

Nome	
Número	
Sala	

TERMODINÂMICA E ESTRUTURA DA MATÉRIA 2013 - 2014
1ª Teste, 15 de Abril de 2014, 20h-21h15min
INSTRUÇÕES

- Identifique todas as folhas de exame com nome, número e sala
- O exame tem a duração máxima de 1h15min;
- Os alunos podem entrar no teste até quinze minutos depois do exame se iniciar (20h15min);
- Os alunos podem desistir do teste ao fim de meia hora (20h30), entregando a folha inicial do exame assinada com a palavra "Desisto";
- As respostas referentes ao **Grupo I** devem ser dadas na **1ª folha do Enunciado (páginas 1)**, devidamente identificado

Grupo I (6 valores)

Indique a resposta correta assinalando a com uma cruz . Cada resposta certa corresponde a 1 valores; cada resposta errada desconta 0, 5 valores; quem não responder tem 0 valores.

1 – Um sistema isolado é caracterizado por: a) Não ter trocas de calor nem de massa com o exterior b) Não ter trocas de energia nem de massa com o exterior c) Não ter trocas de trabalho nem de massa com o exterior	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>
2 – Num sistema fechado cilindro-pistão ocorre um processo à temperatura constante de 100 °C, onde o volume aumenta 2 m ³ . Neste caso: a) Não foi realizado trabalho b) Não foi consumido calor c) Não houve variação da energia interna	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
3 – O calor específico a pressão constante de um gás ideal é a) Igual ao calor específico a volume constante b) Superior ao calor específico a volume constante c) Depende do gás	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>
4 – Um gás ideal com uma pressão de $1 \times 10^5 \text{ Pa}$, temperatura de 100 K e um volume de 1 cm ³ sofre um processo isobárico. Se a temperatura do estado final duplicar, significa que: a) O volume final é igual ao inicial b) O volume final é metade do inicial c) O volume final é o dobro do inicial	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>
5 – Num processo termodinâmico real, a variação de entropia no sistema: a) é sempre positiva b) pode ser positiva, negativa ou igual a 0 c) pode ser positiva ou igual a 0	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>
6 – A junta de dilatação de uma ponte com 200 m de comprimento tem a dimensão de 9,44cm. Sabendo que entre o inverno e o verão, a amplitude térmica é de 40°C, a ponte é feita de a) Ferro ($\alpha = 11,8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) b) Aço ($\alpha = 10,8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) c) Betão ($\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

Nome	
Número	
Sala	

Grupo II (14 valores)

Considere que para uma piscina de uma vivenda (com uma área de 15 m² e volume de 30 m³), temperatura média da água no início do dia é de 20°C.

Nota: $C_{\text{água}}(20^\circ\text{C}) = 4,182\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ $\rho_{\text{água}}(20^\circ\text{C}) = 0,998\text{ kg/L}$.

- a) Assuma que a piscina é um sistema fechado. Qual a quantidade de energia que a piscina necessita de receber para que se consiga aquecer toda a água até aos 25°C? Justifique todos os cálculos. **(3 Valores)**

Aplicando a 1ª lei da termodinâmica a sistemas fechados, temos que $\Delta E = Q - W = \Delta PE + \Delta KE + \Delta U$

Desprezando variações de energia cinética e potencial e visto que não é aplicado trabalho temos que $\Delta E = \Delta U$ **[1 valor]**

Sabendo que $c_v = \left(\frac{\delta u}{\delta T}\right)_v$, temos então que $Q = \Delta U = mc_p \Delta T$ **[1 valor]**, logo $Q = 30000 \times 0,998 \times 4,182 \times 5 = 626,045\text{MJ}$ **[1 valor]**

- b) Assumindo que a energia solar recebida no verão é de 20MJ/m²/dia, qual a temperatura ao final de um dia de verão? **(2 Valores)**

Sabendo que a piscina tem uma área de 15m², a piscina recebe ao longo do dia 300 MJ de energia, o que daria para a piscina atingir os $\Delta T = \frac{Q}{m c_p} = \frac{300}{30000 \times 0,998 \times 4,182} = 2,39^\circ\text{C}$ $\Delta T = T_F - T_I = 2,39 \Rightarrow T_F = 22,39^\circ\text{C}$

- c) Se quisesse instalar um sistema solar para aquecer a água da piscina, qual seria a área necessária de colectores solares? **(2 Valores)**

Para aquecer totalmente a água da piscina, seriam necessários ainda 326MJ/dia. Sabendo que a radiação seria de 20MJ/m², seriam necessários 16,3m² de painéis solares térmicos.

