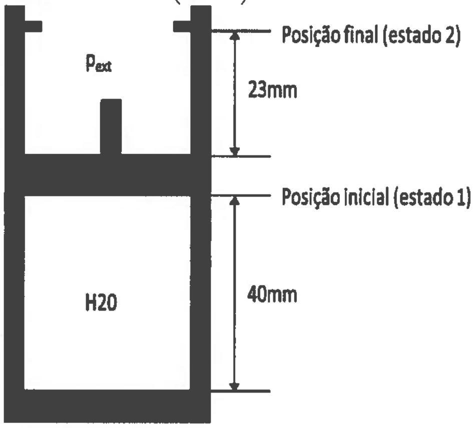
Termodinâmica I
2 º Semestre 2015/2016 (MEAer, MEMec, Amb, Naval)
1º Teste , 28/Março /2016

P1

Nome____ Nº__________

Problema 1 (10 v)



Um reservatório-êmbolo de paredes rígidas contém água. As posições correspondentes ao estados de equilíbrio 1 e 2, estão representadas na figura. O meio exterior, encontra-se à pressão p_{ext}=1bar. Inicialmente a água tem um título de x=0.5. Entre os estados 1 e 2 a massa de água é aquecida lentamente. Quando o êmbolo atinge a posição máxima de expansão, o reservatório continua a ser aquecido até a água atingir um estado de vapor saturado (estado 3). Assuma que a energia cinética e potencial do reservatório-êmbolo são nulas e que o êmbolo tem massa desprezável.

<u>Assinale em todas as perguntas a resposta correcta por meio de um X</u>:

1) O trabalho realizado pela água entre os estados 1 e 2 (expresso em kJ/kg), depende:

a) da temperatura no estado inicial;
X b) do processo termodinâmico;
c) da massa de água;
d) de nenhuma das respostas anteriores.

2) A variação de energia interna entre os estados 1 e 2:

a) aumenta;
b) diminui;
X c) depende do calor e trabalho trocados com o exterior;
d) nenhuma das respostas anteriores é correcta.

3) Quando a massa de água se encontra no estado 2 e o êmbolo atingiu o seu deslocamento máximo, o reservatório é aquecido até a água atingir um novo estado de equilíbrio 3. Neste caso, a variação da energia interna entre os estados 2 e 3:

a) ocorre a pressão constante;
b) ocorre a temperatura constante;
X c) é igual ao calor trocado com o exterior;
d) nenhuma das respostas anteriores é correcta.

6) Se os processos entre os estados 1 e 2 e 2 e 3 fossem representados por uma evolução politrópica, pV^n=cte, qual seria o índice n para cada uma das evoluções?

de 1-2, p= cte logo $n=0$

de 2-3, $n = \dfrac{\ln(P_3/P_2)}{\underbrace{\ln(V_2/V_3)}_{0}} = -\infty$

4) Determine o trabalho específico total (kJ/kg) realizado pela água entre os estados 1 a 3

$$\left.\begin{array}{l} P_1 = 1bar \\ x_1 = 0.5 \end{array}\right\} \begin{array}{l} v_1 = v_{f\,1bar} + x\,(v_g - v_f)_{1bar} = 1.0432\times10^{-3} + 0.5\times(1.694 - 1.0432\times10^{-3}) \\ v_1 = 0.8475\ m^3/kg \end{array}$$

entre 1 e 2, p = cte e m = cte

$$m = \frac{V}{v} \Rightarrow \frac{V_1}{v_1} = \frac{V_2}{v_2} \Leftrightarrow v_2 = v_1 \times \frac{V_2}{V_1} = v_1 \times \frac{A_{êmbolo}\, h_2}{A_{êmbolo}\, h_1}$$

$$v_2 = v_1 \times \frac{63}{40} = 1.335\ m^3/kg$$

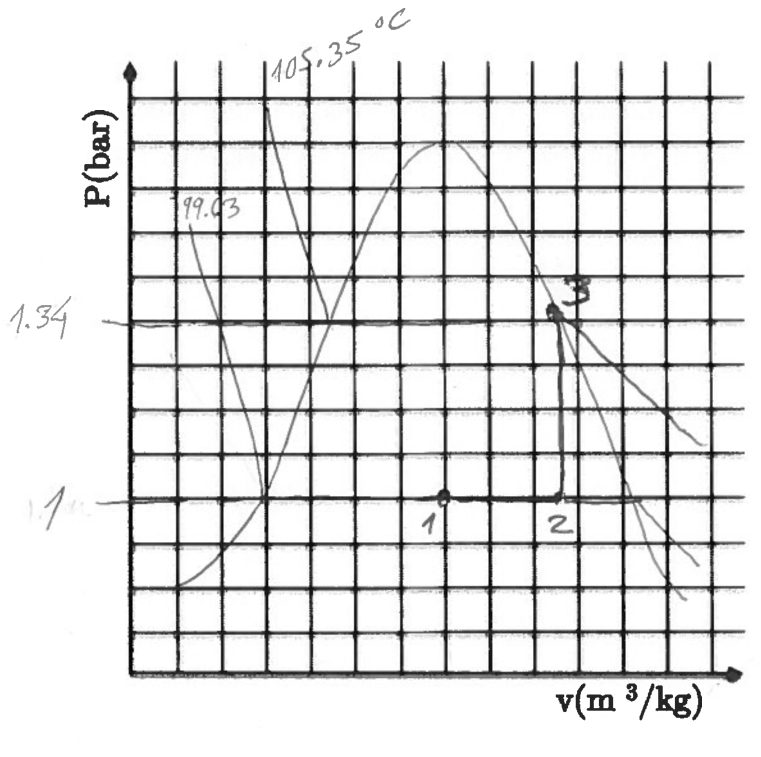
$v_{f\,1bar} < v_2 < v_{g\,1bar} \Rightarrow$ No estado 2 a água está a 2 fases

