

TERMODINÂMICA FÍSICA
1º Teste

Justifique cuidadosamente as suas respostas e apresente detalhadamente todos os cálculos que efectuar.

1. [5.0 val] O coeficiente de dilatação linear é definido por

$$\alpha = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT} .$$

- (a) [1.5 val] Mostre que se um objecto tem comprimento L_i a uma dada temperatura inicial de referência, o seu comprimento quando a temperatura varia ΔT é dado aproximadamente por

$$L_f = L_i(1 + \alpha\Delta T) .$$

- (b) [1.5 val] Mostre que se o coeficiente de expansão linear for constante, o comprimento final L_f é dado por

$$L_f = L_i \exp(\alpha\Delta T) .$$

- (c) [1.0 val] Mostre que a expressão aproximada é válida no limite de α pequeno.

- (d) [1.0 val] Calcule o erro causado pela aproximação no caso de uma barra metálica de comprimento $L_i = 1$ m quando a temperatura aumenta de 100°C se: i) $\alpha = 2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ (valor típico para um metal); e ii) $\alpha = 2 \times 10^{-2} \text{ K}^{-1}$ (valor irrealista muito elevado).

2. [5.0 val] Numa experiência arrefece-se hélio líquido, inicialmente a $T_H = 1.0 \text{ K}$, colocando o sistema em contacto com um sal paramagnético que está inicialmente a uma temperatura $T_S < T_H$. A capacidade calorífica do hélio líquido é dada por $C_H = aT^3$, onde $a = 128 \times 10^{-3} \text{ J K}^{-4}$, enquanto a do sal é dada por $C_S = bT^{-2}$, com $b = 15 \times 10^{-3} \text{ J K}$. Assuma que a mistura está isolada do exterior e que não se realiza trabalho sobre o sistema.

- (a) [2.5 val] Qual deve ser a temperatura inicial do sal, T_S , se a temperatura final do sistema for $0,5 \text{ K}$?

- (b) [2.5 val] Calcule a variação de entropia do universo durante o processo.

Nota: comece por apresentar o resultado em termos de a e b , tendo substituído os valores das temperaturas e só depois faça o cálculo final.

3. [5.0 val] Considere um gás ideal que sofre uma transformação entre dois estados de equilíbrio termodinâmico i e f .

- (a) [2.0 val] Parta da primeira lei da termodinâmica para mostrar que, numa transformação reversível, a variação de entropia entre i e f é dada por

$$\Delta S = nC_V \ln \left(\frac{P_f V_f^\gamma}{P_i V_i^\gamma} \right) ,$$

onde $\gamma = C_P/C_V$.

- (b) [1.0 val] Será a expressão acima válida também para transformações irreversíveis?
(c) [1.0 val] Mostre que numa transformação adiabática reversível num gás ideal se tem

$$PV^\gamma = \text{constante} .$$

- (d) [1.0 val] Será a expressão acima válida também para transformações adiabáticas irreversíveis num gás ideal?
4. [5.0 val] Um cilindro com um pistão está isolado do exterior e cheio com hélio. Inicialmente o gás ocupa um volume de 2 litros, à pressão de 10^5 Pa e temperatura de 300 K. O pistão comprime o gás adiabaticamente até ao volume de 1 litro. Em seguida o gás volta a 300 K numa transformação a volume constante. Finalmente, o sistema é levado de volta à situação inicial por uma transformação isotérmica a 300 K. Assuma que o gás se comporta como um gás ideal e que todas as transformações são reversíveis.
- (a) [1.0 val] Represente o ciclo nos diagramas P-V e T-S
(b) [3.0 val] Calcule as variações de energia interna, calor trocado e trabalho em cada troço do ciclo e no ciclo completo.
(c) [1.0 val] Calcule a eficiência de uma máquina que opere segundo este ciclo e compare com a eficiência de uma máquina de Carnot que opere entre as temperaturas extremas.

- Constantes e factores de conversão

$$k_B = 1,38 \times 10^{23} \text{ J/K} \quad ; \quad R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} \quad ; \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2$$