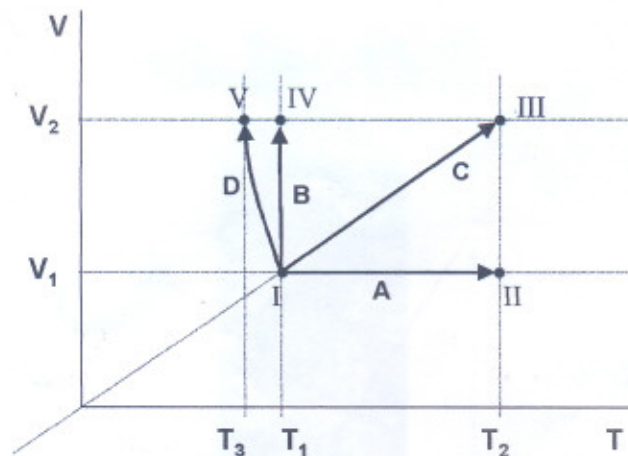


DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS - ESALQ/USP
Disciplina: Física do Ambiente Agrícola – Terceira Prova / 2006-II
Prof. Sergio

Nome: _____

1. O diagrama VT abaixo representa quatro processos ideais (três de expansão e um isocórico) realizados por 0,2 mol de ar (com calor específico isocórico igual a $2,5R$ e $\gamma=1,4$). No diagrama, $T_1 = 270$ K, $V_1 = 5,0$ L e $V_2 = 6,0$ L. O processo C representa um processo isobárico; o processo D é um processo em que não há calor ($Q=0$).



- a) Identificar o tipo de processo ideal representado pelas linhas A, B e D. Justificar sua resposta.
 - b) Determinar o valor das temperaturas T_2 e T_3 .
 - c) Determinar o valor do calor, do trabalho e da variação da energia interna para os processos A e D.
2. Uma grande massa de ar atmosférico úmido (com volume na ordem de grandeza de 1000 km^3) está em processo de ascensão na atmosfera. Ao subir, a pressão atmosférica diminui e, portanto, o volume da massa de ar aumenta.
- a) O ar úmido contém moléculas de H_2O e, portanto, não pode ser considerado um gás ideal diatômico: considere que o calor específico isobárico da massa de ar é $30,4 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Qual será a temperatura do ar quando o volume tornar-se o dobro do volume inicial, sabendo que a temperatura inicial foi 305 K ?
3. Na madrugada de um dia de verão, em condições meteorológicas estáveis e sem chuva, observam-se os seguintes dados psicrométricos: temperatura do bulbo seco $T_s = 17,2^\circ\text{C}$; temperatura do bulbo úmido $T_u = 17,0^\circ\text{C}$. A pressão atmosférica é $0,94 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Considere a constante psicrométrica $\gamma = 8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.
- a) calcular a pressão de vapor, a umidade relativa do ar e o déficit de vapor;
 - b) faça uma estimativa da umidade relativa do ar naquele dia às 14 horas, quando a temperatura atinge 32°C .
4. Em certa massa de ar ($UR = 70\%$ e $t = 30^\circ\text{C}$), qual será a variação da $UR\%$ ($\Delta UR\%$) e temperatura do ponto de orvalho (Δt_o), se injetarmos 3 g/m^3 de vapor d'água, mantendo a temperatura do ar constante?

1,5
1,0

1) $n = 0,2 \text{ mol}$ $T_1 = 270 \text{ K}$
 $c_v = 2,5 R$ $V_1 = 5,0 \text{ L}$ $V_2 = 6,0 \text{ L}$
 $\gamma = 1,4$

a) linha A: $V = \underline{cte}$ → processo volumétrico isocórico;

0,5) linha B: $T = \underline{cte}$ → " isotérmico
 " D: $Q = 0$ → " adiabático, com aumento de volume (trabalho) realizado às custas da energia interna (diminuição de $T_1 \rightarrow T_3$)

b) $T_2 = ?$ $T_3 = ?$

1,0) Cálculo de T_2 :

Em II, tem-se $V_1 = 5,0 \text{ L} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Em III, que está sob a mesma T_2 , tem-se $V_2 = 6,0 \text{ L} = 6,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ e pode-se calcular P_{III} , que é a mesma que P_I , uma vez que o processo D é isotérmico, então, pode-se calcular para III, o valor de T_2 .

