



Termodinâmica e Estrutura da Matéria
(LEGM, MEC)

2012-2013

Problemas – Aula 2

Carlos Augusto Santos Silva
carlos.santos.silva@ist.utl.pt

Versão 1.0
24-2-2013

Calor e trabalho

Problema 1

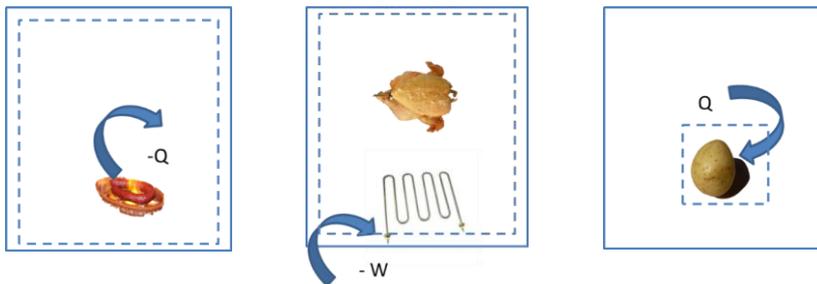
Considere os seguintes sistemas:

- um forno com paredes bem isoladas a assar um chouriço num assador a álcool;
- um forno com paredes bem isoladas a grelhar um frango com uma resistência elétrica de 2kW;
- uma batata a 25° C a assar dentro de um forno elétrico a 200° C com paredes bem isoladas;

Indique em qual dos sistemas temos os seguintes processos a decorrer:

- Processo adiabático;
- Absorção de calor;
- Consumo de trabalho;

Solução: i)=a) / ii)=c) / iii)=b)



O sistema i) tem a decorrer um processo adiabático porque não há trocas de calor com o exterior.

O sistema ii) tem a decorrer um processo consumo de trabalho elétrico elétrico. É trabalho porque o processo de aquecimento não é feito entre a temperatura do forno e a temperatura exterior

O sistema iii) – a batata – tem a decorrer um processo de absorção de calor entre a batata (25°C) e o ar do forno (200°C)

Problema 2

Uma caixa de gelo (0°C) é colocada dentro de uma fritadeira bem isolada cheia de óleo. Todo o sistema está em equilíbrio térmico inicialmente. A resistência elétrica da fritadeira (2kW) é ligada durante 6 minutos. Passado algum tempo, observa-se que todo o sistema continua a 0°C, mas parte do gelo dentro da caixa derreteu. Descreva

as interações de trabalho considerando os seguintes sistemas:

- Fritadeira sem a caixa de gelo
- Caixa de gelo
- Fritadeira e caixa de gelo

Solução:

Sistema a) Fritadeira sem caixa de gelo [B-A]. Neste caso, o sistema recebe trabalho através da resistência eléctrica no valor de:

$$W_{B-A} = \dot{W} \times \Delta t = 2\text{kW} \times 360\text{s} = 720\text{kWs} = -720\text{kJ}$$

Esse trabalho vai aquecer o óleo até uma temperatura $T_1 > 0^\circ\text{C}$ e de seguida vai haver uma troca de calor entre o sistema da fritadeira sem óleo [B-A] e o sistema da caixa de gelo [A].

$$Q_{B-A} = -720\text{kJ}$$

Sistema b) Este sistema vai receber calor do sistema B-A. Não existe troca de trabalho

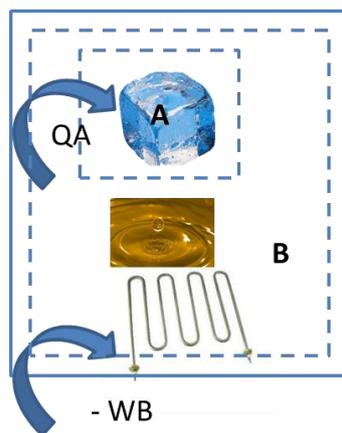
$$Q_A = 720\text{J}$$

$$W_A = 0\text{J}$$

O sistema c) Fritadeira incluindo a caixa de gelo, irá apenas receber trabalho do exterior. Não existe troca de calor entre o sistema e o seu exterior.

