MEC - Mestrado Integrado em Engenharia Civil

LEGM - Licenciatura Bolonha em Engenharia Geológica e de Minas

TERMODINÂMICA E ESTRUTURA DA MATÉRIA 2013 - 2014

Simulação de exame, 1 de Abril de 2014

Questões teóricas (3 valores)

1 – A lei zero da termodinâmica define ***b) Equilíbrio Térmico***

2 – O calor é ***c) Energia transferida dos sistemas por causa de diferença de temperaturas***

3 – Um gás ideal com uma pressão de $2 \times 10^5\ Pa$ e um volume de $5\ cm^3$ sofre um processo isotérmico. As condições no estado final poderiam ser: ***a) uma pressão de*** $\boldsymbol{1 \times 10^5\ Pa}$ ***e um volume de*** $\boldsymbol{10\ cm^3}$

$$\left.\begin{matrix} P_1V_1 = nRT_1 \\ P_2V_2 = nRT_2 \end{matrix}\right\} \underset{T_1=T_2}{\Longleftrightarrow} P_1V_1 = P_2V_2$$

4 – Um processo adiabático de um gás ideal é representado no diagrama p-V por ***c) uma curva do tipo*** $\boldsymbol{pV^n, n > 1}$.

$$\mathrm{pV}^n, n = \frac{C_p}{C_n} > 1$$

5 – Um gas real é alterado lentamente do estado 1 para o estado 2 sem que haja transferência de trabalho. Este processo terá de ser: ***a) Isocórico***

$$W = \int pdV \underset{dV=0}{\Longrightarrow} W = 0$$

6 – A diferença de entropia $\Delta S = S_2 - S_1$ entre o estado 1 para um estado 2 pode ser calculada por $\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$ se ***b) O processo for reversível***

$$\Delta S \geq \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{dQ}{T} + S_{ger}$$

Se o processo for reversível $S_{ger} = 0$

II - Questão (7 valores)

Um termoacumulador contém 200 L de água a 100 kPa e 20 °C. Uma resistência elétrica fornece 40 MJ de trabalho por dia de forma a aumentar a temperatura da água até aos 60 °C. Assuma que a temperatura ambiente é 20°C e que a água permanece no estado líquido ao longo do processo. Assuma ainda que o termoacumulador não está bem isolado.

Nota: $C_{água}(20°\mathrm{C}) = 4{,}182 kJ/kg°C\ \rho_{água}(20°\mathrm{C}) = 0{,}998\ kg/L$

a) Calcule a transferência de calor entre termoacumulador e o exterior ao longo de um dia **(2 valores)**.

Como a temperatura ambiente é de 20°C e o termoacumulador não está bem isolado, vai haver trocas de calor durante o processo de aquecimento da água.Pela 1ª lei da termodinâmica, poderemos determinar pela expressão $Q - W = \Delta U \Leftrightarrow Q = \Delta U + W$.

A variação de energia interna da água pode ser calculado pela expressão

$$\Delta U = mC\Delta T$$

Assim, o calor perdido pelo reservatório será de

$$Q = \Delta U + W = 200L \times \frac{0{,}998kg}{L} \times \frac{4{,}182kJ}{kg}°\text{C} \times 40°\text{C} - 40000kJ$$
$$= 33389{,}1 - 4000k = -6061{,}9kJ$$

b) Calcule a variação de entropia no termoacumulador **(1 valor)**.

Como o processo de aquecimento da água é feito a volume constante (processo isocórico), então sabemos que

$$\Delta S = mCln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 200L \times \frac{0{,}998kg}{L} \times \frac{4{,}182kJ}{kg}°\text{C}\ ln\left(\frac{333{,}15}{293{,}15}\right) = 106{,}678\ kJ/K$$

c) Calcule a variação de entropia no universo e verifique se o processo é possível **(1,5 valores)**.

A variação de entropia no universo é dada por
$\Delta S_{universo} = \Delta S_{água+}\Delta S_{exterior}$

Em relação ao aumento de entropia no exterior, por este nunca ter variado a sua temperatura, podemos assumir que $\Delta S_{exterior} = \frac{Q_{exterior}}{T_{exterior}} = \frac{6061{,}9}{293{,}15} = 20{,}678kJ/K$. Este valor é positivo, pois o exterior recebeu calor.
Assim,

$$\Delta S_{universo} = 106{,}678 + 20{,}678 = 127{,}356kJ/k$$

d) Sabendo que a potência do termoacumulador é de 2kW, quantas horas demora o tanque a aquecer por dia **(1,5 valores)**.

Se o trabalho fornecido por dia é de 40 MJ=11,11kWh. Sendo a potência do termoacumulador de 2 kW, temos então que o tanque demora 5,6horas a aquecer por dia.

e) Sabendo que a radiação média solar do local é de 1,8 kWh/m^2/dia, e assumindo que o termoacumulador está bem isolado, verifique quantos m^2 de painéis são necessários para aquecer a água diariamente **(1 valores)**.

No caso de termos paineis solares térmicos, não iremos ter trabalho, mas transferência de calor entre o painel solar e a água do acumulador, que continuará a perder calor. Assim, pela 1ª lei da termodinâmica

$$Q_{painel} = \Delta U = 33{,}389MJ = \frac{33{,}389}{3600} = 9{,}275kWh$$

Se em média cada m²/dia absorve 0,7kWh de radiação solar, então a área dos colectores solares deverá ser

$$área = \frac{9{,}275kWh/dia}{1{,}8kWh/dia} = 5{,}15m^2$$

Formulário de TEM (1 de Abril 2014)

Definições gerais	Gases Perfeitos
$W = \int_1^2 PdV$ $h = u + Pv$ $c_v = \left(\frac{\delta u}{\delta T}\right)_v$ $c_p = \left(\frac{\delta h}{\delta T}\right)_p$ *Expansão linear:* $\Delta \mathrm{L} = \propto \mathrm{L}\Delta \mathrm{T}$ *Processo politrópico:* pV^n	$PV = nRT, n\ nº\ moles$ $R = 8{,}3145\ \mathrm{m^3\ Pa\ K^{-1} mol^{-1}}$ $PV = mR_{gas}T\ , R_{gas} = R/M_{gas},$ $c_v = \frac{3}{2}R \quad c_p = \frac{5}{2}R \quad C_p{=}C_v + R$ $\Delta s = u\overline{C_v} ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - Rln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \Delta s = \overline{C_p} ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - Rln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$
	1ª Lei da Termodinâmica
	Sistemas fechados: $\Delta E = Q - W\ , \Delta E = \Delta PE + \Delta KE + \Delta U$ *Sistemas abertos:* $\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{out}\left(h_{out} + \frac{V_{out}{}^2}{2} + gz_{out}\right) - \sum \dot{m}_{in}\left(h_{in} + \frac{V_{in}{}^2}{2} + gz_{in}\right)$
2ªLei da Termodinâmica	***Rendimentos de ciclos de Carnot:***
$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \leq 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $\Delta S \geq \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T}\ \Delta S = \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T} + S_{gen}$ $S_{universo} = \Delta S_{sistema} + \Delta S_{exterior} \geq 0$ $TdS = dU + PdV$ *Para sólidos e líquidos:* $\Delta \boldsymbol{s} = \boldsymbol{Cln}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$ [kJ/(kg K)]	$\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $COP_{BC_{max}} = \frac{T_H}{T_H - T_C} COP_{BC} = \frac{Q_H}{W}$ $COP_{F_{max}} = \frac{T_C}{T_H - T_C} COP_F = \frac{Q_C}{W}$ $COP_{BC_{max}} = COP_{F_{max}} + 1$