



Departamento de Física  
Universidade de Aveiro

# Termodinâmica e Transferência de Calor

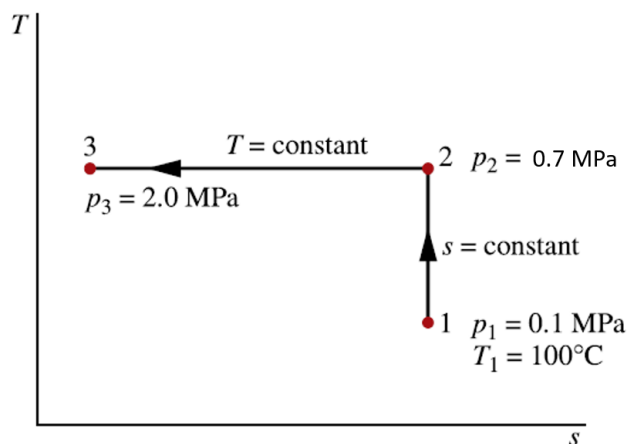
1º Semestre – Ano Lectivo 2022/23

Problemas: 5ª série

1. Um kg de água sofre dois processos reversíveis internos em série conforme mostrado na Figura. Para cada processo, determine, em kJ, a transferência de calor e o trabalho.

*Sugestão: Consulte as tabelas A2, A3 e A4.*

*Soluções:*  $W_{12} = -320.95 \text{ kJ}$ ,  $Q_{12} = 0$ ,  
 $Q_{23} = -310.45 \text{ kJ}$ ,  $W_{23} = -286.64 \text{ kJ}$



2. Um sistema consistindo de 2 kg de água inicialmente à temperatura de  $160^\circ\text{C}$ , e à pressão de 10 bar, sofre uma expansão isotérmica internamente reversível durante a qual há transferência de 2700 kJ por calor para o sistema. Determine a pressão final, em bar, e o trabalho, em kJ.

*Sugestão: Consulte a tabela A2.*

*Soluções:*  $W = 242.2 \text{ kJ}$ ,  $p_2 = 6.18 \text{ bar}$

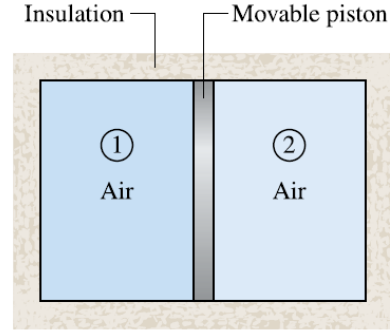
3. Um tanque rígido e isolado, com volume de  $0.2 \text{ m}^3$ , contém ar, inicialmente à pressão de 4 bar e temperatura de  $40^\circ\text{C}$ . O tanque está equipado com uma roda de pás que agita o ar até a sua temperatura atingir  $353^\circ\text{C}$ . Assumindo o modelo de gás ideal com  $\kappa = 1.4$ , determine:

- a pressão final, em bar;
- o trabalho, em kJ;
- a quantidade de entropia produzida, em kJ/K.

*Soluções:* a)  $p_2 = 8 \text{ bar}$       b)  $W = -200 \text{ kJ}$       c)  $\sigma = 0.443 \text{ kJ/K}$

4. Conforme mostrado na figura ao lado, uma caixa isolada é dividida em duas partes por um pistão (parede móvel). O pistão é um bom condutor térmico e pode deslizar sem atrito. Inicialmente, de um

$$\begin{aligned} V_1 \text{ initial} &= 1.0 \text{ m}^3 \\ T_1 \text{ initial} &= 300 \text{ K} \\ P_1 \text{ initial} &= 3 \text{ bar} \end{aligned}$$



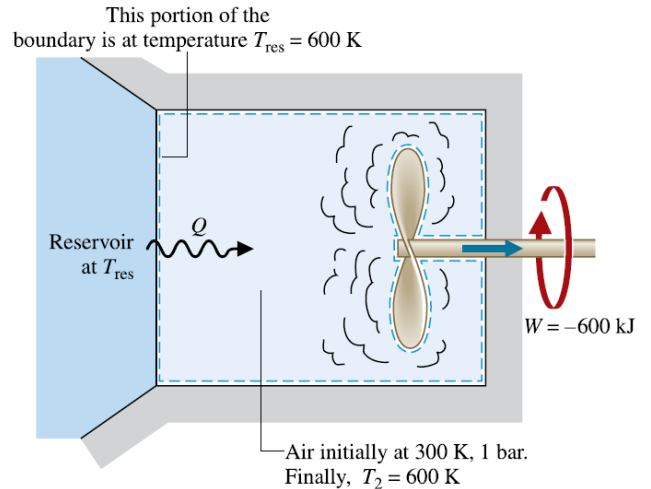
$$\begin{aligned} V_2 \text{ initial} &= 1.0 \text{ m}^3 \\ T_2 \text{ initial} &= 300 \text{ K} \\ P_2 \text{ initial} &= 1.5 \text{ bar} \end{aligned}$$

lado do pistão há  $1.0 \text{ m}^3$  de ar a  $400 \text{ K}$ , e à pressão de  $3 \text{ bar}$ , e, do outro lado, há  $1.0 \text{ m}^3$  de ar a  $400 \text{ K}$ , à pressão de  $1,5 \text{ bar}$ . O pistão é libertado e o equilíbrio é alcançado, sem o pistão sem qualquer mudança de estado. Utilizando o modelo de gás ideal para o ar, determine:

- a temperatura final do ar, em K;
- a pressão final do ar, em bar;
- a quantidade de entropia produzida, em kJ/K.

Solução: a)  $T = 400 \text{ K}$       b)  $p_{\text{final}} = 2.25 \text{ bar}$       b)  $\sigma = 0.064 \text{ kJ/K}$

5. Um tanque rígido e fechado contém  $5 \text{ kg}$  de ar, inicialmente à temperatura de  $300 \text{ K}$  e à pressão de  $1 \text{ bar}$ . O tanque está em contacto com um reservatório térmico a  $600 \text{ K}$ , enquanto uma roda de pás realiza um trabalho de  $600 \text{ kJ}$  sobre o ar. Quando o sistema atinge o equilíbrio térmico com o reservatório, a roda de pás pára. Sabendo que o ar pode ser modelado como um gás ideal com  $c_v = 0.733 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ , determine a quantidade de entropia transferida para o ar e a quantidade de entropia produzida, cada uma em kJ/K.



Soluções:  $Q = 499.5 \text{ kJ}$ ,  $\int_1^2 \left( \frac{\delta Q}{T} \right)_b = 0.8325 \text{ kJ/K}$ ,  $\sigma = 01.708 \text{ kJ/K}$

6. Uma barra cilíndrica de comprimento  $L$ , isolada na superfície lateral, tem uma extremidade em contacto com uma parede à temperatura  $T_H$  e a outra extremidade em contacto com outra parede a uma temperatura mais baixa  $T_C$ . A temperatura ao longo da barra varia linearmente

com a posição  $x$ :

$$T(x) = T_H - \left( \frac{T_H - T_C}{L} \right) x.$$

A barra é então isolada nas suas extremidades e deixa-se atingir um estado de equilíbrio final com temperatura  $T_f$ .

- a) Calcule a temperatura final  $T_f$  em função de  $T_H$  e de  $T_C$ .
- b) Mostre que a geração de entropia é dada pela seguinte expressão

$$\sigma = mc \left( 1 + \ln T_f + \frac{T_C}{T_H - T_C} \ln T_C - \frac{T_H}{T_H - T_C} \ln T_H \right),$$

onde  $c$  é o calor específico da barra.