$$W_C = \dot{W} \times \Delta t = 2\text{kW} \times 360\text{s} = 720\text{kWs} = -720\text{kJ}$$

$$Q_C = 0\text{J}$$



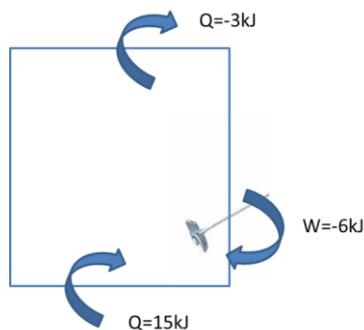
Commented [JR1]: Porque é que passa a negativo? Eu faço os balanços de outra forma. Tenho alinhar a convenção de sinais com o Carlos

Problema 3

Um recipiente fechado com água recebe do exterior 15kJ. Um pequeno misturador mecânico que agita o seu interior consome 6kJ. As perdas de calor para o exterior são de 3kJ. Qual a variação total da energia da água dentro do recipiente?

Solução: A variação de energia no sistema é dada pela quantidade de energia que é recebida do exterior e a quantidade de energia que é fornecida ao exterior. Considera-se que não há variação de energia potencial nem de energia cinética. Ou seja, neste caso é a diferença entre o calor e o trabalho:

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W = 15 - 3 + 6 \text{ kJ} = 18 \text{ kJ}$$



Commented [JR2]: Eu faço os balanços de outra forma. Tenho alinhar a convenção de sinais com o Carlos

Mudança de fase**Problema 4**

Um tanque rígido contém 10kg de água a 90°C. Se 8kg de água estiverem no estado líquido e o resto estiver no vapor, determine a pressão e o volume do tanque.

Nota: A pressão de saturação a 90°C é de 70,14kPa e os volumes específicos de líquido saturado e valor saturado de água a 90 °C são $1,036 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ e $2,361 \text{ m}^3/\text{kg}$ respectivamente.

Solução:

A pressão de saturação é constante durante o processo de mudança de fase, por isso $P=70,14\text{kPa}$.

Em relação ao volume, temos que o volume absoluto é igual $V=mv = m_f v_f + m_g v_g$. No caso particular da mudança de fase, temos que 8kg estão no estado líquido, logo $m_f v_f = 8 \times 1,036 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ e 2kg estão no estado gasoso, logo $m_g v_g = 2 \times 2,361 \text{ m}^3$. No total temos um volume de $4,73 \text{ m}^3$.

Gases perfeitos

Problema 5

- a) Qual o volume ocupado por uma mole de gás à pressão atmosférica e à temperatura de 0°C?

Solução:

a) Assumindo que estamos a falar do gás ideal, temos que $V = NRT/P$.
Para $N=1$, $T=273,15\text{K}$, $P=101325\text{Pa}$ e $R=8,3145$, temos que $V=0,0224\text{m}^3$, ou seja $V=22,4\text{L}$.

Problema 6

Um kg de ar sofre um ciclo termodinâmico que consiste em 3 processos:

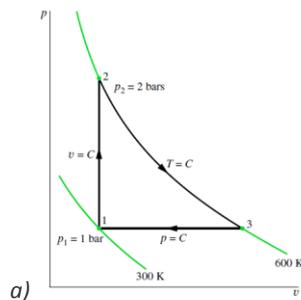
- 1→2: processo volume constante
2→3: expansão a temperatura constante
3→1: compressão a pressão constante

No estado 1, a temperatura é de 300K e a pressão é de 1 bar. No estado 2, a pressão é de 2 bar. Utilizando a equação de gases perfeitos:

- a) Desenhe o diagrama PV;
b) Determine a temperatura no estado 2 em K;
c) Determine o volume específico no estado 3 em m^3/kg .

Nota: $R_{\text{ar}}=0,2870\text{kJ}/(\text{kgK})=R/M_{\text{ar}}=8,3145/28,97\text{kJ}/(\text{kgK})$

Solução:



$$b) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Leftrightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 V_1} \Leftrightarrow T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} \Leftrightarrow T_2 = 600\text{K}$$

c)

$$T_3 = T_2 = 600\text{K}$$

$$P_3 = P_1 = 1\text{bar} = 100\text{kPa}$$

$$v_3 = \frac{R_{\text{ar}} T_3}{P_3} \Leftrightarrow v_3 = \frac{R_{\text{ar}} T_3}{P_3} \Leftrightarrow v_3 = 1,72\text{ m}^3/\text{kg}.$$