Em I: $P_I V_1 = n R T_I \rightarrow P_I = \frac{n R T_I}{V_1} = \frac{0,2 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J/K mol} \times 270 \text{ K}}{5 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$

∴ $P_I = 89791,2 \text{ Pa}$

Em III: $P_I V_2 = n R T_2 \rightarrow T_2 = \frac{P_I V_2}{n R} = \frac{89791,2 \text{ Pa} \times 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0,2 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J/K mol}}$

→ $T_2 = 324 \text{ K}$ (0,5)

c) Cálculo de T_3 :

Como D é um processo adiabático ($Q=0$), vamos aplicar a eq. entre V e T , para os estados I e V:

$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_3 V_2^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \rightarrow T_3 = 270 \text{ K} \left(\frac{5 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{6 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{1,4-1} = 25101 \text{ K}$ (0,5)

c) $\left. \begin{matrix} Q=? \\ W=? \\ \Delta U=? \end{matrix} \right\} \text{ processos A e D}$

Processo A: isovolumetrico $\rightarrow \bar{W}=0$ e $\Delta U=Q_V$, isto e, toda a varia-
 cao de energia interna e devida a $Q_V = C_V \Delta T$, onde

$C_{iV} = n \bar{C}_V = n \times 2,5R$ e $\Delta T = T_2 - T_1$
 ↳ dado problema

$\therefore \Delta U = Q_V = 0,2 \text{ mol} \times 2,5 \times 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times (324 - 270) \text{ K} \approx 224,5 \text{ J}$ (0,5)

Processo D: adiabatico $\rightarrow Q=0$ e $\Delta U = C_V \Delta T$ (P, V e T variam no
 processo)

$\therefore \Delta U = n \times 2,5R \times (T_3 - T_1) = 0,2 \text{ mol} \times 2,5 \times 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times (251,01 \text{ K} - 270 \text{ K}) \approx -79,9 \text{ J}$ (0,5)

$$\bar{c}_p = 30,4 \text{ J/kmol}$$

$$T_f = ? \quad V_f = 2 \text{ V}$$

$$T_i = 305 \text{ K} \quad V_i = V$$

$$TV^{\gamma-1} = \text{cte} \rightarrow T_i V_i^{\gamma-1} = T_f V_f^{\gamma-1}$$

$$\text{sends } \gamma = \frac{\bar{c}_p}{\bar{c}_v}, \quad \bar{c}_p = \bar{c}_v + R \quad \bar{c}_p = 30,4 \frac{\text{J}}{\text{kmol}}$$

$$(1,0) \quad \gamma = \frac{\bar{c}_p}{\bar{c}_p - R} = \frac{30,4 \text{ J/kmol}}{30,4 \frac{\text{J}}{\text{kmol}} - 8,314 \frac{\text{J}}{\text{kmol}}} = 1,38$$

$$(1,5) \quad T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma-1} \rightarrow T_f = 305 \text{ K} \times \left(\frac{V}{2V} \right)^{1,38-1} = \underline{234,95 \text{ K}}$$

$$3) \quad t_s = 17,2^\circ\text{C}$$

$$t_u = 17,0^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{atm}} = 0,94 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\gamma = 8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

$$a) \quad e_a = ?$$

$$UR = ?$$

$$\Delta e = ?$$

$$e_g = e_{s,t_u} - \gamma P_{\text{atm}} (t_s - t_u) \rightarrow$$

\downarrow Telen

$$e_{s,t_u} = 611 \text{ Pa} \times \exp\left(\frac{17,3 \times 17}{17 + 237,3}\right) = 1942,25 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow e_g = 1942,25 \text{ Pa} - 8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1} \times 0,94 \times 10^5 \text{ Pa} \times [(17,2 + 273) - (17 + 273)] \text{ K} \rightarrow$$

$$\rightarrow e_g = 1927,22 \text{ Pa}$$

$$UR = ?$$

$$a) \quad e_g = 1927,22 \text{ Pa} \quad 0,5$$

$$UR \approx 98\% \quad 0,5$$

$$\Delta e = 39,83 \text{ Pa} \quad 0,5$$

$$b) \quad UR \approx 40\% \quad 1,0$$

$$UR = \frac{v_{s2}}{v_s} = \frac{e_g}{e_s}$$

sendo $e_g = 1927,22 \text{ Pa}$ e $e_s = ? \rightarrow \text{Tetens}$

$$e_s = 611 \text{ Pa} \times \exp\left(\frac{17,3 \times 17,2}{17,2 + 237,3}\right) = 1967,05 \text{ Pa}$$

$$UR = \frac{1927,22 \text{ Pa}}{1967,05 \text{ Pa}} = 0,98 \text{ ou } UR \approx 98\%$$