- d) Um instalador de equipamentos de aquecimento de piscinas propõe-lhe instalar um sistema de aquecimento com uma bomba de caudal 2m³/hora e uma bomba de calor de 6 kW com um COP de 5. Considere que a bomba de calor é um sistema aberto (volume de controlo). Verifique se a potência da bomba de calor é suficiente para aquecer a água até aos 25°C **(4 valores)**

Aplicando a 1ª lei da termodinâmica a sistemas abertos, temos

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{out} \left(h_{out} + \frac{v_{out}^2}{2} + gz_{out} \right) - \sum \dot{m}_{in} \left(h_{in} + \frac{v_{in}^2}{2} + gz_{in} \right). \text{ [1 valor]}$$

Desprezando variações de energia cinética e potencial e que o trabalho realizado sobre o fluido pela bomba de calor é nulo

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_{out} - h_{in}) \text{ [1 valor]}$$

Sabendo que $c_p = \left(\frac{\delta h}{\delta T}\right)_p$, temos então que $\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T$, logo $\dot{Q} = 2000 \times 0,998 \times 4,182 \times 2,5 = \frac{20,87\text{MJ}}{\text{hora}} = 5,79\text{kW}$ **[1 valor]**

5,79kW < 6kW **[1 valor]** ou então Como ele precisa de 313 MJ/dia e a bomba é capaz de fornecer 20,87MJ/hora, a bomba precisa de 15 horas para aquecer a água

A solução proposta chega para complementar o aquecimento a piscina pelo sol. **[0,5 valor]**

- e) Considerando que o custo médio da electricidade é de 0,15€/kWh, quanta custa este processo? **(3 valores)**

Com um COP de 5, bastava uma bomba de calor com potência eléctrica de $W = \frac{\dot{Q}}{COP} = 1,11\text{kW}$ **[1 valor]**

Nome	
Número	
Sala	

Considerando que o COP é 5, é necessário 1,2 kW de electricidade. Como a piscina tem 30 m³ e a bomba de calor só faz 2m³ por hora, são necessárias 15 horas [1 valor], ou seja, 18kWh ou seja 2,7€ por dia. [1 valor]

- f) Calcule a variação de entropia no sistema (piscina), considerando que à noite, sem circulação de água, é um sistema fechado, de volume constante, em que a temperatura varia entre os 20 e 25°C. (4 valores)

$$TdS = dU + PdV \text{ [1 valor]}$$

$$\Delta S = \int \frac{mC_v dT}{T} = mC_v \int \frac{dT}{T} = mC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \text{[1 valor]}$$

$$1000 \times 998 \times 4,182 \times \ln\left(\frac{293,15}{298,15}\right) = 30000 \times 0,998 \times 4,182 \times \ln(0,983) = -2146,85 \text{ kJ/K [1 valor]}$$

Usar kelvins [1 valor]

Se não multiplicar pela massa, desconta 1 valor

- g) Sabendo que durante a noite a piscina perde calor para a atmosfera (que está a 15°C) e retoma a temperatura inicial e que a sua variação de entropia é de -70,58kJ calcule a variação de entropia no universo (2 valores)

$$S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{exterior}} \geq 0$$

Então

$$S_{\text{universo}} - 70,58 + \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = -70,58 + \frac{626 \text{ MJ}}{288,15} = -70,58 + 2352,05 =$$

Formulário de TEM (15 de Abril 2014)

Definições gerais	Gases Perfeitos
$W = \int_1^2 P dV$ $h = u + Pv$ $c_v = \left(\frac{\delta u}{\delta T}\right)_v$ $c_p = \left(\frac{\delta h}{\delta T}\right)_p$ Expansão linear $\Delta L = \alpha L \Delta T$	$PV = nRT, n \text{ n}^\circ \text{ moles}$ $R = 8,3145 \text{ m}^3 \text{ Pa K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $PV = mR_{\text{gas}}T, R_{\text{gas}} = R/M_{\text{gas}}$ $c_v = \frac{3}{2}R$ $c_p = \frac{5}{2}R$ $C_p = C_v + R$ $\Delta s = u \bar{c}_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right) \Delta s = \bar{c}_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$
	1ª Lei da Termodinâmica $\Delta E = Q - W, \Delta E = \Delta PE + \Delta KE + \Delta U$ sistemas abertos: $\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{\text{out}} \left(h_{\text{out}} + \frac{v_{\text{out}}^2}{2} + gz_{\text{out}} \right) - \sum \dot{m}_{\text{in}} \left(h_{\text{in}} + \frac{v_{\text{in}}^2}{2} + gz_{\text{in}} \right)$
2ª Lei da Termodinâmica $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \leq 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $\Delta S \geq \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T} \Delta S = \oint_1^2 \frac{\delta Q}{T} + S_{\text{gen}}$ $S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{exterior}} \geq 0$ $TdS = dU + PdV$ Para sólidos e líquidos $\Delta s = C \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) \text{ [kJ/(kg K)]}$	Rendimentos de ciclos de Carnot: $\eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \text{ COP}_{BC\text{max}} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$ $\text{COP}_{F\text{max}} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \text{ COP}_{BC\text{max}} = \text{COP}_{F\text{max}} + 1$