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

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

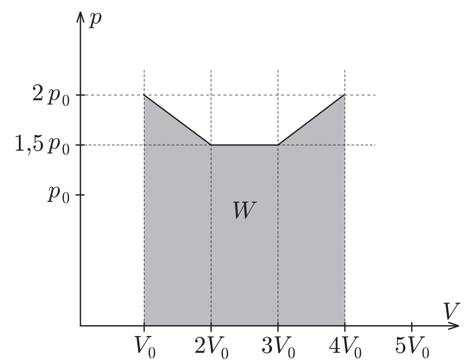
A (3) állapotban a higany alsó vége éppen elérte a vízszintes csődarabot, a levegő állapotjelzői ekkor $V_3 = 3V_0$, illetve

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

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

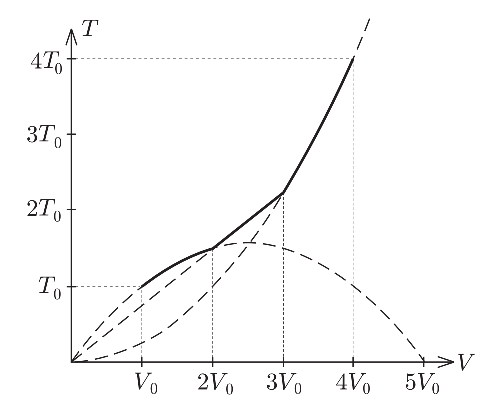
b) A levegő belső energiája bármely állapotban az $E = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2}pV$ képlet felhasználásával számítható. A folyamat során tehát a táguló levegő belső energiája $\Delta E = \frac{5}{2}(p_4V_4 - p_1V_1) = \frac{5}{2}(2p_0 \cdot 4V_0 - 2p_0V_0) = 15\, p_0V_0$ értékkel emelkedik. Mivel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

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

a kérdéses arány

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

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



3. ábra

c) Mérjük a térfogatot V_0, a nyomást pedig p_0 egységekben! A *2. ábrán* látható $p(V)$ függvény szakaszonként a következő lineáris függvényekkel adható meg:

$$p_{[1\to2]}(V)=\frac{5-V}{2},\qquad p_{[2\to3]}(V)=\frac{3}{2},\qquad p_{[3\to4]}(V)=\frac{V}{2}.$$

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:

$$T_{[1\to2](V)}=\frac{(5-V)V}{4},\qquad T_{[2\to3](V)}=\frac{3V}{4},\qquad T_{[3\to4](V)}=\frac{V^2}{4}.$$

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, Verseghy F. Gimn., 9. o.t.) és *Rácz Judit* (Szekszárd, Garaz J. Gimn., 11. o.t.) dolgozata alapján