

**Megoldás.** A henger fala jó hővezető, ezért a gáz hőmérséklete a kezdeti állapotban és a végállapotban is ugyanakora, a külső hőmérséklettel egyezik meg. Mivel a folyamatban a gáz mennyisége és hőmérséklete változatlan, a belső energiája sem változik meg.

Az oxigéngázból, a dugattyúból és a fémhengerből álló rendszer összenergiája annyit változik, amennyit a dugattyú helyzeti energiája változik a folyamat során. A fonál elszakadása után a dugattyú akkor kerül egyensúlyba, ha az oxigéngáz  $p_1$  nyomása és a külső légnyomás által kifejtett erő eredője egyensúlyt tart a dugattyú súlyával:

$$(p_0 - p_1)A = mg.$$

Másrészt a hőmérséklet állandósága miatt érvényes a Boyle–Mariotte-törvény:

$$p_0 \cdot \ell_0 A = p_1 \cdot (\ell_0 + x)A,$$

ahol  $x$  a dugattyú lesüllyedése a kezdeti és az új egyensúlyi állapot között.

A fenti két egyenletből  $x$  kifejezhető, majd a dugattyú helyzeti energiájának változása is kiszámítható:

$$x = \frac{\ell_0}{\frac{p_0 A}{mg} - 1} = \frac{1,12 \text{ m}}{\frac{10^5 \cdot 0,02}{60 \cdot 9,81} - 1} = 0,47 \text{ m},$$

$$\Delta E_{\text{összes}} = \Delta E_{\text{helyzeti}} = -mgx = -60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,47 \text{ m} = -276 \text{ J}.$$

A rendszer összenergiája tehát a fonál elszakadása és az új egyensúlyi állapot beállta között 276 J-lal *csökken*.

*Megjegyzések.* 1. A megoldás során nem vettük figyelembe, hogy az oxigéngáz tömegközéppontja is mélyebbre kerül, tehát a gáz helyzeti energiája is lecsökken. Ez a változás azonban a kiszámított  $\Delta E$ -hez képest elhanyagolhatóan kicsi.

2. A fonál elszakadása után a dugattyú (nem harmonikus) rezgőmozgásba kezd. Ez a rezgés (jóllehet a dugattyú sűrűdésmentesen mozog) lassan csillapodik, ennek oka a légellenállás és az oxigéngáz belső súrlódása.

3. Sok versenyző a  $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  közelítő értékkel számolt, és így a  $\Delta E = -288 \text{ J}$  eredményt kapta. Ennél a gyakran használt közelítésnél azonban nincs értelme a végeredményt 3 jegyre, vagy még annál is pontosabban megadni!

Régen, amikor a szorzásokat kézzel, vagy – esetleg – fejben végezték, még könnyítést jelentett az említett közelítés, manapság azonban már szinte semmivel nem nehezebb egy zsebszámológépbe a 9,81-es számot beütni, mint 10-zel számolni.

(Gnädig Péter, fizikus szerkesztő)