

TERMODINÂMICA E ESTRUTURA DA MATÉRIA 2012 - 2013
Exame de Época Especial, 16 de Julho de 2013, 14h-16h30min
INSTRUÇÕES

- Identifique todas as folhas de exame com nome, número e sala
- O exame tem a duração máxima de 2h30min;
- Os alunos podem entrar no exame até meia hora depois do exame se iniciar (14h30min);
- Os alunos podem desistir do exame ao fim de uma hora (15h), 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)

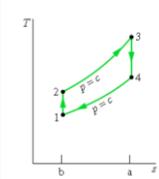
Indique a resposta correta assinalando a \bigcirc com uma cruz. Cada resposta certa corresponde a 0,5 valores, cada resposta errada desconta 0,25 valores, quem não responder tem 0 valores.

1 – Um sistema aberto é caracterizado por: a) Ter trocas de energia e de massa com o exterior b) Ter trocas de calor e de massa com o exterior c) Ter trocas de trabalho e de massa com o exterior	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
2 – Um gás ideal com uma pressão de $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ e um volume de 2 cm^3 sofre um processo isotérmico. As condições no estado final poderiam ser: a) uma pressão de $10 \times 10^5 \text{ Pa}$ e um volume de 1 cm^3 b) uma pressão de $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ e um volume de 10 cm^3 c) uma pressão de $5 \times 10^5 \text{ Pa}$ e um volume de 10 cm^3	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
3 – Um processo isotérmico de um gás ideal é representado no diagrama p-V por: a) uma curva do tipo PV^n , $n=0$ b) uma curva do tipo PV^n , $n=\infty$ c) uma curva do tipo PV^n , $n=1$	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
4 – O comprimento de onda de uma bola de ténis com massa de 55 g e uma velocidade de 43 km/h, é aproximadamente de: a) $1 \times 10^{-33} \text{ m}$ b) $2,8 \times 10^{-34} \text{ m}$ c) $2,8 \times 10^{-37} \text{ m}$	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
5 – Num processo termodinâmico real, a variação de entropia de um processo: a) pode ser positiva, negativa ou igual a 0 b) é sempre igual a 0 c) é sempre positiva	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
6 – A temperatura a que ocorre mudança de fase da água a uma pressão de 1 atm é de: a) 273,15 K b) 373,15 K c) 300 K	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
7 – A temperatura de uma mole de um gás perfeito num recipiente de 0,035 m ³ a uma pressão de 100 kPa é de a) 300 K b) 300 °C c) 3 K	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
8 – Um corpo negro cuja radiação de maior intensidade tem um comprimento de onda de $2,897768 \times 10^{-6} \text{ m}$ está a uma temperatura de : a) 1000 K b) 1000 °C c) 298,77 K	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

Nome	
Número	

9 – A quantidade de calor necessária para aumentar em 1°C a temperatura da água ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) de uma grama de água é, com $C_v = C_p = 4,187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	
a) 4,187 J	<input type="radio"/>
b) 4187 J	<input type="radio"/>
a) 4,187 kJ	<input type="radio"/>
10 – A 1ª lei da termodinâmica de um sistema fechado diz que:	
a) A variação de calor é igual à variação de trabalho	<input type="radio"/>
b) A variação de energia interna é igual à soma da variação de trabalho e de calor	<input type="radio"/>
c) A variação de energia interna é igual à diferença da variação de calor e de trabalho	<input type="radio"/>
11 – A 2ª lei da termodinâmica diz que:	
a) O rendimento de uma máquina térmica é negativo	<input type="radio"/>
b) O rendimento de uma máquina térmica é menor que 1	<input type="radio"/>
c) O rendimento de uma bomba de calor é menor que 1	<input type="radio"/>
12 – A emissividade de um corpo negro:	
a) Depende da geometria do corpo;	<input type="radio"/>
b) Depende da temperatura do corpo;	<input type="radio"/>
c) É sempre igual a 1.	<input type="radio"/>

Formulário de TEM (16de Julho 2013)

