



Departamento de Física  
Universidade de Aveiro

# Termodinâmica e Transferência de Calor

1º Semestre – Ano Lectivo 2022/23

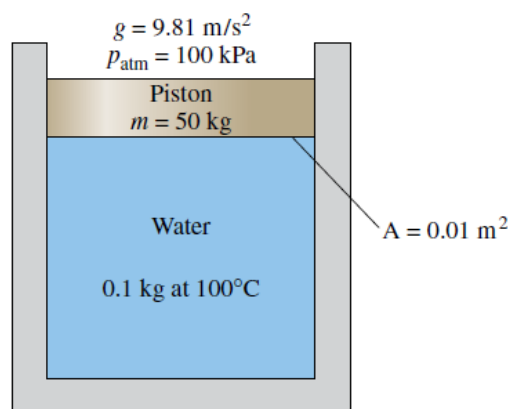
Problemas: 3ª série

1. Um tanque de  $1 \text{ m}^3$  contém uma mistura bifásica líquido-vapor de dióxido de carbono a  $-17^\circ\text{C}$ . O parâmetro de qualidade da mistura é de 70%. Para dióxido de carbono saturado a  $-17^\circ\text{C}$ ,  $v_f = 0.9827 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$  e  $v_g = 1.756 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Determine as massas de líquido saturado e vapor saturado, cada uma em kg. Qual é a percentagem do volume total ocupado pelo líquido saturado?

Solução:  $m_g = 55.62 \text{ kg}$ ,  $m_l = 23.84 \text{ kg}$ , 2.34%

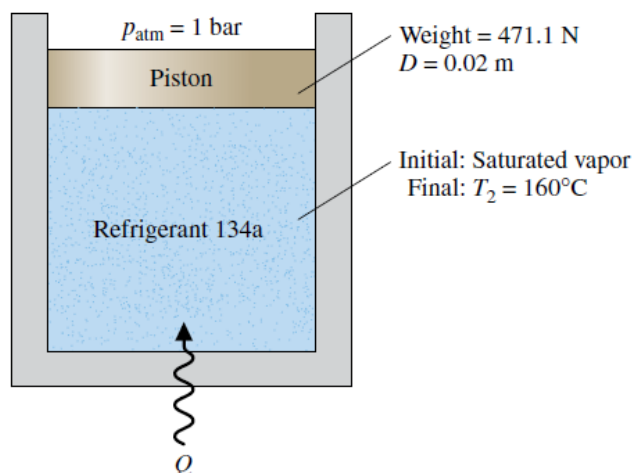
2. A Figura ao lado mostra um sistema vertical pistão-cilindro contendo  $0.1 \text{ kg}$  à temperatura de  $100^\circ\text{C}$ . O pistão pode deslizar sem atrito nas paredes do cilindro. A pressão atmosférica local e a aceleração da gravidade são  $100 \text{ kPa}$  e  $9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , respectivamente. Determine a pressão, em kPa, e o volume, em  $\text{cm}^3$ , da água.

Soluções:  $p = 149 \text{ kPa}$ ,  $V = 104.35 \text{ cm}^3$



3. O sistema pistão-cilindro mostrado ao lado contém refrigerante 134a, inicialmente como vapor saturado. O refrigerante é aquecido lentamente até a sua temperatura atingir  $160^\circ\text{C}$ . Durante o processo, o pistão move-se suavemente sem atrito no cilindro. Calcule o trabalho realizado pelo refrigerante, em kJ/kg.

Solução:  $w = 12.9 \text{ kJ/kg}$ .



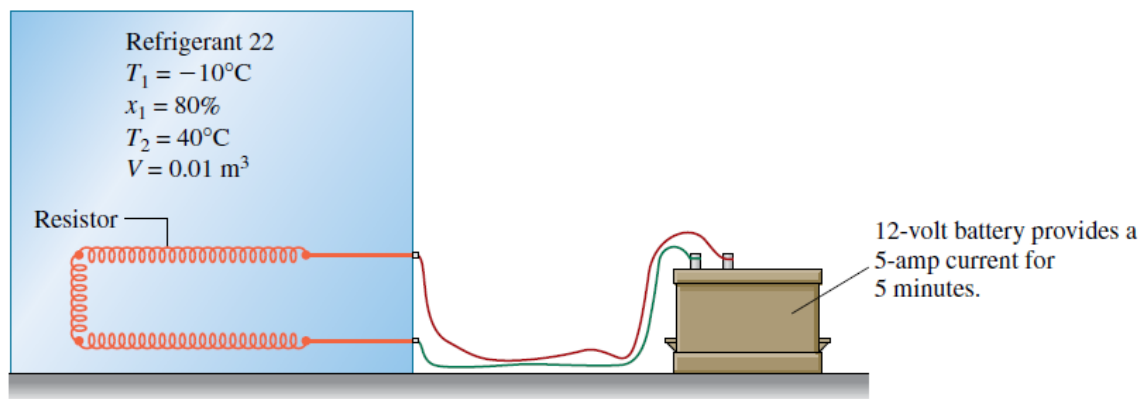
4. Um recipiente rígido e fechado contém vapor de água saturado à pressão de 4 bar. A água é aquecida até a sua temperatura atingir  $400^\circ\text{C}$ . Determine o calor transferido para a água, em kJ por kg.

