

MEC - Mestrado Integrado em Engenharia Civil

LEGM - Licenciatura Bolonha em Engenharia Geológica e de Minas

TERMODINÂMICA E ESTRUTURA DA MATÉRIA 2012 - 2013

Exame de 1ª Época, 5 de Junho de 2013, 8h-10h30min

INSTRUÇÕES

- O exame tem a duração máxima de 2h30min;
- Os alunos podem entrar no exame até meia hora depois do exame se iniciar (8h30min);
- Os alunos podem desistir do exame ao fim de uma hora (9h), entregando a folha inicial do exame assinada com a palavra "Desisto";
- Cada grupo deve ser resolvido numa **folha de exame** separada;
- As respostas referentes ao **Grupo I** devem ser dadas na **1ª folha do Enunciado (páginas 1 e 2)**, devidamente identificado

Grupo I (6 valores)

Indique a resposta correta assinalando a com uma cruz. Cada resposta certa corresponde a 0,5 valores, cada resposta errada desconta 0,25 valores, quem não responder tem 0 valores.

1 – A temperatura é uma propriedade intensiva de um sistema porque a) é independente da quantidade de matéria b) depende da pressão c) não é intensiva, é uma propriedade extensiva	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
2 – O comprimento de um carril de uma linha de comboio em aço ($\alpha=12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) é 20 metros no inverno ($T=10^{\circ}\text{C}$) e a) no verão ($T=30^{\circ}$) é 20,0480 m b) na primavera ($T=20^{\circ}\text{C}$) é 20,0024 m c) no outono (15°C) é 19,0012 m	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
3 – A quantidade de calor necessária para aumentar em 1°C a temperatura da água ($\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$) de uma piscina olímpica (2500m^3) é, com $C_v = C_p = 4,187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ a) 10,47 GJ b) 2,9 GWh c) 10,47 MJ	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
4 – A temperatura de evaporação da água é a) 100°C b) 100°C à pressão atmosférica c) 100°C à pressão de 1MPa	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
5 – O ponto triplo da água é um estado de pressão e temperatura a) no qual a água passa do estado sólido para gasoso b) no qual os três estados coexistem em equilíbrio termodinâmico c) a partir do qual já não se conseguem distinguir os estados da matéria	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
6 – O calor latente de fusão de uma substância a) é a quantidade de energia para efetuar qualquer mudança de fase b) é a quantidade de energia para passar do estado líquido para o estado sólido c) é igual ao calor latente de evaporação	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

Nome	
Número	

<p>7 – A pressão de uma mole de um gás perfeito num recipiente de 1 m³ a uma temperatura de 300 K é</p> <p>d) 2,49 kPa</p> <p>e) pressão atmosférica</p> <p>f) depende do gás perfeito</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<p>8 – Num sistema termodinâmico, a variação de energia entre dois estados</p> <p>a) é sempre igual à variação de energia interna</p> <p>b) é a variação de energia cinética e potencial</p> <p>c) é igual à variação de energia interna, cinética e potencial</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<p>9 – Num sistema, a variação de entropia de um processo irreversível é dado pela</p> <p>a) transferência de entropia através da superfície</p> <p>b) entropia gerada no processo</p> <p>c) soma da transferência de entropia através da superfície e à entropia gerada no processo</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<p>10– Na análise “ar-padrão” nos ciclos de gás</p> <p>a) considera-se que o combustível na câmara de combustão é ideal</p> <p>b) considera-se que o ar está sempre à mesma temperatura</p> <p>c) considera-se que o ar é um gás ideal</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<p>11 – A cor do laser tem a ver com</p> <p>a) o comprimento de onda dos fótons emitidos laser</p> <p>b) temperatura do material do laser</p> <p>c) coloração da lente</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<p>12 – Um eletrão muda de nível de energia num átomo</p> <p>a) qualquer que seja a energia</p> <p>b) se receber um valor bem determinado de energia</p> <p>c) se receber energia por choque com outro eletrão</p>	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

Nome	
Número	

Grupo II (8 valores)

