

$R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.08314 \text{ bar dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ atm} = 1.01 \text{ bar}$ $1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$
 $H = U + PV$ $pV^\gamma = \text{cte. (gás perfeito, processo adiabático reversível, } C_p \text{ e } C_v \text{ constantes)}$

4. Exalar ar durante o processo de respiração envolve empurrar o ar contra a pressão atmosférica. Um adulto médio exala cerca de 0.5 dm^3 de ar quando expira. Imagine que o ar exalado é admitido num cilindro fechado com um êmbolo, e desloca o êmbolo de 0.5 dm^3 contra a atmosfera. **a)** Calcule o trabalho associado ao processo. **b)** Se um trabalho equivalente fosse utilizado para elevar um garrafão de água de 7 L, a que altura seria possível elevar o garrafão? $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g cm}^{-3}$ $E_{\text{pot}} = m g h$
 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

a) Podemos calcular o trabalho de expansão envolvido utilizando a expressão

$$w_{pv} = - \int P_{\text{ext}} dV$$

Como P_{ext} é constante, vem:

$$w_{pv} = - \int P_{\text{ext}} dV = - P_{\text{ext}} \int dV = - P_{\text{ext}} \Delta V = - 1.01 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^{-3} = - 51 \text{ J}$$

em que P vem em Pa e ΔV em m^3 , cujo produto dá J. Desta vez, tomámos a pressão exterior como 1 atm, e convertemo-la em bar, antes da passagem a Pa.

O trabalho é negativo porque é realizado pelo sistema – nós - a exalar ar contra o exterior.

b) Parece-nos que o valor calculado é baixo, mas vejamos o que permite fazer em termos de elevação de um garrafão de água de 7 L, utilizando a expressão

$$w = E_{\text{pot}} = m g h$$

Sabemos que 7 L de água pesam 7 kg:

$$7 \text{ L} = 7 \text{ dm}^3 = 7000 \text{ cm}^3$$

$$7000 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ g cm}^{-3} = 7000 \text{ g} = 7 \text{ kg}$$

Atenção que agora dispomos de um pacote de energia de 51 J em módulo para realizar trabalho sobre a água. Vamos aumentar a energia potencial da água ao elevá-la, pelo que w neste processo é positivo:

$$w = + 51 \text{ J} = 7 \times 9.81 \times h$$

Utilizando apenas unidades do sistema SI, não há dúvida de que o resultado vem em m:

$$h = 51 / (7 \times 9.81) = 0.74 \text{ m} = 74 \text{ cm}$$

Esta é mais ou menos a altura standard de uma mesa de trabalho, o que ajuda a perspectivar a magnitude do trabalho envolvido no processo de respiração.