Leis da termodinâmica	Ciclo Vapor / Gás
$W = \int_1^2 PdV$ $h = u + Pv$ $c_v = \left(\frac{\delta u}{\delta T}\right)_v$ $c_p = \left(\frac{\delta h}{\delta T}\right)_p$ 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: $\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $COP_{BC,max} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$ $COP_{F,max} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$ $COP_{BC,max} = COP_{F,max} + 1$	$\frac{\dot{W}_b}{\dot{m}} = h_2 - h_1$ $\frac{\dot{Q}_{in}}{\dot{m}} = h_3 - h_2$ $\frac{\dot{W}_t}{\dot{m}} = h_3 - h_4$ $\frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}} = h_4 - h_1$ $\eta = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$ Ciclo Gás $\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_{r2}}{p_{r1}}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ $\frac{p_4}{p_3} = \frac{p_{r4}}{p_{r3}}$ $\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{p_4}{p_3}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ 
Gases Perfeitos $PV = nRT$, n nª moles $R = 8,3145 \text{ m}^3 \text{ Pa K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $PV = mR_{gas}T$, $R_{gas} = R/M_{gas}$ $c_v = \frac{3}{2}R$ $c_p = \frac{5}{2}R$ $C_p = C_v + R$ $\Delta s = u \bar{c}_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$ $\Delta s = \bar{c}_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$	Física Quântica e Estrutura da Matéria Energia de um fóton: $E = hf$ Constante de Plank: $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ Momento linear de um fóton: $p = \frac{h}{\lambda}$ Comprimento de onda de uma partícula $\lambda = \frac{h}{p}$
Transmissão de calor	
Lei de Fourier $\dot{q} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$ $\ddot{q} = k \frac{T_1 - T_2}{L}$ $\dot{q} = UA \Delta T$, $U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B} + \frac{L_C}{k_C} + \frac{1}{h_4}}$ 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 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ Lei de Wien $T = \frac{2.897768 \times 10^{-3} \text{ mK}}{\lambda_{max}}$

Nome	
Número	

Grupo II (8 valores)

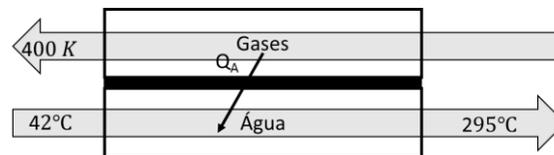
Considere uma pequena central de ciclo de gás opera com as seguintes características

Características da instalação
O caudal de ar é de 100kg/s O ar entra no compressor de gás a 300K e 100kPa A taxa de compressão do ciclo de gás é aproximadamente de 12,5 À saída da câmara de combustão, a temperatura dos gases é de 1400 K. A turbina de gás e o compressor são considerados isentrópicos.

- Desenhe o diagrama Ts do ciclo, indicando os valores já conhecidos no gráfico. **(1,5 valor)**
- Calcule a potência do compressor nas condições indicadas. **(1,5 valor)**
- Calcule a potência da turbina nas condições indicadas. **(1,5 valores)**
- Calcule a quantidade de calor fornecida pela câmara de combustão. **(1,5 valores)**
- Calcule rendimento real da instalação nestas condições e compare com o rendimento de Carnot para as mesmas condições **(1 valor)**.
Nota 1: Se não resolveu as alíneas b) e c), considere que o compressor tem uma potência de 30 MW, que a potência da turbina é de 75 MW e que a potência da câmara de combustão é de 90 MW.
- Calcule a temperatura dos gases à saída da turbina **(1 valor)**.

Grupo III (6 valores)

Considere que se vai transformar a central num ciclo combinado, através da instalação de um permutador que vai evaporar a água do ciclo de Rankine a partir dos gases quentes à saída da turbina de gás.



