

**Megoldás.** Amikor a gáz hirtelen kitégűl, nem végez munkát, és mivel hőközlés sem történik, a hőtan első főtétele szerint a belső energiája is változatlan marad. Emiatt – az ideális gáznak tekintett – nitrogén hőmérséklete sem változhat meg, a kitégűlt állapotban is 300 K lesz. A gáz állapotjelzői tehát a kitégűlt állapotban:

$$T_1 = 300 \text{ K},$$

$$V_1 = 0,02 \text{ m}^3,$$

a nyomása pedig a Boyle–Mariotte-törvény szerint az eredeti érték fele,

$$p_1 = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

A gáz adiabatikus (hőközlés nélküli) összenyomása után a térfogat ismét az eredeti

$$V_2 = 0,01 \text{ m}^3$$

lesz, a nyomást pedig a  $pV^\kappa = \text{állandó}$  adiabatikus állapotegyenletből számíthatjuk ki. A kitevőben szereplő  $\kappa$  szám kifejezhető a gázmolekulák szabadsági fokainak számával ( $f$ ), illetve az állandó nyomáson és állandó térfogaton mérhető fajhőkkel. Nitrogénre  $f = 5$ , tehát  $\kappa = \frac{f+2}{f} = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ . Eszerint

$$p_1 \cdot V_1^{1,4} = p_2 \cdot V_2^{1,4},$$

ahonnan

$$p_2 = p_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{1,4} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 2^{1,4} \approx 6,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

A gáz hőmérséklete az összenyomás után az egyesített gáztörvény szerint

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = \frac{6,6}{2,5} \cdot \frac{0,01}{0,02} \cdot 300 \text{ K} \approx 396 \text{ K}.$$

A nitrogéngáz belső energiája az

$$E = \frac{f}{2} pV$$

állapotegyenletből számolható. Az összenyomás során a belső energia növekedése:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 4,0 \text{ kJ}.$$

Mivel az összenyomás adiabatikusan történt, a gázon a környezete éppen  $\Delta E$  munkát kellett végezzen. Ennek a munkának egy részét azonban nem „mi” (a kísérletet végrehajtók) végezzük, hanem a külső légnyomás, amely

$$p_0(V_1 - V_2) = 10^5 \text{ Pa} \cdot (0,02 \text{ m}^3 - 0,01 \text{ m}^3) = 1,0 \text{ kJ}$$

munkával „segíti” a gáz összenyomását. Az „általunk” végzendő munka tehát csak 3,0 kJ.

*Megjegyzés.* Ha a kísérletet ismételten végre akarjuk hajtani, akkor bal oldali részből ki kell szivattyúznunk a levegőt, amit 1,0 kJ munkával tehetünk meg. Ezt az „előleget” fizeti vissza a légkör, amikor besegít a gáz ismételt összenyomásába.