Solução:  $Q/m = 407.6 \text{ kJ/kg}$ .

5. Um tanque rígido e bem isolado contém 1.5 kg de Refrigerante 134a, inicialmente uma mistura bifásica líquido-vapor com parâmetro de qualidade de 60% e temperatura de  $0^\circ\text{C}$ . Uma resistência eléctrica transfere energia para o conteúdo do tanque a uma taxa de 2 kW até que o tanque contenha apenas vapor saturado. Localize os estados inicial e final do refrigerante num diagrama  $T - v$  e determine o tempo durante o qual o refrigerante foi aquecido.

Solução:  $\Delta t = 59.4 \text{ s}$ .

6. Conforme mostrado na Figura em baixo, um tanque rígido fechado, de volume igual a  $0.01 \text{ m}^3$ , está cheio com uma mistura bifásica de Refrigerante 22, inicialmente a  $-10^\circ\text{C}$  e com parâmetro de qualidade de 80%. Uma bateria de 12 volts fornece uma corrente de 5 amperes a um resistor de um fio fino, durante por 5 minutos, aquecendo a mistura. Se a temperatura final do refrigerante for  $40^\circ\text{C}$ , determine a transferência de calor, em kJ, entre o refrigerante e o ambiente.

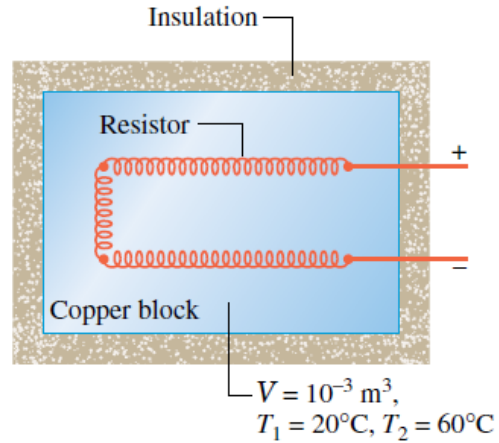


$$Q = -5.54 \text{ kJ}.$$

7. Um sistema pistão-cilindro contém propano, inicialmente a  $27^\circ\text{C}$ , pressão de 1 bar e com volume de  $0.2 \text{ m}^3$ . O propano sofre uma compressão até à pressão final de 4 bar, durante o qual a relação pressão-volume é  $pV^{1.1} = \text{constante}$ . Calcule o trabalho e a transferência de calor, cada um em kJ.

*Soluções:*  $W = -26.8 \text{ kJ}$ ,  $Q = -0.101 \text{ kJ}$ .

8. A figura mostra um bloco de cobre isolado que recebe energia a uma taxa de 100 W através de uma resistência nele embutida. Se o bloco tiver um volume de  $10^{-3} \text{ m}^3$  e uma temperatura inicial de  $20^\circ\text{C}$ , quanto tempo levará, em minutos, para atingir a temperatura  $60^\circ\text{C}$ ? Os dados para cobre são fornecidos na Tabela A-19.



*Solução:*  $\Delta t = 22.9 \text{ min}$ .

9. Um tanque rígido fechado está cheio de um gás ideal, inicialmente a  $27^\circ\text{C}$  e pressão manométrica de 300 kPa. O gás é aquecido e a pressão manométrica no estado final é de 367 kPa. Determine a temperatura final, em  $^\circ\text{C}$ . A pressão atmosférica local é de 1 atm.

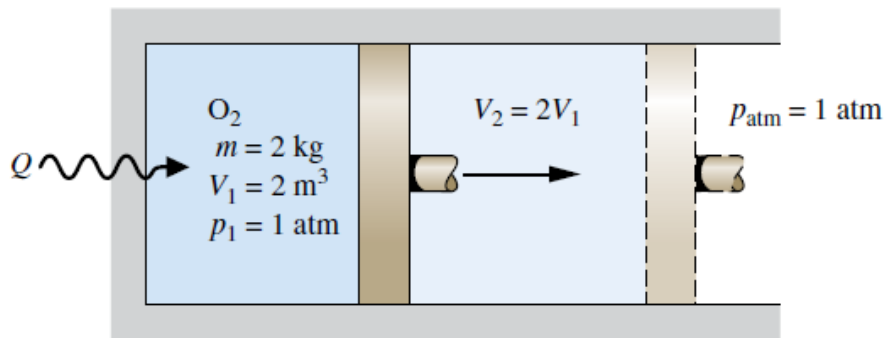
*Solução:*  $T_f = 77.15^\circ\text{C}$ .

10. Determine a massa total de azoto ( $\text{N}_2$ ), em kg, necessária para encher os quatro pneus de um veículo, cada um a uma pressão manométrica de 180 kPa a uma temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . O volume de cada pneu é de  $0,6 \text{ m}^3$  e a pressão atmosférica é de 1 atm.

