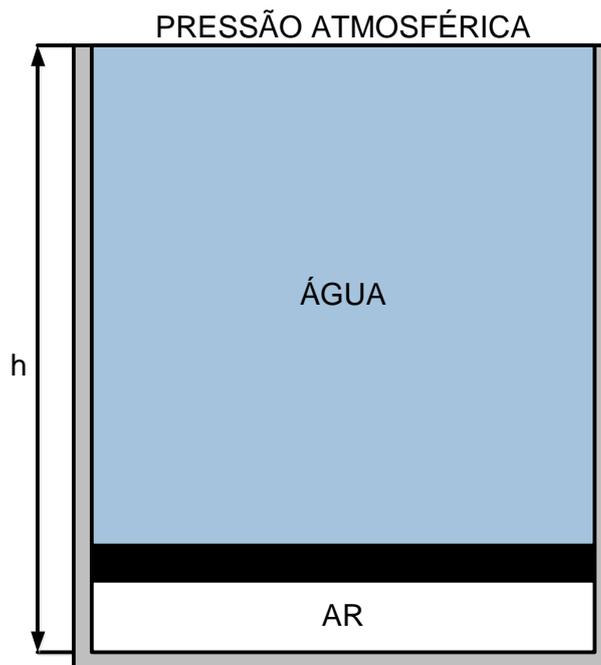


Questão 1 (5,0 pontos). Um cilindro com altura de $h=10$ m de seção transversal de $0,1$ m² tem um pistão de massa e espessura desprezíveis com água a 20°C no seu topo (vide figura). Ar a 300 K e volume de $0,3$ m³ (abaixo do pistão) é aquecido, movimentando o pistão até que toda a água seja retirada do cilindro. Assumindo que a aceleração da gravidade é igual a $9,8$ m/s², a pressão atmosférica é igual 100 kPa e que o ar pode ser considerado gás perfeito ($R_{ar}=0,287$ kJ/kg.K; $C_{par}=1,004$ kJ/kg.K e $C_{var}=0,717$ kJ/kg.K), calcule:

- 1) A massa de água no instante inicial do processo [kg] (0,6 ponto);
- 2) A pressão do ar no início do processo [kPa] (0,7 ponto);
- 3) A massa de ar no instante inicial do processo [kg] (0,7 ponto);
- 4) A temperatura do ar no final do processo [K] (1,0 ponto)
- 5) O módulo do trabalho no processo [kJ] (1,0 ponto);
- 6) O módulo da transferência de calor no processo [kJ] (1,0 ponto);



Solução:

$$m_{\text{água}} = \frac{V_{\text{água}}}{v_{l,20^{\circ}\text{C}}}$$

Para água a 20°C: $v_{l,20^{\circ}\text{C}}$

Logo:

$$m_{\acute{a}gua} = \frac{V_{\acute{a}gua}}{v_{l,20^{\circ}C}} = \frac{V_{total} - V_{i,ar}}{v_{l,20^{\circ}C}}$$

$$V_{total} = h * A_{pist\tilde{a}o}$$

A press\~{a}o no in\~{i}cio do processo \~{e} dada por:

$$P_i = P_{atm} + \frac{m_{\acute{a}gua}g}{A_{pist\tilde{a}o}}$$

$$m_{ar} = \frac{P_i V_{i,ar}}{R_{ar} T_{ar}}$$

No estado final:

$$P_{f,ar} = P_{atm} \text{ e } V_{f,ar} = h * A_{pist\tilde{a}o}$$

Logo para g\~{a}s perfeito:

$$T_{f,ar} = T_{i,ar} \frac{P_{f,ar} V_{f,ar}}{P_{i,ar} V_{i,ar}}$$

Para o processo temos:

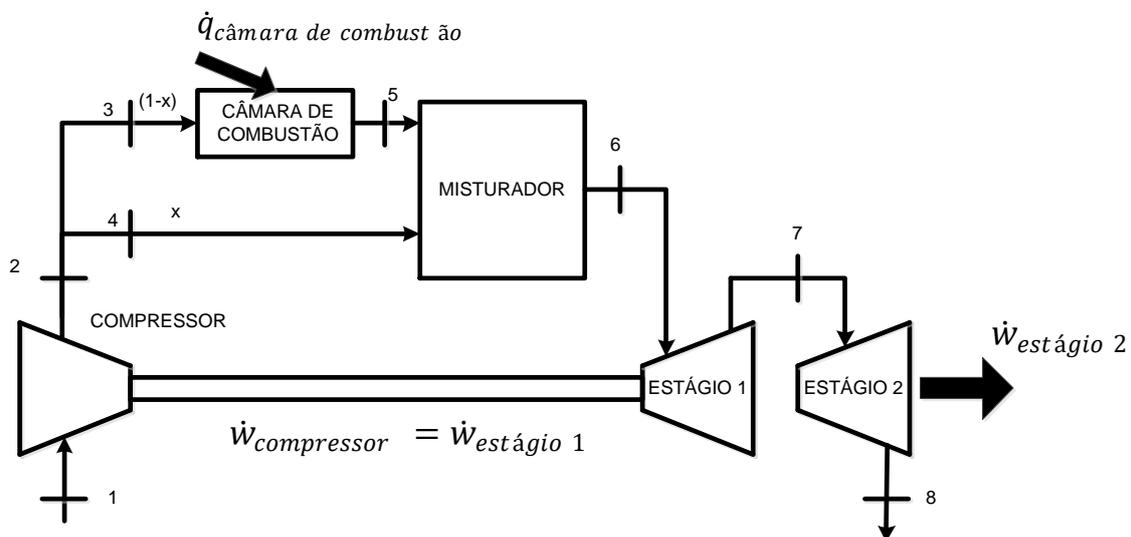
$${}_iW_f = \int_i^f P dV = \frac{P_{f,ar} + P_{i,ar}}{2} (V_{f,ar} - V_{i,ar})$$