A Central Termoelétrica de Sines opera segundo um ciclo de Rankine, em que cada grupo gerador tem uma caldeira e uma turbina que a determinado momento estão **aproximadamente** a funcionar nos seguintes estados:

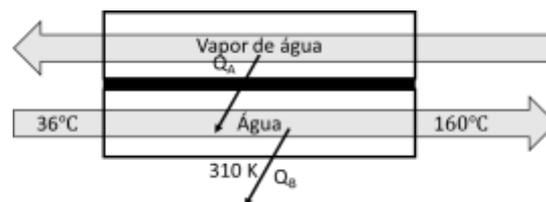
Caldeira Mague	Turbina Mague/ ABB
Produção de vapor: 264 kg/s Temperatura de entrada da água: 260°C (líquido comprimido) Temperatura de saída do vapor sobreaquecido: 520°C Temperatura máxima de saída do vapor sobreaquecido: 535°C	Temperatura do vapor à entrada: 520°C Pressão do vapor à entrada: 160 bar Pressão máxima do vapor à entrada: 167 bar Pressão à saída: 0,06 bar (vapor saturado) Potência da turbina: 360 MW

- Desenhe o diagrama Ts do ciclo, indicando os valores já conhecidos no gráfico **(1,5 valor)**
- Calcule a quantidade de calor por unidade de tempo que é necessária para gerar o vapor sobreaquecido. **(2 valor)**
- Calcule a potência da turbina e compare com o valor indicado na tabela da turbina e explique as diferenças **(2 valores)**
- Calcule o rendimento assumindo que a potência da bomba de água é 1% da potência da turbina **(1,5 valor)**.
- Compare o rendimento de um ciclo de Carnot com as mesmas temperaturas de operação e comente **(1 valor)**.

Nota: Se não resolveu as alíneas b) e c) considere que a caldeira fornece uma potência de 600 MW e que a turbina tem a potência da tabela (360 MW).

Grupo III (6 valores)

Na Central Termoelétrica de Sines existe um sistema de regeneração (pré-aquecimento) de água, que aumenta a temperatura da água à saída do condensador de 36°C (líquido) para 160°C. Assuma que isso é feito, de forma simplificada, num permutador onde a água é aquecida por vapor de água retirado à turbina.



Nota: Para a água considere $C_p = 4,187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ e $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

- Sabendo que o caudal de água é de 264 kg/s, calcule qual a quantidade de calor Q_A por unidade de tempo que é fornecido à água. **(1 valor)**
- Calcule a área de contacto do permutador, considerando que nestas condições a resistência térmica total é $0,01 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. **(1,5 valor)**
- Explique quais os mecanismos de transmissão de calor incluídos no termo de resistência térmica da alínea b). **(1 valor)**
- Considerando que a superfície exterior do permutador no seu ponto médio tem uma temperatura de 310 K, que a temperatura do local onde se encontra o permutador é de 293 K e que o coeficiente de convecção natural nestas condições é de $10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, calcule o calor Q_B por unidade de tempo e por unidade de área trocado entre o permutador e o exterior neste ponto médio. **(1 valor)**
- Lembrando que no ponto médio a temperatura da água é de 98°C, calcule a entropia gerada por unidade de tempo e por unidade de área devido ao fluxo de calor calculado na alínea d). **(1,5 valor)**

Nome	
Número	

Líquido Saturado, Vapor Saturado									
Pressão (bar)	Temp (°C)	Volume Específico (m ³ /kg)		Energia Interna (kJ/kg)		Entalpia (kJ/kg)		Entropia kJ/(kgK)	
		Líquido Saturado	Vapor Saturado	Líquido Saturado	Vapor Saturado	Líquido Saturado	Vapor Saturado	Líquido Saturado	Vapor Saturado
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2609,7	0,8320	7,9085

