

MEC - Mestrado Integrado em Engenharia Civil

LEGM - Licenciatura Bolonha em Engenharia Geológica e de Minas

TERMODINÂMICA E ESTRUTURA DA MATÉRIA 2012 - 2013

Simulação de exame, 17 de Maio de 2013

I - Questões teóricas (1,5 valores)

1 – Numa noite de Verão, um campista a dormir ao relento quando a temperatura do ar é constante e igual a 20°C:

- a) Não perde calor
- b) Perde calor por convecção
- c) Perde calor por convecção e radiação

2 – O comprimento de onda de uma bola de futebol com massa de 450g chutada a uma velocidade de 30ms^{-1} é:

- a) $4,9 \times 10^{-35}$ m
- b) $4,9 \times 10^{-30}$ m
- c) 0 m

3 – A temperatura do Sol, ao emitir luz com uma intensidade máxima de comprimento de onda 500nm (verde), é aproximadamente:

- a) 5000 K
- b) 5800 K
- c) 6000 K

II - Questão (3,5 valores)

Considere um gabinete com 5×5 m² de área e altura de 3 m, com uma janela vidro de 1 m², com condutividade térmica de 0,95 W/(m.K), uma espessura de 0,5cm e uma emissividade de 0,85. Num dia típico de inverno, em que a temperatura exterior é de 10°C, pretende-se que a temperatura interior seja mantida a 20°C. Tendo em atenção notas abaixo para resolver este problema:

- a) Calcule a quantidade de calor que é preciso gerar dentro do gabinete para o manter a 20°C. **(1 valor)**
- b) Verifique se um radiador de 2000 W é suficiente para garantir a temperatura interior **(0,5 valor)**

Considere agora que de noite, os estores não são fechados, que a temperatura exterior se mantém igual a 10°C e que a temperatura equivalente do céu são -3°C.

- c) Quais as perdas por radiação da janela? (1 valor)
- d) O utilizador do gabinete saiu ao final do dia e desligou o radiador. No dia seguinte, passado 12 horas a perder calor nas condições das alíneas anteriores, qual era a temperatura quando o utilizador entrou no gabinete? (1 valor)

Nota:

- Considere para efeitos deste problema que as superfícies do vidro estão à mesma temperatura que o ar (dentro e fora), que não há trocas de calor entre o ar da sala e as paredes, o chão e o tecto, e que toda a radiação perdida pela janela vai para o céu.

- Considere que o ar a 20°C tem uma densidade de 1,2 kg/m³ e uma calor específico é de 1,012 kJ/(kg.K)

III - Questão (5 valores)

Considere um ciclo de refrigeração de compressão ideal em que o fluido frigorígeno R134a opera nas seguintes condições:

- O vapor saturado entra no compressor a 2 bar
 - Líquido saturado sai do condensador a 7 bar
 - O caudal mássico é de 0,083 kg/s
- Desenhe o diagrama Ts do ciclo **(0,5 valores)**
 - Calcule a potência do compressor em kW **(2 valor)**
 - Calcule o calor libertado no condensador **(1,5 valor)**
 - Calcule o coeficiente de performance se estiver o equipamento for uma bomba de calor **(1 valor)**

Nota:

TABLE A-11 Properties of Saturated Refrigerant 134a (Liquid-Vapor): Pressure Table

Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg·K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
2.0	-10.09	0.7532	0.0993	36.69	221.43	36.84	204.46	241.30	0.1481	0.9253	2.0
2.4	-5.37	0.7618	0.0834	42.77	224.07	42.95	201.14	244.09	0.1710	0.9222	2.4
2.8	-1.23	0.7697	0.0719	48.18	226.38	48.39	198.13	246.52	0.1911	0.9197	2.8
3.2	2.48	0.7770	0.0632	53.06	228.43	53.31	195.35	248.66	0.2089	0.9177	3.2
3.6	5.84	0.7839	0.0564	57.54	230.28	57.82	192.76	250.58	0.2251	0.9160	3.6
4.0	8.93	0.7904	0.0509	61.69	231.97	62.00	190.32	252.32	0.2399	0.9145	4.0
5.0	15.74	0.8056	0.0409	70.93	235.64	71.33	184.74	256.07	0.2723	0.9117	5.0
6.0	21.58	0.8196	0.0341	78.99	238.74	79.48	179.71	259.19	0.2999	0.9097	6.0
7.0	26.72	0.8328	0.0292	86.19	241.42	86.78	175.07	261.85	0.3242	0.9080	7.0