Pela 1^a Lei aplicado ao conjunto cilindro+\~{a}gua+ar:

$$U_f - U_i = {}_iQ_f - {}_iW_f \Rightarrow {}_iQ_f = m_{ar} C_{v,ar} (T_{f,ar} - T_{i,ar}) + {}_iW_f$$

Questão 2 (5,0 pontos). Uma turbina a gás com ar como fluido de trabalho tem dois estágios, sendo que o primeiro atende à demanda do compressor e o segundo estágio produz trabalho. A entrada do compressor está a 290 K e 100 kPa e a saída encontra-se a 450 kPa. Uma fração x da vazão mássica é desviado da câmara de combustão e o resto $(1-x)$ é encaminhado diretamente para a câmara de combustão, onde 1200 kJ/kg é adicionado no processo de combustão. Os dois fluxos são misturados e entram no primeiro estágio e continua para o segundo estágio, saindo com uma pressão de 100 kPa. Assumindo a temperatura na saída do misturador igual a 1000 K, processo adiabático no misturador e o ar como gás perfeito ($C_{p,ar}=1,004$ kJ/kg.K; $R_{ar}=0,284$ kJ/kg.K; $C_{v,ar}=0,717$ kJ/kg.K; $k_{ar}=1,4$), calcule:

- 1) A fração x em [%] (0,5 ponto);
- 2) A temperatura na saída do compressor T_2 [K] (0,5 ponto);
- 3) A temperatura na saída da câmara de combustão T_5 [K] (0,6 ponto);
- 4) A pressão na entrada do segundo estágio P_7 [kPa] (1,0 ponto);
- 5) A temperatura na entrada do segundo estágio T_7 [K] (1,0 ponto);
- 6) O trabalho por unidade de massa produzido pelo primeiro estágio em [kJ/kg] (0,7 ponto);
- 7) O trabalho por unidade de massa produzido pelo segundo estágio em [kJ/kg] (0,7 ponto);



Solução:

Aplicando a 1ª Lei para o compressor e assumindo o ar com gás perfeito:

$$\dot{W}_{compressor} = h_1 - h_2 = C_{p,ar}(T_1 - T_2)$$

Aplicando a 2ª Lei para o compressor:

$$s_1 = s_2$$

Para o processo isentrópico no compressor:

$$T_2 = T_3 = T_4 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{(k_{ar}-1)}{k_{ar}}}$$

Aplicando a 1ª Lei para a câmara de combustão e assumindo o ar com gás perfeito:

$$\dot{q}_{câmara\ de\ combustão} = h_5 - h_3 = C_{p,ar}(T_5 - T_3)$$

$$T_5 = T_3 + \frac{\dot{q}_{câmara\ de\ combustão}}{C_{p,ar}}$$

Aplicando a 1ª Lei para misturador e assumindo o ar com gás perfeito:

$$h_6 = (1 - x)h_5 + xh_4$$

$$x = 100 * \frac{h_6 - h_5}{h_4 - h_5} = 100 * \frac{T_6 - T_5}{T_4 - T_5}$$

Aplicando a 1ª Lei para o primeiro estágio e assumindo o ar com gás perfeito:

$$\dot{w}_{compressor} = \dot{w}_{estágio\ 1} = h_6 - h_7 = C_{p,ar}(T_6 - T_7)$$

$$T_7 = T_6 - \frac{\dot{w}_{estágio\ 1}}{C_{p,ar}}$$

$$P_2 = P_3 = P_4 = P_6$$

$$P_7 = P_6 \left(\frac{T_7}{T_6} \right)^{\frac{k_{ar}}{(k_{ar}-1)}}$$

$$T_8 = T_7 \left(\frac{P_8}{P_7} \right)^{\frac{(k_{ar}-1)}{k_{ar}}}$$

Aplicando a 1ª Lei para o segundo estágio e assumindo o ar com gás perfeito:

$$\dot{w}_{estágio\ 2} = h_7 - h_8 = C_{p,ar}(T_7 - T_8)$$