



Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Física

Física L2 – Terceira Prova – 04 de outubro de 2006

Gabarito.

Problema 1: Calcule a quantidade de água que evapora de uma piscina de 20 m^2 mantida a 28°C , devido à absorção de luz solar. Dados: capacidade calorífica da água: $c_{\text{água}} = 4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, calor de vaporização da água: $L = 40,7 \text{ kJ/kg}$, densidade da água $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, intensidade da luz solar (assumida constante) $W = 1366 \text{ W/m}^2$.

Resposta: A energia absorvida pela água durante o dia será de

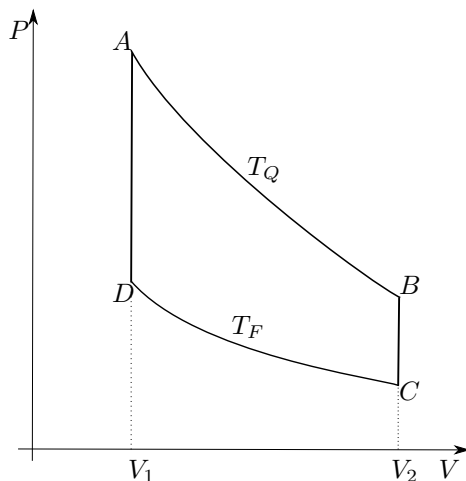
$$\Delta E = 12 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h} \times 20 \text{ m}^2 \times 1366 \text{ W/m}^2 = 1,18 \cdot 10^9 \text{ J}.$$

Para evaporar cada quilo de água a 28°C precisamos de

$$E_e = 4190 \text{ J/K} \times 72 \text{ K} + 40,7 \text{ kJ} = 3,42 \cdot 10^5 \text{ J}.$$

O que resulta aproximadamente 3450 kg de água ou $\boxed{3450 \ell}$ sendo evaporados por dia. Uma estimativa mais acertada levará em conta a absorção de calor pela atmosfera, o que reduz este número consideravelmente.

Problema 2: Uma proposta para usina solar é canalizar a energia do Sol para o aquecimento de água, que serviria então para mover um motor tipo Stirling, cujo diagrama de estado está esquematizado abaixo. Na figura, $A - B$ e $C - D$ são isotermas e $A - D$ e $B - C$ são isocóricas. Todos os processos são feitos com um mol de gás monoatômico.



- Calcule a variação de calor e o trabalho realizado pelo gás no processo $A - B$.
- Calcule a variação de calor e o trabalho realizado pelo gás no processo $B - C$.
- Calcule a eficiência do motor (a razão entre o calor total dado ao gás e o trabalho total realizado) no ciclo $A - B - C - D - A$. Esta eficiência é maior ou menor que o ciclo de Carnot que opera entre T_Q e T_F ?

(a) **Resposta:** O processo $A - B$ é isotérmico, e assim o trabalho realizado será dado pela integral:

$$\begin{aligned} W_{AB} &= \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT_Q}{V} dV \\ &= \boxed{nRT_Q \ln \frac{V_2}{V_1}} \end{aligned} \quad (1)$$

Quanto ao calor, ele pode ser obtido diretamente da primeira lei da termodinâmica, já que em um processo isotérmico, a energia interna não varia e assim $\boxed{Q_{AB} = W_{AB}}$.

- (b) **Resposta:** No processo $B - C$, o volume não varia, e assim o trabalho realizado é nulo $W_{BC} = 0$. Já o calor pode ser calculado a partir da variação de energia interna:

$$Q_{BC} = \Delta E_{BC} = \frac{3}{2}nR\Delta T = \boxed{-\frac{3}{2}nR(T_Q - T_F)} \quad (2)$$

note que este valor é negativo.

