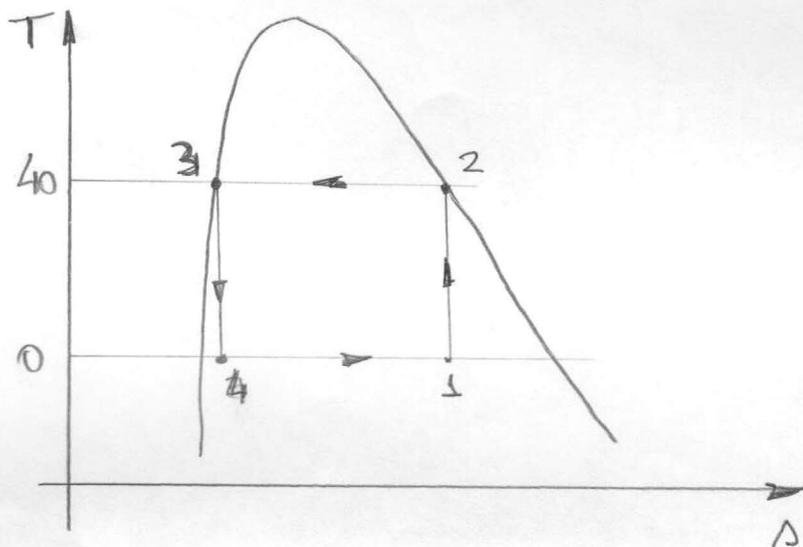


Uma bomba de calor opera sob um Ciclo de Carnot e utiliza R-134a como fluido de trabalho. A bomba de calor retira calor de um ambiente a 0C e rejeita calor para um ambiente a 40C. Nessas condições: a) Mostre o processo em um diagrama T-s; b) Calcule o título no início e no final do processo isotérmico a 0C; c) Determine o coeficiente de desempenho do ciclo.



b)  $s_4 = s_3$  e  $s_1 = s_2$

$s_3 \Rightarrow s_e$  p/  $T=40^\circ\text{C} \Rightarrow s_3 = 1,1909 \text{ kJ/kg}$

$s_4 = (1-x)s_e + x \cdot s_w \Rightarrow x = \frac{s_4 - s_e}{s_w - s_e} \Rightarrow x = 0,2629$

$s_e$   
 $s_w$  p/  $T=0^\circ\text{C}$

$s_2 = s_w$  p/  $T=40^\circ \Rightarrow s_2 = 1,7123 \text{ kJ/kg}$

$s_3 = (1-x)s_e + x \cdot s_w \Rightarrow x = \frac{s_3 - s_e}{s_w - s_e} \Rightarrow x = 0,9809$

$s_e$   
 $s_w$  p/  $T=0^\circ\text{C}$

c)  $\beta = \frac{Q_H}{W} \Rightarrow \beta = \frac{T_H}{T_H - T_L} \Rightarrow \beta = \frac{1}{1 - T_L/T_H} \Rightarrow \beta = \frac{1}{1 - 273,2/313,2} \Rightarrow \beta = 7,83$

Uma peça de metal precisa ser resfriada rapidamente até que sua temperatura atinja 25°C. A quantidade de calor a ser transferida, nesse processo, é igual a 1000 kJ. Estão dispostos três banhos que podem ser utilizados para resfriar a peça: 1) uma mistura de água líquida com gelo a 1 atm; b) líquido saturado de R-22 a -20°C e assim transformando de líquido para vapor saturado; c) Nitrogênio líquido a pressão de 101,3 kPa e assim transformado de líquido em vapor saturado. Determine as variações de entropia dos três banhos e discuta o significado destes resultados.