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 15 kg/s, calcule qual a quantidade de calor Q_A por unidade de tempo que é fornecido à água, sabendo que esta entra a 42 e sai a 295 sob a forma de vapor saturado, e que os gases à saída do permutador estão a 400 K. **(1,5 valor)**
Nota 1: Caso não tenha calculado a alínea f) do grupo anterior, considere que os gases de escape da turbina estão a 745 K.
- Considerando que existe convecção e condução de calor no permutador, 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)**
- Calcule a variação de entropia no circuito de gases e no circuito de água do permutador **(1,5 valor)**
- Calcule a geração de entropia no permutador com a troca de calor entre o circuito de gases de água, considerando os valores médios das temperaturas nos fluidos. **(1,5 valor)**

Nome	
Número	

T(K), h and u(kJ/kg), s° (kJ/kg · K)

<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s°</i>	when $\Delta s = 0^{\circ}$		<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s°</i>	when $\Delta s = 0$	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>					<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
200	199.97	142.56	1.29559	0.3363	1707.	450	451.80	322.62	2.11161	5.775	223.6
210	209.97	149.69	1.34444	0.3987	1512.	460	462.02	329.97	2.13407	6.245	211.4
220	219.97	156.82	1.39105	0.4690	1346.	470	472.24	337.32	2.15604	6.742	200.1
230	230.02	164.00	1.43557	0.5477	1205.	480	482.49	344.70	2.17760	7.268	189.5
240	240.02	171.13	1.47824	0.6355	1084.	490	492.74	352.08	2.19876	7.824	179.7
250	250.05	178.28	1.51917	0.7329	979.	500	503.02	359.49	2.21952	8.411	170.6
260	260.09	185.45	1.55848	0.8405	887.8	510	513.32	366.92	2.23993	9.031	162.1
270	270.11	192.60	1.59634	0.9590	808.0	520	523.63	374.36	2.25997	9.684	154.1
280	280.13	199.75	1.63279	1.0889	738.0	530	533.98	381.84	2.27967	10.37	146.7
285	285.14	203.33	1.65055	1.1584	706.1	540	544.35	389.34	2.29906	11.10	139.7
290	290.16	206.91	1.66802	1.2311	676.1	550	554.74	396.86	2.31809	11.86	133.1
295	295.17	210.49	1.68515	1.3068	647.9	560	565.17	404.42	2.33685	12.66	127.0
300	300.19	214.07	1.70203	1.3860	621.2	570	575.59	411.97	2.35531	13.50	121.2
305	305.22	217.67	1.71865	1.4686	596.0	580	586.04	419.55	2.37348	14.38	115.7
310	310.24	221.25	1.73498	1.5546	572.3	590	596.52	427.15	2.39140	15.31	110.6
315	315.27	224.85	1.75106	1.6442	549.8	600	607.02	434.78	2.40902	16.28	105.8
320	320.29	228.42	1.76690	1.7375	528.6	610	617.53	442.42	2.42644	17.30	101.2
325	325.31	232.02	1.78249	1.8345	508.4	620	628.07	450.09	2.44356	18.36	96.92
330	330.34	235.61	1.79783	1.9352	489.4	630	638.63	457.78	2.46048	19.44	92.84
340	340.42	242.82	1.82790	2.149	454.1	640	649.22	465.50	2.47716	20.64	88.99
350	350.49	250.02	1.85708	2.379	422.2	650	659.84	473.25	2.49364	21.86	85.34
360	360.58	257.24	1.88543	2.626	393.4	660	670.47	481.01	2.50985	23.13	81.89
370	370.67	264.46	1.91313	2.892	367.2	670	681.14	488.81	2.52589	24.46	78.61
380	380.77	271.69	1.94001	3.176	343.4	680	691.82	496.62	2.54175	25.85	75.50
390	390.88	278.93	1.96633	3.481	321.5	690	702.52	504.45	2.55731	27.29	72.56
