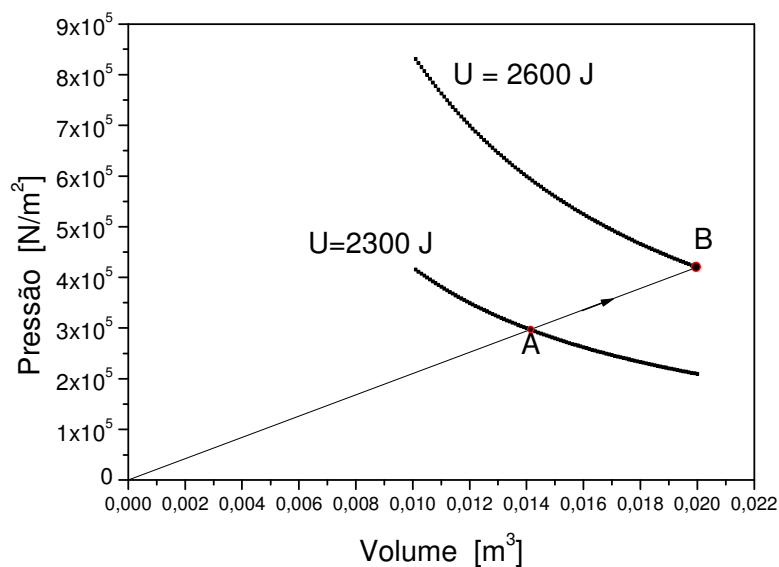


1 Para medir o coeficiente de expansão volumar de um líquido ( $\beta = \delta V / V \delta T$ ) se observa a elevação  $\delta h$  da coluna de líquido num tubo conectado num bulbo quando a temperatura deste sistema é elevada de  $T_0$  até  $T_0 + \delta T$ . A área transversal do tubo é  $A$  (medida na temperatura  $T_0$ ). O bulbo é esférico e tem diâmetro interno  $D$  (medido na temperatura  $T_0$ ). O material do bulbo e do tubo tem um coeficiente linear de expansão térmica conhecido  $\alpha$ . Elabore uma fórmula para extrair o valor de  $\beta = \delta V / V \delta T$  do líquido dos dados observados.

2 Escreva nas suas notas de aula sobre: temperatura empírica, e escala dos gases perfeitos e expansão térmica.

3 A figura mostra duas curvas de  $U = \text{const.}$  (energia interna = const.) para algum fluido. Os valores da energia interna estão anotados ao lado das curvas. Num processo o sistema é levado do estado A até o estado B quase-estaticamente tal que o trajeto é uma reta cuja prolongação passa pelo ponto  $V=0, P=0$ . O volume no estado A vale  $V_A = \sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}^3$  e as coordenadas do estado B são  $V_B = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ,



$P_B = 4,2 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ . Encontre o trabalho que o fluido faz no processo e o calor que o fluido recebe.  $W^\uparrow = ?$ ,  $Q^\downarrow = ?$ .

4 Uma oficina mecânica tem uma peça de aço com um furo redondo de 100,000 mm de diâmetro e um pino redondo de 100,165 mm de diâmetro (diâmetros medidos a uma temperatura de 20 °C). A que temperatura tem que botar a peça de aço para poder encaixar o pino no furo (mantendo o pino na temperatura de 20 °C) ? O coeficiente de dilatação linear do aço vale  $11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

5 Um físico Russo, de nome Nivlek, quer inventar uma nova escala de temperatura, com a unidade Nivlek, que é baseada no termômetro de gás perfeito. Na escala dele o ponto de gelo corresponde à 100 Nivlek e o zero absoluto corresponde à zero Nivlek. Determine a quantos Nivlek ferve a água sob pressão atmosférica.

6 Uma partícula de poeira está pairando no ar. O ar tem uma temperatura de 300 K. A partícula consiste de um material de densidade de  $5 \text{ g/cm}^3$  e tem forma de um cubo de lado de um micrômetro. As moléculas do ar empurram esta partícula aleatoriamente provocando um movimento aleatório da partícula. Calcule a velocidade quadrática média  $v_{q\text{-méd}} = \left( \langle \vec{v} \cdot \vec{v} \rangle \right)^{1/2}$  da partícula de poeira. (despreze a gravitação). Dados: constante de Boltzmann  $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ .

