

*La figura muestra un ciclo de refrigeración que funciona con aire, en régimen estacionario.*

*El aire, a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $100\text{ kPa}$ , entra al compresor donde se comprime con un rendimiento isoentrópico del  $82\%$  hasta la presión de  $1\text{ MPa}$ . A continuación, se enfría a presión constante, cediendo calor a la atmósfera, para entrar a la turbina a la temperatura de  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*

*El aire sale de la turbina a  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $100\text{ kPa}$  y, en el intercambiador de calor, absorbe un calor de  $Q_A = 50\text{ kW}$  del recinto que se desea mantener refrigerado a la temperatura de  $T_A = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*

*Considerando el aire como un gas ideal de  $c_p = 1,05\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  y  $R_{\text{air}} = 0,29\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ , se pide:*

#### DATOS

$$c_p = 1,05 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$$

$$R_{\text{air}} = 0,29 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$$

$$t_1 = 273 - 10$$

$$p_1 = 100 \text{ [kPa]}$$

$$p_2 = 1000 \text{ [kPa]}$$

$$p_3 = p_2$$

$$t_3 = 273 + 30$$

$$t_4 = 273 - 100$$

$$p_4 = p_1$$

*Temperatura del aire a la salida del compresor ( $^{\circ}\text{C}$ ).*

$$c_p - c_v = R_{\text{air}}$$

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

$$\frac{t_{2s}}{t_1} = \left[ \frac{p_2}{p_1} \right]^{\left[ \frac{\gamma - 1}{\gamma} \right]}$$

$$\eta_{\text{SC}} = 0,82$$

$$\eta_{\text{SC}} = \frac{c_p \cdot (t_{2s} - t_1)}{c_p \cdot (t_2 - t_1)}$$

$$t_2 = t_2 - 273 \text{ [K]}$$

*La temperatura mínima que podría obtenerse a la salida de la turbina ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el rendimiento isoentrópico de la misma*

$$\frac{t_{4s}}{t_3} = \left[ \frac{p_4}{p_3} \right]^{\left[ \frac{\gamma - 1}{\gamma} \right]}$$

$$\eta_{\text{ST}} = \frac{c_p \cdot (t_3 - t_4)}{c_p \cdot (t_3 - t_{4s})}$$

$$t_{\text{minTURB}} = t_{4s} - 273 \text{ [K]}$$

Los trabajos específicos del compresor y de la turbina (kJ/kg)

$$w_T = c_p \cdot (t_3 - t_4)$$

$$w_C = c_p \cdot (t_1 - t_2)$$

COP de la instalación

$$\text{COP}_{\text{ref}} = \frac{c_p \cdot (t_1 - t_4)}{|w_C + w_T|}$$

El caudal de aire necesario (kg/s)

$$\dot{Q}_A = 50 \text{ [kW]}$$

$$\dot{Q}_A = \dot{m}_{\text{air}} \cdot c_p \cdot (t_1 - t_4)$$

La creación de entropía en el intercambiador de calor refrigerador (kW/K)

$$T_A = 273 - 5$$

$$0 = \frac{\dot{Q}_A}{T_A} + \dot{m}_{\text{air}} \cdot \Delta s_{41} + \dot{\sigma}_{\text{REF}}$$

$$\Delta s_{41} = c_p \cdot \ln \left[ \frac{t_4}{t_1} \right]$$

SOLUTION

Unit Settings: SI K kPa kJ mass deg

$$\text{COP}_{\text{ref}} = 0,5804$$

$$\Delta s_{41} = -0,4398 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$$

$$\gamma = 1,382$$

$$R_{\text{air}} = 0,29 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$$

$$t_{2s} = 496,8 \text{ [K]}$$

$$t_{\text{minTURB}} = -112,6 \text{ [C]}$$

$$c_p = 1,05 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$$

$$\eta_{\text{SC}} = 0,82$$

$$\dot{m}_{\text{air}} = 0,5291 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{\sigma}_{\text{REF}} = 0,04613 \text{ [kW/K]}$$

$$t_{4s} = 160,4 \text{ [K]}$$

$$w_C = -299,3 \text{ [kJ/kg]}$$

$$c_v = 0,76 \text{ [kJ/kg}\cdot\text{K]}$$

$$\eta_{\text{ST}} = 0,9118$$

$$Q_A = 50 \text{ [kW]}$$

$$t_2 = 275,1 \text{ [C]}$$

$$T_A = 268 \text{ [K]}$$

$$w_T = 136,5 \text{ [kJ/kg]}$$

Arrays Table: Main

	$p_i$ [kPa]	$t_i$ [K]	$s_i$ [kJ/kg·K]
1	100	263	5,574
2	1000	548,1	5,657
3	1000	303	5,055
4	100	173	5,154

No unit problems were detected.

KEY VARIABLES

$$t_2 = 275,1 \text{ [C]}$$

$$t_{\text{minTURB}} = -112,6 \text{ [C]}$$

$$\eta_{\text{ST}} = 0,9118$$

$$w_C = -299,3 \text{ [kJ/kg]}$$

$$w_T = 136,5 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{COP}_{\text{ref}} = 0,5804$$

$$\dot{m}_{\text{air}} = 0,5291 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{\sigma}_{\text{REF}} = 0,04613 \text{ [kW/K]}$$