400	400.98	286.16	1.99194	3.806	301.6	700	713.27	512.33	2.57277	28.80	69.76
410	411.12	293.43	2.01699	4.153	283.3	710	724.04	520.23	2.58810	30.38	67.07
420	421.26	300.69	2.04142	4.522	266.6	720	734.82	528.14	2.60319	32.02	64.53
430	431.43	307.99	2.06533	4.915	251.1	730	745.62	536.07	2.61803	33.72	62.13
440	441.61	315.30	2.08870	5.332	236.8	740	756.44	544.02	2.63280	35.50	59.82
750	767.29	551.99	2.64737	37.35	57.63	1300	1395.97	1022.82	3.27345	330.9	11.275
760	778.18	560.01	2.66176	39.27	55.54	1320	1419.76	1040.88	3.29160	352.5	10.747
770	789.11	568.07	2.67595	41.31	53.39	1340	1443.60	1058.94	3.30959	375.3	10.247
780	800.03	576.12	2.69013	43.35	51.64	1360	1467.49	1077.10	3.32724	399.1	9.780
790	810.99	584.21	2.70400	45.55	49.86	1380	1491.44	1095.26	3.34474	424.2	9.337
800	821.95	592.30	2.71787	47.75	48.08	1400	1515.42	1113.52	3.36200	450.5	8.919
820	843.98	608.59	2.74504	52.59	44.84	1420	1539.44	1131.77	3.37901	478.0	8.526
840	866.08	624.95	2.77170	57.60	41.85	1440	1563.51	1150.13	3.39586	506.9	8.153
860	888.27	641.40	2.79783	63.09	39.12	1460	1587.63	1168.49	3.41247	537.1	7.801
880	910.56	657.95	2.82344	68.98	36.61	1480	1611.79	1186.95	3.42892	568.8	7.468
900	932.93	674.58	2.84856	75.29	34.31	1500	1635.97	1205.41	3.44516	601.9	7.152
920	955.38	691.28	2.87324	82.05	32.18	1520	1660.23	1223.87	3.46120	636.5	6.854
940	977.92	708.08	2.89748	89.28	30.22	1540	1684.51	1242.43	3.47712	672.8	6.569
960	1000.55	725.02	2.92128	97.00	28.40	1560	1708.82	1260.99	3.49276	710.5	6.301
980	1023.25	741.98	2.94468	105.2	26.73	1580	1733.17	1279.65	3.50829	750.0	6.046
1000	1046.04	758.94	2.96770	114.0	25.17	1600	1757.57	1298.30	3.52364	791.2	5.804
020	1068.89	776.10	2.99034	123.4	23.72	1620	1782.00	1316.96	3.53879	834.1	5.574
040	1091.85	793.36	3.01260	133.3	22.39	1640	1806.46	1335.72	3.55381	878.9	5.355
060	1114.86	810.62	3.03449	143.9	21.14	1660	1830.96	1354.48	3.56867	925.6	5.147
080	1137.89	827.88	3.05608	155.2	19.98	1680	1855.50	1373.24	3.58335	974.2	4.949
100	1161.07	845.33	3.07732	167.1	18.896	1700	1880.1	1392.7	3.5979	1025	4.761
120	1184.28	862.79	3.09825	179.7	17.886	1750	1941.6	1439.8	3.6336	1161	4.328
140	1207.57	880.35	3.11883	193.1	16.946	1800	2003.3	1487.2	3.6684	1310	3.944
160	1230.92	897.91	3.13916	207.2	16.064	1850	2065.3	1534.9	3.7023	1475	3.601
180	1254.34	915.57	3.15916	222.2	15.241	1900	2127.4	1582.6	3.7354	1655	3.295
200	1277.79	933.33	3.17888	238.0	14.470	1950	2189.7	1630.6	3.7677	1852	3.022
220	1301.31	951.09	3.19834	254.7	13.747	2000	2252.1	1678.7	3.7994	2068	2.776
240	1324.93	968.95	3.21751	272.3	13.069	2050	2314.6	1726.8	3.8303	2303	2.555
260	1348.55	986.90	3.23638	290.8	12.435	2100	2377.4	1775.3	3.8605	2559	2.356
280	1372.24	1004.76	3.25510	310.4	11.835	2150	2440.3	1823.8	3.8901	2837	2.175

Líquido Saturado, Vapor Saturado									
Pressão (bar)	Temp (°C)	Volume Específico (m³/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
80	295,1	1,3842	0,02352	1305,6	2569,8	1316,6	2758,0	3,2068	5,7432

Líquido Comprimido (P = 80bar, Tsat=295,1°C)				
Temp (°C)	Volume Específico (m³/kg)	Energia Interna (kJ/kg)	Entalpia (kJ/kg)	Entropia kJ/(kgK)
42	0,0010	667,26	182,83	0,5955