7 Uma molécula de  $\text{O}_2$  tem uma massa de aproximadamente 32 unidades de massa atômica (u). Uma unidade de massa atômica vale  $u \approx 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ . Calcule a velocidade média quadrática de uma molécula de oxigênio no ar de 27°C. Compare este valor com a velocidade de escape da Terra. Faça o mesmo cálculo para uma molécula de  $\text{H}_2$ , que possui uma massa de 2u, e compare de novo com a velocidade de escape.

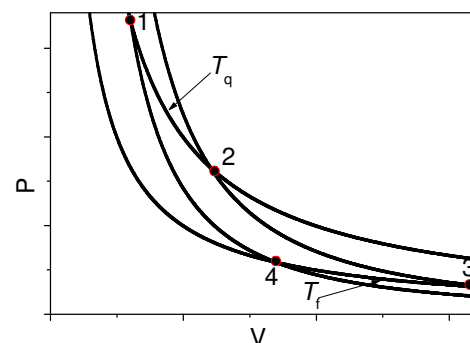
8 Um litro de oxigênio à temperatura de 27°C e a uma pressão de 10 atm se expande de forma reversível e adiabática até quintuplicar de volume. Calcule a temperatura e a pressão final. (para  $\text{O}_2$  vale  $\gamma \approx 1,4$ ). Calcule também o trabalho que o gás realiza nesta expansão.

9 A fig. 1 mostra um ciclo de Carnot realizado com 1 mol de um gás ideal com  $C_V = 3/2R$  ( $R = \text{constante dos gases}$ ).

a) Calcule o calor recebido pelo gás  $Q_q$  no processo  $1 \rightarrow 2$  e o calor cedido no processo  $4 \rightarrow 1$  em termos de  $T_q^{(G)}$ ,  $T_f^{(G)}$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$ , onde  $T^{(G)}$  significa “temperatura na escala dos gases perfeitos”.

b) Usando os resultados do item a) calcule o quociente  $Q_q / Q_f$ . Use agora as propriedades dos processos adiabáticos reversíveis de um gás perfeito para eliminar  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$  neste quociente.

c) Na discussão geral da segunda lei da termodinâmica introduzimos a escala termodinâmica  $T$  de temperatura. Para esta escala vale:



$$\frac{Q_q}{Q_f} = \frac{T_q}{T_f}$$

Discute qual relação existe entre escala termodinâmica e escala dos gases perfeitos.

**10** Um mol de um gás ideal de capacidade térmica molar  $C_V = 3R/2$  faz o seguinte ciclo: (A) uma expansão isotérmica na temperatura  $T_q$  de um reservatório térmico quente levando o volume de um valor inicial  $V_i$  para um valor final  $V_f$  (maior que  $V_i$ ). (B) O gás é posto diretamente em contato com um reservatório térmico frio de temperatura  $T_f$  até atingir a temperatura  $T_f$ . Neste processo o volume fica constante. (C) O gás sofre uma compressão na temperatura  $T_f$  até chegar no volume inicial  $V_i$ . (D) O gás é colocado em contato térmico com o reservatório quente mantendo o volume constante até atingir  $T_q$ . Calcule o rendimento do ciclo e compare o valor com o rendimento de uma máquina de Carnot com as mesmas temperaturas.

**11** Durante uma noite, um casa deve ser aquecida com uma energia térmica de  $1,5 \times 10^8 \text{ J}$ . Uma possibilidade é ligar uma resistência na tomada e fornecer diretamente esta energia. Outra alternativa é a seguinte: Usa-se energia elétrica da tomada para mover um motor que move uma bomba de calor. Esta bomba bombeia calor do exterior da casa para dentro da casa. Calcule o gasto de energia elétrica nesta alternativa supondo que a bomba de calor atua aproximadamente como um ciclo de Carnot invertido entre as temperaturas  $T_f = 10^\circ \text{C}$  e  $T_q = 30^\circ \text{C}$  e que o motor elétrico converte toda a energia elétrica sem perdas em energia mecânica.