\Delta T}$$

$$\frac{V}{t} = \frac{P_C}{\rho} \frac{1}{c\Delta T} = \frac{1500 \times 10^6 \text{ J/s}}{\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}\right) (0.5 \text{ K})}$$



$$\frac{V}{t} = 716 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diagrama pV en la **figura** muestra el ciclo para un refrigerador que opera en 0.850 moles de H_2 . Suponga que el gas se puede tratar como ideal. El proceso ab es isotérmico. Calcule el coeficiente de rendimiento de este refrigerador



$$p_a = 0.700 \text{ atm} = 70927.5 \text{ Pa}$$

$$W = W_{ab} + W_{ca}$$

$$W = nRT \ln(V_b/V_a) + p_a(V_a - V_c)$$

$$= (70927.5 \text{ Pa})(0.0300 \text{ m}^3) \ln\left(\frac{0.100}{0.0300}\right) + (70927.5 \text{ Pa})(-0.07 \text{ m}^3)$$

$$W = 2561.8 \text{ J} - 4964.9 \text{ J}$$

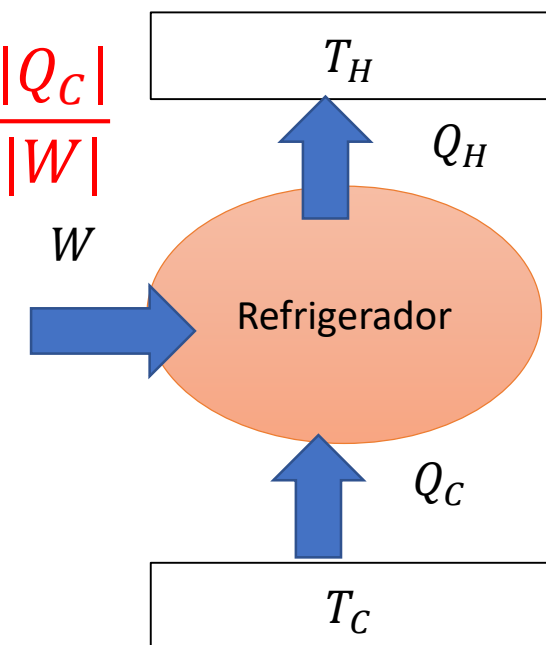
$$W = -2403.1 \text{ J}$$

$$\Delta U_{ab} = 0 \quad Q_{ab} = W_{ab}$$

$$Q_{ab} = 2561.8 \text{ J}$$

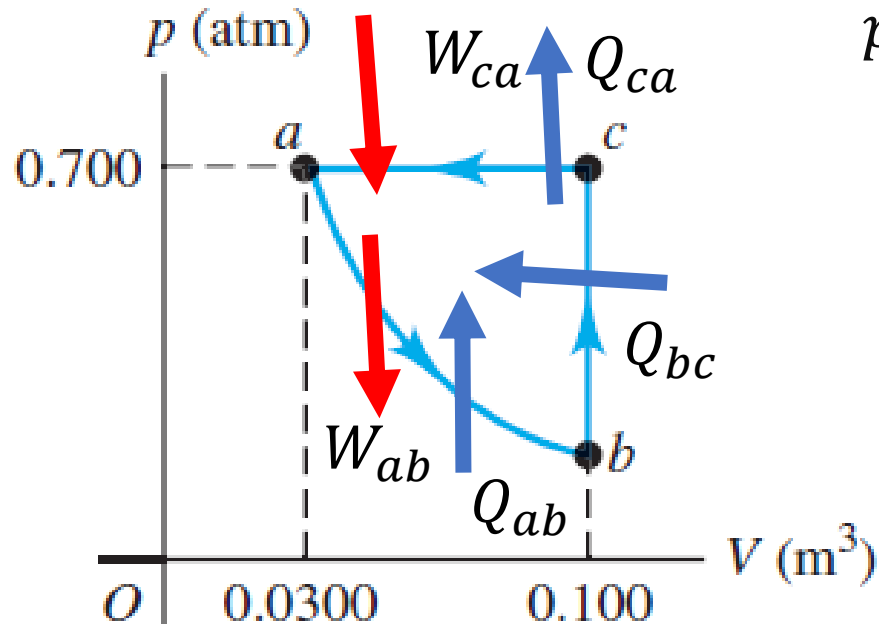
Ejemplo 4

$$K = \frac{|Q_c|}{|W|}$$



El diagrama pV en la **figura** muestra el ciclo para un refrigerador que opera en 0.850 moles de H_2 . Suponga que el gas se puede tratar como ideal. El proceso ab es isotérmico. Calcule el coeficiente de rendimiento de este refrigerador

Ejemplo 4



$$pV = nRT$$

$$\Delta pV = nR\Delta T$$

$$\frac{\Delta pV}{nR} = \Delta T$$

Isocórico

$$p_a V_a = p_b V_b$$

$$p_b = \frac{p_a V_a}{V_b}$$

Isotérmico

$$p_a = 0.700 \text{ atm} = 70927.5 \text{ Pa}$$

$$W = -2402.5 \text{ J}$$

$$Q_{ab} = 2561.8 \text{ J}$$

$$Q_c = Q_{ab} + Q_{bc}$$

$$= 14974.1 \text{ J}$$

$$Q_{bc} = nC_V \Delta T$$

$$= nC_V \left(\frac{\Delta pV}{nR} \right) = \frac{5}{2} (\Delta pV_b)$$

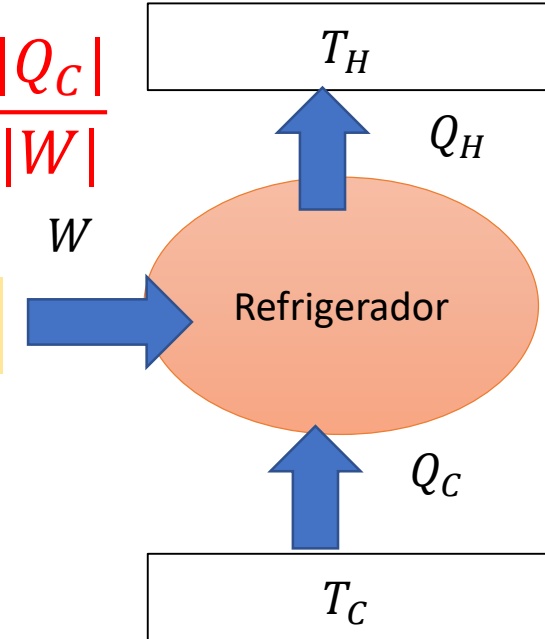
$$\Delta p = p_b - p_a$$

$$\Delta p = p_a \frac{V_a}{V_b} - p_a$$

$$\Delta p = 70927.5 \text{ Pa} \left[\left(\frac{0.0300}{0.100} \right) - 1 \right] = 49649.25 \text{ Pa}$$

$$Q_{bc} = \frac{5}{2} (49649.25 \text{ Pa})(0.100 \text{ m}^3) = 12412.3 \text{ J}$$

$$K = \frac{|Q_c|}{|W|}$$



GRACIAS