A TRANSFERÊNCIA DE CALOR NOS TRÊS BANHOS PODE SER DETERMINADA COMO:

$$Q = m_{\text{BANHO}} \cdot \Delta h \quad \text{ou} \quad m_{\text{banho}} = \frac{Q}{\Delta h}$$

a) DA TABELA, ACHAMOS QUE

$$\Delta s = s_g - s_f = 1,221 \text{ kJ/kg K}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{Q}{\Delta h} \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000}{333,4} \approx 3,0 \text{ kg}$$

$$\therefore \Delta S = \Delta s \cdot m_{\text{H}_2\text{O}} \Rightarrow \Delta S = 3,662 \text{ kJ/K}$$

b) DA TAB ;

$$\Delta s = 0,8703 \text{ kJ/kg K}$$

$$m_{\text{R-22}} = \frac{1000}{220,3} \Rightarrow m_{\text{R-22}} = 4,5 \text{ kg}$$

$$\Delta S = \Delta s \cdot m_{\text{R-22}} \Rightarrow \Delta S = 3,915 \text{ kJ/K}$$

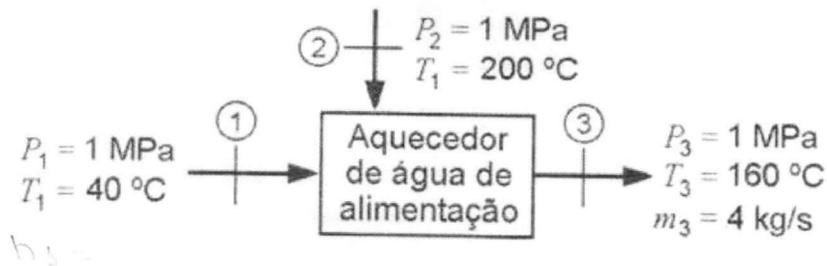
c) DA TAB

$$\Delta s = 2,5708 \text{ kJ/kg K}$$

$$m_{\text{N}_2} = \frac{1000}{198,8} \Rightarrow m_{\text{N}_2} = 5,029 \text{ kg}$$

$$\Delta S = \Delta s \cdot m_{\text{N}_2} \Rightarrow \Delta S = 12,9 \text{ kJ/K}$$

A figura mostra o fluxograma de um aquecedor para a água de alimentação de um ciclo de potência qualquer. Este equipamento é utilizado para pré-aquecer, em regime permanente, a água antes de entrar no gerador de vapor e opera misturando a água com vapor d'água extraído de uma turbina. Para os estados mostrados na figura e admitindo que o equipamento seja adiabático, determine a taxa de aumento líquido de entropia neste processo.



DA CONSERVAÇÃO DE MASSA

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

PRIMEIRA LEI

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3$$

$$\dot{m}_1 h_1 + (\dot{m}_3 - \dot{m}_1) h_2 = \dot{m}_3 h_3 \Rightarrow$$

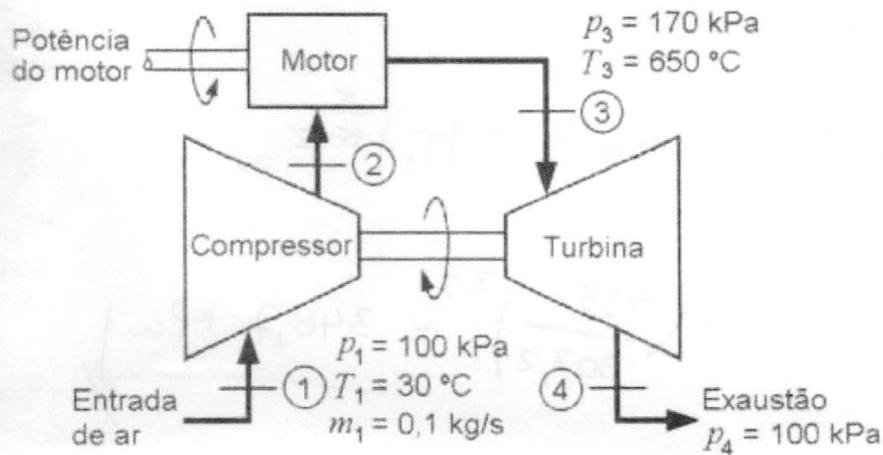
$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{m}_3 (h_3 - h_2)}{h_3 - h_1} \Rightarrow \dot{m}_1 = \frac{4(675,8 - 2828)}{168,4 - 2828} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{m}_1 = 3,237 \text{ kg/s} \quad \therefore \dot{m}_2 = 0,763 \text{ kg/s}$$

