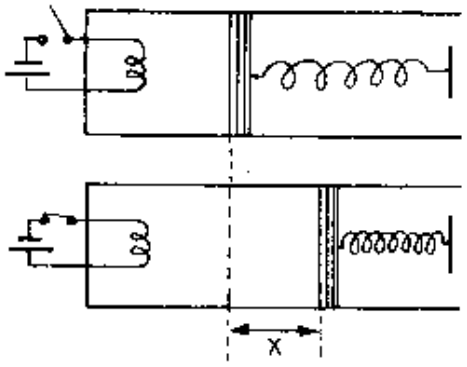
10.98. A hőszigetelt hengerben 2 dm^3 100 kPa nyomású, 0 °C hőmérsékletű levegő van. A súrlódásmentesen mozgó, 50 cm^2 keresztmetszetű dugattyút tartó rugó rugóállandója $100 \frac{N}{m}$. A bezárt levegőt 10 W teljesítményű fűtőelemmel fűtjük.

a) Mekkora hőmérsékletre kell felmelegíteni a levegőt, hogy a rugó 5 cm-t nyomódjon össze?

b) Mennyi időre kell ehhez bekapcsolni a fűtőelemet?



(A levegő sűrűsége 0 °C-on, 100 kPa nyomáson $1{,}3 \frac{kg}{m^3}$, fajhője állandó nyomáson $1000 \frac{J}{kg \cdot K}$, állandó térfogaton $700 \frac{J}{kg \cdot K}$.)

Megoldás:

10.98. $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3; $p_1 = 10^5$ Pa; $T_1 = 273$ K; $A = 5 \cdot 10^{-3}$ m^2; $D = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$; $P = 10$ W; $x = 5 \cdot 10^{-2}$ m; $\varrho_1 = 1{,}3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $c_\text{p} = 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$; $c_\text{v} = 700 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$.

a) Feltételezzük, hogy kezdetben a rugó feszítetlen állapotban van, a külső nyomás egyenlő a gáz nyomásával.

A melegítés végén $p_2 = p_\text{k} + \frac{D \cdot x}{A} = 1{,}01 \cdot 10^5$ Pa, $V_2 = V_1 + A \cdot x = 2{,}25 \cdot 10^{-3}$ m^3.

A gáztörvényből $\underline{\underline{T_2}} = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{p_1 \cdot V_1} = \underline{\underline{310{,}2 \text{ K}}}$.

b) A felvett hőmennyiség ($Q = P \cdot t$) növelte a gáz belső energiáját ($\Delta E = Q_\text{v}$), és fedezte a rugó összenyomására fordított munkát.

Összegezve: $P \cdot t = c_\text{v} \cdot m \cdot \Delta T + \frac{D}{2} \cdot x^2 = 67{,}7 \text{ J} + 0{,}125 \text{ J}$, $m = \varrho_1 \cdot V_1 = 2{,}6 \cdot 10^{-3}$ kg.

A melegítés ideje: $\underline{\underline{t}} = \frac{Q}{P} = \underline{\underline{6{,}8 \text{ s}}}$.