

### **Lista de Exercícios 4**

1. A velocidade com que pequenas ondas de pressão se deslocam em um fluido compressível é denominada de velocidade do som,  $a$ , definida por:

$$a^2 = \left( \frac{dp}{d\rho} \right)_s$$

em que  $\rho = 1/v$  é a densidade do fluido (inverso do volume específico). Demonstre a validade das seguintes relações:

- a.  $a^2 = \frac{v c_p}{\beta_T c_v}$
- b.  $a = (\gamma R T)^{1/2}$  para um gás ideal ( $R$  é a constante do gás).
2. Mostre que as compressibilidades isotérmica e adiabática se relacionam por:  $\beta_T = \beta_S + \frac{T v \alpha^2}{c_p}$
3. A equação de estado de um cilindro de borracha é:  $F = a T \left[ \frac{L}{L_0} - \left( \frac{L_0}{L} \right)^2 \right]$ , sendo  $a$  uma constante e  $L_0$  o seu comprimento em repouso (função apenas da temperatura  $T$ ). Demonstre que:
- a.  $\left( \frac{\partial U}{\partial L} \right)_T = a T^2 \alpha_0 \left[ \frac{L}{L_0} + 2 \left( \frac{L_0}{L} \right)^2 \right]$ , onde  $\alpha_0 = \frac{1}{L_0} \frac{dL_0}{dT}$  é o coeficiente de dilatação linear do cilindro a uma força de tração  $F$  nula.
- b. Sabendo que para a borracha a 293 K,  $a = 4,86 \times 10^{-3}$  N/K e  $\alpha_0 = 2 \times 10^{-4}$  K<sup>-1</sup>, avalie  $(\partial U / \partial L)_T$  para valores de  $L/L_0$  na faixa 1,0–3,0. Comente os resultados obtidos.
4. Avalie  $\left. \frac{\partial T}{\partial p} \right|_s$  para a água a 20°C.
5. Um fio metálico com massa  $m = 10$  g e área transversal  $A = 1$  mm<sup>2</sup> tem comprimento  $L = 100$  cm a uma temperatura de  $T = 293$  K quando submetido a uma força de tração  $F = 100$  N. Determine o comprimento que ele alcançará quando submetido a um processo de tração reversível e adiabático, sem mudança de volume, até uma força de 500 N. São dados:
- Coeficiente de dilatação linear a força de tração constante:  $\alpha_F = \frac{1}{L} \left( \frac{\partial L}{\partial T} \right)_F = 9,5 \times 10^{-6}$  K<sup>-1</sup>
  - Módulo de Young isotérmico:  $E = \frac{L}{A} \left( \frac{\partial F}{\partial L} \right)_T = 2,0 \times 10^{11}$  Pa
  - Calor específico a força de tração constante:  $c_F = \left( \frac{\partial h}{\partial T} \right)_F = 0,52$  kJ/kg·K, onde  $h$  é a entalpia específica do material, em kJ/kg.

***Data de entrega:*** 3 de julho de 2025.