DA SEGUNDA LEI

$$\dot{S}_{nc} = \dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_2 s_2 \Rightarrow \dot{S}_{nc} = 0,8097 \text{ KJ/K.s}$$

Um turbo-compressor deve ser utilizado para aumentar a pressão do ar de admissão de um motor à combustão interna. Este dispositivo consiste de uma turbina movida pelos gases de exaustão do motor, diretamente acoplada a um compressor de ar, conforme mostra a figura. Admita que as vazões em massa da turbina e no compressor são iguais e que tanto a turbina como o compressor são adiabáticos e reversíveis. Para as condições, determine: a) temperatura na seção de saída e a potência produzida pela turbina; b) A pressão e a temperatura na seção de saída do compressor.



a)  $W_T = \Delta h = \dot{m} \cdot C_p (T_3 - T_4)$  FLUIDO TRABALHA G.P.  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow W_T = \dot{m} \cdot C_p (T_3 - T_4) \Rightarrow W = 0,1 \cdot 1,004 (923,2 - 793,2)$$

COMO A TURBINA É ISENTRÓPICA  $\Rightarrow P \cdot V^k = \text{cte}$

e  $\frac{P}{T} = \text{cte}$   $\therefore T_4 = T_3 \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow T_4 = 923,2 \left( \frac{100}{170} \right)^{0,286} \Rightarrow T_4 = 793,2 \text{ K}$$

$\therefore W_T = 13,05 \text{ kW}$

NO COMPRESSOR, 1º LEI

$$W_c = \dot{m} C_p (T_2 - T_1) \Rightarrow -W_c = 1305$$

$$\Rightarrow T_2 = + \frac{W_c}{\dot{m} C_p} + T_1 \Rightarrow T_2 = + \frac{1305}{0,3 \times 1,004} + 303,2$$

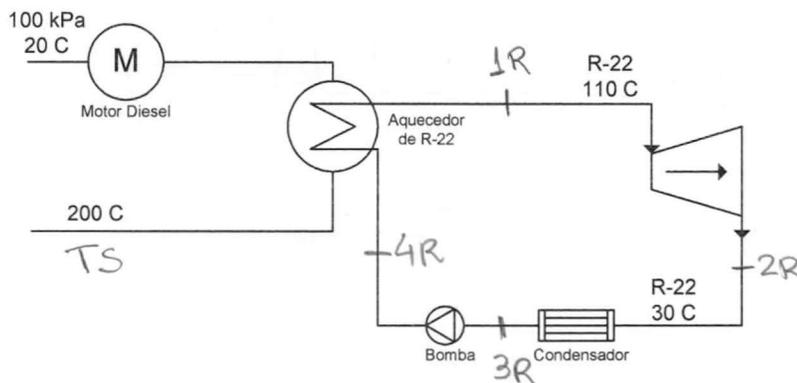
$$\Rightarrow T_2 = 433,2 \text{ K}$$

2º LEI

$$s_2 = s_1 \Rightarrow P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \Rightarrow$$

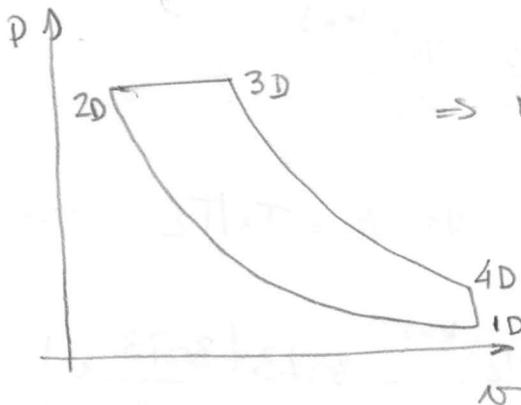
$$\Rightarrow P_2 = 100 \left( \frac{433,2}{303,2} \right)^{3,5} = 348,7 \text{ kPa}$$