$$W_{1\text{-}3} = W_{12} + \underbrace{\cancel{W_{23}}}_{0}$$

$$W_{12} = -\int_{V_1}^{V_2} p\, dV \Leftrightarrow \frac{W_{12}}{m} = -\int_{v_1}^{v_2} p\, dv = -1\times10^5\,(1.335 - 0.8475)$$

$$= -48.75\ kJ$$

5) Represente os processos 1-2-3 num diagrama p-v de um modo qualitativamente correcto.



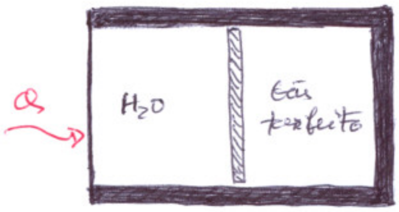
$v_3 = v_2 = 1.335\ m^3/kg$

em vapor saturado

Por interpolação

$P_3 = 1.34\ bar$

$T_3 = 105.35\ °C.$



Tanque rígido e adiabático exceto na parede onde há Q

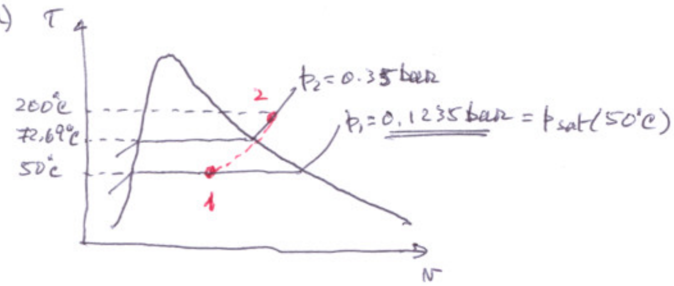
Divisória móvel e adiabática

Evolução politrópica do gás perfeito $pV_{gp}^{m} = const$

Dados: $T_{1ag} = 50°C$, $T_{2ag} = 200°C$; $x_1 = 0.5$, $p_2 = 0{,}35$ bar

$m_{ag} = 2\,Kg$, $V = 20\,m^3$, $m = 1.667$

a)



$$\boxed{W_{gp} = \frac{p_2 V_{2gp} - p_1 V_{1gp}}{1-m}} \; ; \; \begin{cases} v_{1ag} = v_{f_1} + x_1 (v_{g_1} - v_{f_1}) = 1.0121\times10^{-3} + 0.5\,(12{,}032 - 1.0121\times10^{-3}) = 6.0165\ m^3/Kg \\ v_{2ag} = 6.228\ m^3/Kg \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{1ag} = m_a v_{1ag} = 12{,}033\ m^3 \; ; \; V_{2ag} = m_a v_{2ag} = 12.456\ m^3 \\ V_{1gp} = V - V_{1a} = 7{,}967\ m^3 \; ; \; V_{2gp} = V - V_{2a} = 7{,}544\ m^3 \end{cases}$$

$$W_{gp} = \frac{0{,}35 \times 7{,}544 - 0{,}1235 \times 7{,}967}{1 - 1{,}667} \times 10^5 = \underline{\underline{-248{,}3\ KJ}}$$

b) Balanço de energia ao reservatório com água

$$\begin{cases} Q - W_{ag} = m_{ag}(u_{2ag} - u_{1ag}) \\ W_{ag} = -W_{gp} \end{cases} \Rightarrow \boxed{Q = -W_{gp} + m_{ag}(u_{2ag} - u_{1ag})} \Leftrightarrow \boxed{Q = \frac{p_2 V_{2gp} - p_1 V_{1gp}}{m-1} + m_{ag}(u_{2ag} - u_{1ag})}$$

$$\begin{cases} u_{1ag} = u_{f_1} + x_1 (u_{g_1} - u_{f_1}) = 209{,}32 + 0{,}5\,(2443{,}5 - 209{,}32) = 1326{,}41\ KJ/Kg \\ u_{2ag} = 2660{,}4\ KJ/Kg \end{cases}$$

$$Q = 248.3 + 2 \times (2660{,}4 - 1326{,}41) = \underline{\underline{2916{,}28}}\ KJ$$

c) Mantendo constante os valores de T_{1ag}, T_{2ag}, x_1, p_2, m_{ag}, V e sendo a divisória móvel uma condutora de calor, é fácil mostrar que o valor de Q não se altera:

Balanço global de energia com divisória condutora de calor

$$Q = m_{gp} c_v (T_2 - T_1) + m_{ag}(u_{2ag} - u_{1ag})$$

$$pV = mRT \Rightarrow m_g \Delta T = \frac{\Delta(pV_{gp})}{R} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{c_v}{R}(p_2 V_{2gp} - p_1 V_{1gp}) + m_{ag}(u_{2ag} - u_{1ag})}$$

Para mostrar que Q não se altera é necessário mostrar que $\frac{R}{c_v} = m - 1$

$$\frac{R}{c_v} = \frac{c_p - c_v}{c_v} = k - 1 = m - 1$$

Está demonstrado