Vapor Sobreaquecido (P=160bar, Tsat=347,44°C)				
Temp (°C)	Volume Específico (m ³ /kg)	Energia Interna (kJ/kg)	Entalpia (kJ/kg)	Entropia kJ/(kgK)
Sat	0,00931	2431,7	2580,6	5,2455
360	0,01105	2539,0	2715,8	5,4614
400	0,01426	2719,4	2947,6	5,8175
440	0,01652	2839,4	3103,7	6,0429
480	0,01842	2939,7	3234,4	6,2215
520	0,02013	3031,1	3353,3	6,3752
560	0,02172	3117,8	3465,4	6,5132
600	0,02323	3201,8	3573,5	6,6399
640	0,02467	3284,2	3678,9	6,7580
700	0,02674	3406,0	3833,9	6,9224
740	0,02808	3486,7	3935,9	7,0251

Líquido Comprimido (P=160bar, Tsat=347,44°C)				
Temp (°C)	Volume Específico (m ³ /kg)	Energia Interna (kJ/kg)	Entalpia (kJ/kg)	Entropia kJ/(kgK)
160	0,00109	667,26	684,72	1,9249
180	0,00112	753,15	770,99	2,1197
220	0,00117	929,04	947,83	2,4935
260	0,00125	1113,7	1113,8	2,8559
300	0,00137	1315,2	1337,2	3,2236

Formulário de TEM (5 de Junho 2013)

Leis da termodinâmica	Ciclo Vapor
$W = \int_1^2 PdV$ $h = u + Pv$ $c_v = \left(\frac{\delta u}{\delta T}\right)_v$ $c_p = \left(\frac{\delta h}{\delta T}\right)_p$ 1ª Lei da Termodinâmica: $\Delta E = Q - W$, $\Delta E = \Delta PE + \Delta KE + \Delta U$ 1ª Lei da Termodinâmica: (sistemas abertos): $\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{out} \left(h_{out} + \frac{v_{out}^2}{2} + gz_{out} \right) - \sum \dot{m}_{in} \left(h_{in} + \frac{v_{in}^2}{2} + gz_{in} \right)$ 2ª Lei da Termodinâmica: $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \leq 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $\Delta S \geq \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T} + S_{gen}$ $S_{gen} = \Delta S_{sistema} + \Delta S_{exterior} \geq 0$ $TdS = dU + PdV$ Expansão linear $\Delta L = \alpha L \Delta T$ Rendimentos de ciclos de Carnot: $\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $COP_{BCmax} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$ $COP_{Fmax} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$	$\frac{\dot{W}_b}{\dot{m}} = h_2 - h_1$ $\frac{Q_{in}}{\dot{m}} = h_3 - h_2$ $\frac{\dot{W}_t}{\dot{m}} = h_3 - h_4$ $\frac{Q_{out}}{\dot{m}} = h_4 - h_1$ $\eta = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$
	Gases Perfeitos $PV = nRT$, n n ^o moles $R = 8,3145 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ $PV = mR_{gas}T$, $R_{gas} = R/M_{gas}$, $c_v = \frac{3}{2}R$ $c_p = \frac{5}{2}R$ $C_p = C_v + R$ $\Delta s = u \bar{C}_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$ $\Delta s = \bar{C}_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$
Transmissão de calor	Física Quântica e Estrutura da Matéria
Lei de Fourier $\dot{q} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$ $\ddot{q} = k \frac{T_1 - T_2}{L}$ $\dot{q} = UA \Delta T$, $U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} + \frac{1}{h_4}}$ Lei de arrefecimento de Newton: $\dot{q} = hA(T_s - T_f)$, $\ddot{q} = h(T_s - T_f)$ Lei de Stefan-Boltzmann $\ddot{q} = \epsilon \sigma T^4$ Transferência entre 2 corpos com um fator de forma de 1 $\dot{q} = A_1 \epsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$ Constante Boltzmann $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}^4$ Lei de Wien $T = \frac{2,897768 \times 10^{-3} \text{ mK}}{\lambda_{max}}$	Energia de um fóton: $E = hf$ Constante de Plank: $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ Momento linear de um fóton: $p = \frac{h}{c}$ Comprimento de onda de uma partícula $\lambda = \frac{h}{p}$ $\frac{1}{\lambda_n} = RZ^2 \left(\frac{1}{nf^2} - \frac{1}{ni^2} \right)$, $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$