Um ciclo de Rankine, simples, com R-22 como fluido de trabalho deve ser usado em conjunto com um ciclo Diesel. As condições de operação do ciclo Diesel são: temperatura e pressão de entrada 20 C e 100 kPa, razão de compressão de 20 e a temperatura máxima de 2800 C. As condições de operação do ciclo de Rankine são: na entrada da turbina é vapor saturado de R-22 a 90 C e a temperatura de condensação é de 30 C. A potência produzida pelo motor Diesel é de 1 MW e ambos os ciclos são ideais. Nessas condições, determine: a) a vazão necessária ao motor Diesel; b) a potência gerada no ciclo Rankine considerando que os gases de exaustão do ciclo Diesel são resfriados até 200 C no aquecedor do R-22; c) a eficiência do ciclo combinado.



A) PARA ACHAR O FLUXO DE MASSA DE AR (MOTOR DIESEL) É NECESSÁRIO CALCULAR O TRABALHO ESPECÍFICO LÍQUIDO DO MOTOR:

$$\begin{aligned}
 (\dot{W}_{\text{liq}})_D &= (\dot{Q}_H)_D - (\dot{Q}_L)_D \\
 &= \dot{m}_{\text{ar}} c_p (T_{3D} - T_{2D}) - \dot{m}_{\text{ar}} c_p (T_{4D} - T_{1D})
 \end{aligned}$$



$$\Rightarrow \dot{m}_{\text{ar}} = \frac{(\dot{W}_{\text{liq}})_D}{c_p (T_{3D} - T_{2D}) - c_p (T_{4D} - T_{1D})}$$

DO ENUNCIADO, SABE-SE QUE

$$T_{3D} = 3073 \text{ K}$$

$$T_{1D} = 293 \text{ K}$$

$$V_1/V_2 = 20$$

DO PROCESSO ISENTRÓPICO 1-2, PODE-SE ESCRIVER QUE

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(V_1/V_2\right)^{k-1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 = 293 (20)^{1,4-1} \Rightarrow T_2 = 971 \text{ K}$$

DO PROCESSO ISOBÁRICO 2-3, PODE-SE ESCRIVER QUE

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

DO PROCESSO ISENTRÓPICO 4-3, PODE-SE ESCRIVER QUE

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_4}\right)^{k-1}$$

$$\text{COMO } V_4 = V_1 \quad \& \quad V_3/V_2 = T_3/T_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_4}{T_3} = T_3 \left(\frac{T_3}{T_2} \times \frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = 3073 \left(\frac{3073}{971} \times \frac{1}{20}\right)^{1,4-1}$$

$$\Rightarrow T_4 = 1470 \text{ K}$$

SUBSTITUINDO TODAS AS TEMPERATURAS, OBTÉM-SE  
OUE:

$$\dot{m}_{AR} = \frac{1000}{1,005(3073-971) - 0,717(1470-293)}$$

$$\dot{m}_{AR} = 0,7003 \text{ kg/s}$$

B) FAZENDO BALANÇO DE LEI NO AQUECEDOR DE  
R-22, OBTÉM-SE:

$$\dot{m}_{AR} c_p (T_4 - T_5) = \dot{m}_{R-22} (h_{3R} - h_{4R}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{R-22} = \frac{\dot{m}_{AR} c_p (T_4 - T_5)}{h_{3R} - h_{4R}}$$