- (c) **Resposta:** O calor total **dado** ao sistema será a soma dos processos $A - B$ e $D - A$.

$$Q = Q_{AB} + Q_{DA} = \boxed{nRT_Q \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{3}{2}nR(T_Q - T_F)} \quad (3)$$

enquanto o trabalho extraído será a soma dos processos $A - B$ e $B - D$:

$$W = W_{AB} + W_{BD} = \boxed{nR(T_Q - T_F) \ln \frac{V_2}{V_1}}. \quad (4)$$

A eficiência será então:

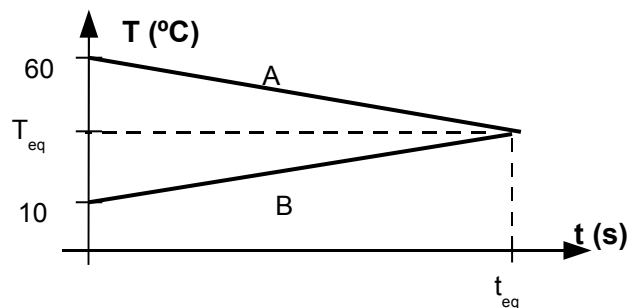
$$\epsilon = \frac{W}{Q} = \left(1 - \frac{T_Q}{T_F}\right) \left[1 + \left(1 - \frac{T_F}{T_Q}\right) \frac{3}{2 \ln \frac{V_2}{V_1}}\right]^{-1} \quad (5)$$

que é assim **menor** que a eficiência máxima do ciclo de Carnot.

Problema 3: Um corpo A de 200 g de massa e calor específico 0,2 cal/g · °C, inicialmente a 60 °C, é colocado em contato térmico com outro corpo B, de 100 g e calor específico 0,6 cal/g · °C. A temperatura inicial do corpo B é de 10 °C e ambos estão em um recipiente adiabático.

- (a) Esboce em um diagrama (T vs. t), a evolução das temperaturas (T) de ambos os corpos até o equilíbrio térmico.

Resposta:



- (b) Calcule a temperatura final de equilíbrio térmico.

Resposta: $Q_A + Q_B = 0 \implies m_A c_A (T_f - T_A) + m_B c_B (T_f - T_B) = 0$, então

$$200 \cdot 0,2 (T_f - 60) + 100 \cdot 0,6 (T_f - 10) = 0 \implies \boxed{T_f = 30^\circ \text{C}}. \quad (6)$$

Problema 4: A diferença de pressão em uma onda de choque supersônica é dada pela fórmula

$$\Delta p = \rho v v_{\text{som}}$$

onde v é a velocidade do objeto, $\rho = 1,18 \text{ kg/m}^3$ é a densidade do ar e $v_{\text{som}} = 343 \text{ m/s}$ é a velocidade do som no ar. Um motor *ramjet* usa esta diferença de pressão para iniciar a combustão da mistura gás e combustível. Suponha que esta compressão é adiabática e que o gás é monoatômico. Calcule a velocidade que o jato deve

ter para que o gás, inicialmente a 1 atm e 300 K, ao ser comprimido chegue à temperatura de 1000 K necessária para a explosão.

Resposta: Em uma contração adiabática PV^γ se mantém constante, onde $\gamma = C_P/C_V = 5/3$ para um gás monoatômico. Usando a equação de estado, $PV = nRT$, então $P^{1-\gamma}T^\gamma$ se mantém constante. Assim a pressão final será:

$$P = P_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (7)$$

ou seja, a velocidade para que isto aconteça será

$$v = \frac{P_0}{\rho v_{\text{som}}} \left[\left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} - 1 \right] \quad (8)$$

substituindo valores, teremos

$$v \approx 1590 \text{ m/s} = 5730 \text{ km/h} \quad (9)$$

Dados possivelmente úteis: $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$; $\ln 2 = 0,6931$; $\ln 5 = 1,6094$. $pV = nRT$; $\Delta E_{\text{int}} = \Delta Q - \Delta W$; $C_V = 3/2R$.