Dado: Da tabela A-1, o ponto crítico do azoto é  $T_c = 126 \text{ K}$  e  $p_c = 33.9 \text{ bar}$ .

*Solução:*  $m = 7.62 \text{ kg}$ .

11. A câmara do cilindro representado na figura em baixo contém 2 kg de oxigênio. O volume e a pressão iniciais são  $2 \text{ m}^3$  e 1 bar, respectivamente. O oxigênio recebe calor (é aquecido) a pressão constante até que o seu volume duplique. Determine a transferência de calor para o processo, em kJ, supondo que a razão de calores específicos seja constante,  $\kappa = 1.35$



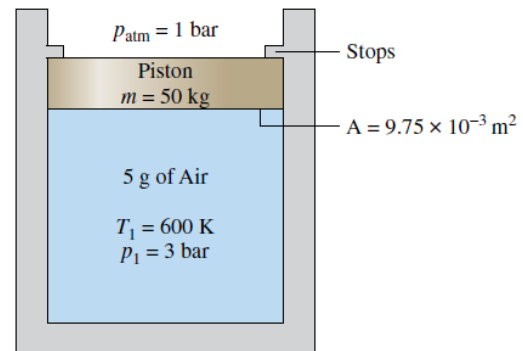
Solução:  $Q = 771.2 \text{ kJ}$ .

**12.** Um sistema pistão-cilindro equipado com uma roda de pás girando lentamente contém 0.13 kg de ar, inicialmente a 300 K. O ar passa por um processo de pressão constante até uma temperatura final de 400 K. Durante o processo, a energia é gradualmente fornecida ao ar por transferência de calor na quantidade de 12 kJ. Assumindo o modelo de gás ideal com  $\kappa = 1.4$ , determine, em kJ:

- a) o trabalho realizado (a) pela roda de pás sobre o ar;
- b) o trabalho realizado pelo ar para deslocar o pistão.

Solução: a) -1.06 kJ,      b) 3.73 kJ.

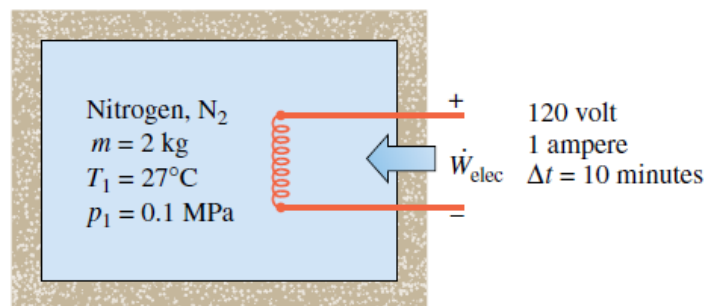
**13.** A câmara do cilindro representado na figura contém 5 g de ar que pressiona o pistão contra os batentes. O ar, inicialmente a 3 bar, 600 K, é arrefecido lentamente até que o pistão se comece mover para baixo no cilindro. O ar comporta-se como um gás ideal,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , e o atrito é desprezável. Determine de calor transferido para a vizinhança, em kJ.



Sugestão: Se necessário use dados da tabela A-22.

Solução:  $Q = -1.1 \text{ kJ}$ .

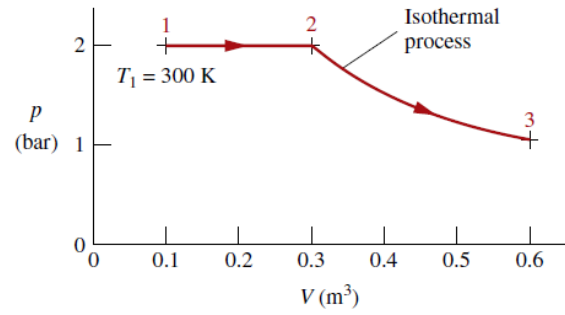
**14.** Um tanque, com paredes rígidas e adiabáticas, contém 2 kg de azoto ( $\text{N}_2$ ), inicialmente à temperatura de 300 K e pressão de 1 bar. Durante um período de 10 minutos, a resistência é sujeita a uma tensão constante de 120 volts, sendo percorrida por uma corrente constante de 1 ampere. Assumindo o comportamento do gás ideal e desprezando a massa da resistência, determine a temperatura final do azoto, em K, e a pressão final, em bar.



Solução:  $T_f = 348.4 \text{ K}$        $p_f = 1.16 \text{ bar}$ .

**15.** A figura mostra dois processos sofridos por ar contido numa câmara expansível. Assumindo que o ar se comporta como um gás ideal, determine o trabalho e a transferência de calor para todo o processo, em kJ/kg.

*Solução:*  $W/m = 351.2 \text{ kJ/kg}$        $Q/m = 811.7 \text{ kJ/kg}$ .



**16.** Uma massa de ar contida num sistema fechado executa o ciclo de potência representado na figura. Assumindo que o ar se comporta como um gás ideal, determine a eficiência do ciclo.

*Solução:*  $\eta = \frac{W_{cycle}}{Q_{in}} = 0.204 \text{ (20.4\%)}$