DO ENUNCIADO, SABE-SE QUE:

$$T_{1R} = 150 \text{ C}$$

$$h_{1R} = 247,2 \text{ kJ/kg}$$

$$x_{1R} = 1$$

$\Rightarrow$

$$s_{1R} = 0,7695 \text{ kJ/kg K}$$

CONSIDERANDO A TURBINA ISENTRÓPICA

$$s_{2R} = s_{1R} = 0,7695 \text{ kJ/kg K} \quad x = 0,80$$

$$T_{2R} = 30 \text{ C}$$

$$\Rightarrow h_{2R} = 223,5 \text{ kJ/kg}$$

SAIDA DO CONDENSADOR

$$x_{3R} = 0$$

$$T_{3R} = 30$$

$$h_{3R} = 81,250 \text{ kJ/kg}$$

POTÊNCIA DE BOMBAMENTO ISENTRÓPICA

$$\dot{W}_B = \eta_{3R} \cdot \Delta P_R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_B = 0,000852 \times (4,44 - 1,92) \times 10^3$$

$$W_B = 2,15 \text{ kJ/Kg} \Rightarrow h_{4R} = h_{3R} + \dot{W}_B$$

$$\therefore h_{4R} = 81,250 + 2,15 \Rightarrow h_{4R} = 83,4 \text{ kJ/Kg}$$

Com isso,  $\dot{W}$

$$\dot{m}_{R-22} = \frac{0,7883 \cdot 1,005 (1470 - 473)}{247,2 - 83,4}$$

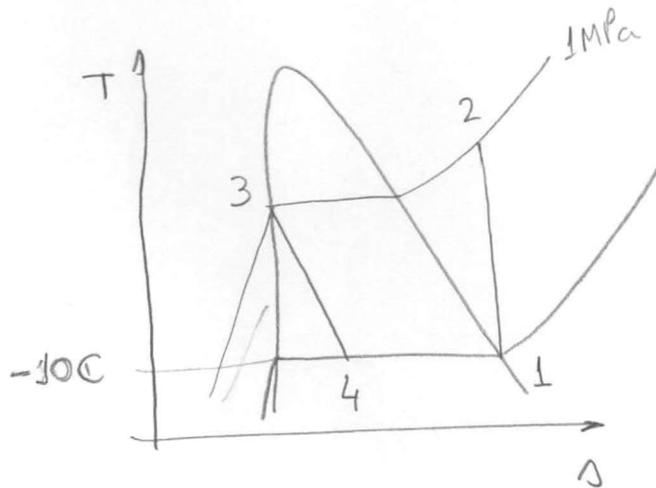
$$\dot{m}_{R-22} = 4,82 \text{ kg/s} //$$

$$c) \eta = \frac{(\dot{W})_{DIESEL} + (\dot{W})_{RANKINE}}{\dot{W}_{DIESEL} (\Phi_H)_{DIESEL}}$$

$$\eta = \frac{1000 + 114,2 - 2,15 \times 4,82}{0,7883 \times 1,005 (3073 - 971)}$$

$$\eta = 0,66 //$$

Um ciclo de refrigeração utiliza R-22 como fluido de trabalho e as condições do ciclo são: Temperatura mínima de  $-10^{\circ}\text{C}$  e pressão máxima de 1 MPa. Admitindo que o ciclo seja ideal, determine: a) a transferência de calor no condensador e no evaporador; b) o coeficiente de eficácia do ciclo.



PONTO 1

$$x=1$$

$$T = -10^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow h_1 = 246,1 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow s_1 = 0,9422 \text{ kJ/kg K}$$

PONTO 2

$$s_2 = s_1 = 0,9422 \text{ kJ/kg K} \quad \Rightarrow \quad h_2 = 271,7 \text{ kJ/kg}$$

$$P_2 = 1 \text{ MPa}$$

PONTO 3

$$x=0$$

$$P = 1 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow h_3 = 72,92 \text{ kJ/kg}$$

$$a) \quad Q_H = h_3 - h_2 \Rightarrow Q_H = 72,92 - 271,7 \Rightarrow Q_H = -200 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_L = h_1 - h_4 \Rightarrow Q_L = 246,1 - 72,92 \Rightarrow Q_L = 173 \text{ kJ/kg}$$

$$b) \quad \beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \Rightarrow \beta = \frac{1}{\frac{200}{173} - 1} \Rightarrow \beta = 6,45$$