

Megoldás. *a)* A higany elhelyezkedésétől függően más-más módon változik a táguló levegő nyomása. Az 1. ábrán a folyamat néhány jellemző pillanatát tüntettük fel. Kezdetben (1) a levegő térfogata $V_1 = L \cdot A = V_0$, nyomása

$$p_1 = p_0 + \varrho g \cdot 2L = 2p_0$$

(ϱ a higany sűrűsége). Amikor a higany éppen teljesen kitölti a vízszintes csövet (2), a bezárt levegő térfogata $V_2 = 2V_0$, nyomása pedig

$$p_2 = p_0 + \varrho g \cdot L = 1,5 p_0.$$

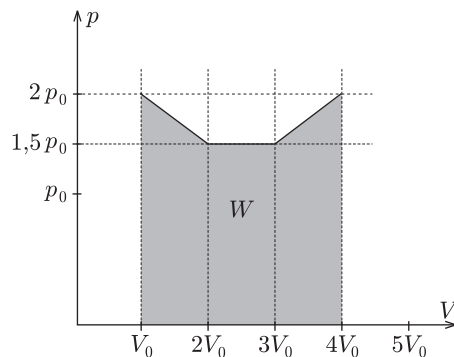
A (3) állapotban a higany alsó vége éppen elérte a vízszintes csődarabot, a levegő állapotjelzői ekkor $V_3 = 3V_0$, illetve

$$p_3 = p_0 + \varrho g \cdot L = 1,5 p_0.$$

A folyamat végén (4), amikor a higany éppen átfolyt a felső függőleges csőbe, a gáz térfogata $V_4 = 4V_0$, nyomása pedig

$$p_4 = p_0 + \varrho g \cdot 2L = 2 p_0.$$

Az egyes szakaszokon a levegő nyomása (amely a külső légnyomás és a függőleges higanyoszlop hidrosztatikai nyomásának összegével egyezik meg) a térfogatváltozással arányosan változik, a folyamat tehát a $p - V$ diagramon három egyenes szakasszal ábrázolható (2. ábra). A táguló levegő W munkáját a $p(V)$ görbe alatti terület adja. Ez – mint az ábráról leolvasható – két trapéz és egy téglalap területének összege, nagysága $W = 5p_0V_0$.



2. ábra

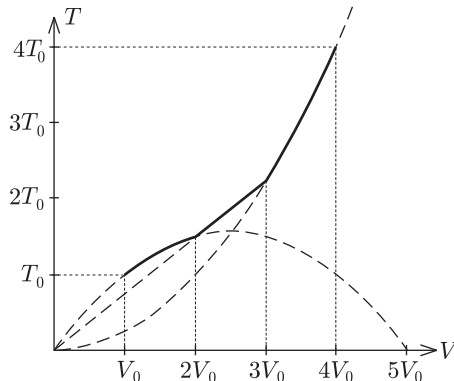
b) A levegő belső energiája bármely állapotban az $E = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2}pV$ képlet felhasználásával számítható. A folyamat során tehát a táguló levegő belső energiája $\Delta E = \frac{5}{2}(p_4V_4 - p_1V_1) = \frac{5}{2}(2p_0 \cdot 4V_0 - 2p_0V_0) = 15p_0V_0$ értékkel emelkedik. Mivel az I. főtétele szerint a teljes hőfelvétel

$$Q = \Delta E + W = 20p_0V_0,$$

a kérdéses arány

$$\frac{\Delta E}{Q} = \frac{15p_0V_0}{20p_0V_0} = 0,75.$$

A levegővel közölt hőnek tehát 75%-a növelte a belső energiát.



3. ábra

c) MÉRJÜK A TÉRFOGATOT V_0 , A NYOMÁST PEDIG p_0 EGYSÉGEKBE! A 2. ábrán látható $p(V)$ függvény szakaszonként a következő lineáris függvényekkel adható meg:

$$p_{[1 \rightarrow 2]}(V) = \frac{5 - V}{2}, \quad p_{[2 \rightarrow 3]}(V) = \frac{3}{2}, \quad p_{[3 \rightarrow 4]}(V) = \frac{V}{2}.$$

A gáztörvény szerint

$$T = \frac{1}{nR} pV = \text{állandó} \cdot p(V) \cdot V.$$

Ha a hőmérsékletet a kezdőállapotnak megfelelő T_0 egységekben mérjük, akkor a fenti képletben szereplő állandó $1/2$ kell legyen. A levegő hőmérséklete a térfogat függvényében tehát:

$$T_{[1 \rightarrow 2]}(V) = \frac{(5 - V)V}{4}, \quad T_{[2 \rightarrow 3]}(V) = \frac{3V}{4}, \quad T_{[3 \rightarrow 4]}(V) = \frac{V^2}{4}.$$

Ennek megfelelően a hőmérséklet a térfogat függvényében egy olyan görbe (3. ábra), amely egy lefelé nyitott parabolából, egy egyenes szakaszból és egy felfelé nyitott parabolából rakható össze.

() Szécsi Zsuzsanna (Szolnok, Verseggy F. Gimn., 9. o.t.) és Rácz Judit (Szekszárd, Garaz J. Gimn., 11. o.t.) dolgozata alapján

