Lista II – Calor e Primeira Lei da Termodinâmica

1. Um cilindro com paredes adiabáticas é dividido no meio por uma parede adiabática que tem um pequeno furo. Um pistão adiabático móvel, bem ajustado e sem atrito é colocado logo à direita da divisão (tapando o furo) e impedindo momentaneamente que vaze gás do lado esquerdo para o direito. Outro pistão adiabático móvel, bem ajustado e sem atrito é colocado do lado esquerdo, mantendo um gás preso sob a pressão P_i. Os dois pistões começam a mover-se lentamente, ambos para a direita, de modo que a pressão do lado esquerdo permaneça constante e igual a P_i, e a pressão do gás que vai surgindo no lado direito permaneça constante e igual a P_f, até todo o gás ser transferido através do furo. Mostre que $U_i + P_i V_i = U_f + P_f V_f$.

2. O calor específico molar à pressão constante (c_P) de um gás varia com a temperatura conforme a lei

$$c_P = a + bT - \frac{c}{T^2}\,,$$

onde a, b e c são constantes positivas. Quanto calor é absorvido pelo gás durante um processo isobárico em que n moles do gás sofrem a mudança de temperatura $\Delta T = T_f - T_i$? Resposta:

$$Q = na(T_f - T_i) + \frac{nb}{2}(T_f^2 - T_i^2) + nc(T_f^{-1} - T_i^{-1})\,.$$

Observe que, dependendo dos valores das constantes e das temperaturas, Q pode ser negativo mesmo se $T_f > T_i$. Isso significa que o gás perdeu calor e sua temperatura aumentou!

3. Mostre que

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P = C_P - PV\beta \quad \text{e} \quad \left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_T = PV\kappa - (C_P - C_V)\frac{\kappa}{\beta}\,.$$

Ajuda: considere $U = U(T, P)$.

4. Mostre também:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_V = \frac{\kappa}{\beta}C_V \quad \text{e} \quad \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_P = \frac{C_P}{\beta V} - P\,.$$

5. Suponha que a taxa temporal de passagem de calor ao longo de uma esfera oca de raio interno r_1 e raio externo r_2 seja constante e igual a $\bar{d}Q/dt$, sendo T_1 a temperatura da superfície interna, e T_2 a temperatura da superfície externa. Mostre que, para uma condutividade térmica constante, K,

$$T_2 - T_1 = \frac{\bar{d}Q/dt}{4\pi K}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)\,.$$

6. A temperatura de um filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente é de $2460K$ e sua emissividade é $\epsilon = 0,30$. Calcule a área da sua superfície considerando $100W$ de potência da lâmpada. Resposta: 1,61 cm^2.

7. À pressão atmosférica do nível do mar, a vaporização completa de $1,00\,l$ d'água a 100^oC gera 1,671 m^3 de vapor. O calor latente de vaporização da água a esta temperatura é $539,6\,cal/g$. (a) Quanto trabalho é realizado pela expansão do vapor no processo? Resp.: $1,24\times10^4$ $atm.l$ (ou $1,24\times10^6$ J). (b) Calcule ΔU. Resp.: $1,01\times10^6 J$ (mais de 240 $kcal$).

8. Considere um aparato no qual um peso está suspenso por um fio ideal, conectado (por meio de roldanas ideais e sem atrito) a uma hélice que está dentro de um recipiente, imerso em água. Quando o peso cai, ele move as pás da hélice agitando a água. Inicialmente, a água está a $14,5^oC$. Quando o corpo de $427\,kg$ cai 1,00 metro, a água sofre um acréscimo de 1^oC. Calcule a capacidade específica da água, C_p/m. Resp.: $1,00\,cal/g\,^oC$.

9. Um mol de um gás obedece à equação de van der Waals,

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT\,,$$

e sua energia interna molar é dada por

$$u = cT - \frac{a}{v}\,,$$

onde a, b, c e T são constantes. Calcule as capacidades caloríficas molares c_V e c_P. Resp.:

$$c_V = c \quad \text{e} \quad c_P = c + \frac{R^2T}{v-b}\frac{v^3}{Pv^3 - av + 2ab}\,.$$