	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K		v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
$p = 2.0 \text{ bar} = 0.20 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -10.09^\circ\text{C}$)					$p = 7.0 \text{ bar} = 0.70 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 26.72^\circ\text{C}$)				
Sat.	0.09933	221.43	241.30	0.9253	0.02918	241.42	261.85	0.9080	
-10	0.09938	221.50	241.38	0.9256	0.02979	244.51	265.37	0.9197	
0	0.10438	229.23	250.10	0.9582	0.03157	253.83	275.93	0.9539	
10	0.10922	237.05	258.89	0.9898	0.03324	263.08	286.35	0.9867	
20	0.11394	244.99	267.78	1.0206	0.03482	272.31	296.69	1.0182	
30	0.11856	253.06	276.77	1.0508	0.03634	281.57	307.01	1.0487	
40	0.12311	261.26	285.88	1.0804	0.03781	290.88	317.35	1.0784	
50	0.12758	269.61	295.12	1.1094	0.03924	300.27	327.74	1.1074	
60	0.13201	278.10	304.50	1.1380	0.04064	309.74	338.19	1.1358	
70	0.13639	286.74	314.02	1.1661	0.04201	319.31	348.71	1.1637	
80	0.14073	295.53	323.68	1.1939	0.04335	328.98	359.33	1.1910	
90	0.14504	304.47	333.48	1.2212	0.04468	338.76	370.04	1.2179	
100	0.14932	313.57	343.43	1.2483	0.04599	348.66	380.86	1.2444	
					0.04729	358.68	391.79	1.2706	
					0.04857	368.82	402.82	1.2963	

Formulário

Leis da termodinâmica	Ciclo Frigorífico
$W = \int_1^2 P dV$ $h = u + Pv$ $c_v = \left(\frac{\delta u}{\delta T}\right)_v$ $c_p = \left(\frac{\delta h}{\delta T}\right)_p$ 1ª Lei da Termodinâmica: $\Delta E = Q - W [J]$ $\Delta E = \Delta PE + \Delta KE + \Delta U$ $TdS = dU + PdV$ 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: $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \leq 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $dS = \frac{dQ}{T}$	$COP_F = \frac{Q_C}{W_{ciclo}} = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C}$ $COP_{BC} = \frac{Q_H}{W_{ciclo}} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$ $COP_{BC} = 1 + COP_F$ $COP_{F,Carnot} = \frac{1}{T_H/T_C - 1}$ $COP_{BC,Carnot} = \frac{1}{1 - T_C/T_H}$ $\frac{\dot{W}_C}{\dot{m}} = h_2 - h_1$ $\frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}} = h_2 - h_3$ $h_4 = h_3$ $\frac{\dot{Q}_{in}}{\dot{m}} = h_1 - h_4$



$\Delta S \geq \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T}$ $S_{gen} = \Delta S_{sistema} + \Delta S_{exterior} \geq 0$	
Transmissão de calor	Física Quântica e Estrutura da Matéria
Lei de Fourier $\dot{q} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$ $\ddot{q} = k \frac{T_1 - T_2}{L}$ Resistividade Térmica: $R = \frac{L}{kA}$ Lei de arrefecimento de Newton: $\dot{q} = hA(T_s - T_f)$, $\ddot{q} = h(T_s - T_f)$ Lei de Stefan-Boltzmann $\ddot{q} = \epsilon\sigma T^4$ $\dot{q} = A_1\epsilon\sigma(T_1^4 - T_2^4)$ Constante de Boltzmann $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$ 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: $p = \frac{h}{c}$ Onda de uma partícula $\lambda = \frac{h}{p}$ $\frac{1}{\lambda_n} = RZ^2 \left(\frac{1}{nf^2} - \frac{1}{ni^2} \right)$, $R = 1.097 \times 10^7 \text{m}^{-1}$