$\Delta e = ?$

$$\Delta e = e_s - e_g = 1967,05 \text{ Pa} - 1927,22 \text{ Pa} = 39,83 \text{ Pa}$$

.) $UR = ?$ em $t = 32^\circ\text{C}$

$$UR = \frac{e_g}{e_s} = \frac{1927,22 \text{ Pa}}{e_s}$$

\uparrow
Tetens

$$e_s = 611 \text{ Pa} \times \exp\left(\frac{17,3 \times 32}{32 + 237,3}\right) = 4773,32 \text{ Pa}$$

$$UR = \frac{1927,22 \text{ Pa}}{4773,32 \text{ Pa}} = 0,40 \text{ ou } UR \approx 40\%$$

1,0

$UR = 70\%$
 $t = 30^\circ\text{C}$ $\xrightarrow{+3 \text{ g/m}^3 \text{ vapor}}$ $\Delta UR \text{ \%} = ?$
 $t = \text{cte.}$ $\Delta t_0 = ?$

i) Cálculo de $\Delta UR \text{ \%}$

$$UR = \frac{v_a}{v_s} \rightarrow \Delta UR = \left(\frac{v_a}{v_s}\right)_2 - \left(\frac{v_a}{v_s}\right)_1 = \frac{v_{a2} - v_{a1}}{v_s} = \frac{\Delta 3 \text{ g/m}^3}{v_s}$$

onde $v_s = \frac{m v_s}{V} = \frac{e_s M_{H_2O}}{R T}$ sendo $\left\{ \begin{array}{l} e_s = ? \\ m_{H_2O} = 18 \text{ g/mol} \\ R = 8,314 \text{ J/K mol} \\ T = (273 + 30) \text{ K} \end{array} \right.$

Cálculo de e_s :

$$e_s = 611 \text{ Pa} \exp\left(\frac{17,3 t}{t + 237,3}\right) = 611 \text{ Pa} \times \exp\left(\frac{17,3 \times 30}{30 + 237,3}\right) = 4258,77 \text{ Pa}$$

$$v_s = \frac{4258,77 \text{ Pa} \times 18 \text{ g/mol}}{8,314 \text{ J/K mol} \times 303 \text{ K}} = 30,43 \text{ g/m}^3$$

$$\therefore \Delta UR_1 = \frac{3 \text{ g/m}^3}{30,43 \text{ g/m}^3} = 0,098 \text{ ou } 9,8\% \approx 10\%$$

ii) Cálculo de Δt_0

$$t_0 = \frac{237,3 \ln(e_a/611)}{17,3 - \ln(e_a/611)}$$

Cálculo de e_{a_1} e t_{0_1} :

$$UR_1 = \frac{U_A}{U_S} = \frac{\frac{e_a \text{ Mol}_v}{R T}}{\frac{e_s \text{ Mol}_v}{R T}} \rightarrow UR = \frac{e_a}{e_s} \rightarrow e_{a_1} = UR_1 \times e_s$$

onde $e_s = 4258,77 \text{ Pa}$ (exercício anterior)

$$\therefore e_{a_1} = 0,7 \times e_s = 2981,14 \text{ Pa} \rightarrow t_{0_1} = \frac{237,3 \ln(2981,14/611)}{17,3 - \ln(2981,14/611)} = 23,93^\circ\text{C}$$

Cálculo de e_{a_2} e t_{0_2} :

$$e_{a_2} = UR_2 \times e_s = 0,798 \times 4258,77 \text{ Pa} \text{ (ex. anterior, mas se altera pois } t = \text{cte)}$$

$$\therefore e_{a_2} = 3398,5 \text{ Pa} \rightarrow t_{0_2} = 26,13^\circ\text{C}$$

$$\therefore \Delta t_0 \approx 2,2^\circ\text{C}$$