

A közlekedőedénybe zárt nitrogéngáz nyomása egyensúlyt tart a higany hidrosztatikai nyomásával és a külső légnyomással. A teljes folyamat, amely során a nitrogén hőmérséklete 0°C-ról 100°C-ra emelkedik, három részfolyamatra osztható:

1993-5-234-3.png

a) Az első szakaszban a hőkölés hatására a gáz tágul, ezáltal a jobb és bal oldali higanyoszlopok szintkülönbsége nő, de a higany még nem csordul ki a közlekedőedény nyitott végén. Ahhoz, hogy a higany még éppen ne csorduljon ki, a gáz akkora térfogattal tágulhat, amekkora a higanyoszlop tetejéről hiányzó  $A_2 L_0$  térfogat. A gázoszlop hossza tehát a folyamat végén  $L_2 = L_1 + (A_2/A_1) \cdot L_0$ . Ha a gázoszlop magassága  $x$ -szel nő, akkor a higanyoszlop magassága a másik szárban megnő  $(A_1/A_2)x$  értékkel. A higany szintek különbsége, és így a gáz nyomása is lineárisan függ a gáz térfogatától. Emiatt a gáz által végzett tágulási munkát úgy számíthatjuk, mintha a gáz nyomása a kezdeti és végállapotú nyomás számtani közepe lenne:

$$W_1 = \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}[p_0 + (L_1 - L_0)\rho_{Hg}g + p_0 + L_2\rho_{Hg}g] \cdot (L_2 - L_1)A_1.$$

Az adatokat behelyettesítve:  $W_1 = 42,44$  J.

b) A második szakaszban a táguló gáz folyamatosan nyomja ki a higanyt a csőből. Ez a szakasz addig tart, amíg a gázoszlop magassága  $L$  nem lesz. A fentihez hasonló módon itt is könnyen belátható, hogy a gáz nyomása lineáris függvénye a térfogatnak, így most is számolhatunk a nyomások számtani közepével, mint átlagnyomással:

$$W_2 = \frac{p_2 + p_3}{2}(V_3 - V_2) = \frac{1}{2}[p_0 + L_2\rho_{Hg}g + p_0 + L\rho_{Hg}g](L - L_2)A_1 = 46,52$$
 J.

A két folyamatban közölt hő:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \Delta E_b + W_1 + W_2 = \frac{f}{2}(nRT_3 - nRT_1) + W_1 + W_2 = \\ &= \frac{f}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) + W_1 + W_2 = 692,16$$
 J.

c) A harmadik részfolyamatban a nitrogén elkezd kiborékolni a közlekedőedényből. A folyamat izobár, s mivel a gázok hőkapacitása állandó nyomáson

$$C_p = \frac{f+2}{2}nR = \frac{f+2}{2} \cdot \frac{pV}{T}$$

alakban is felírható (ez utóbbi változó mólszám esetén is érvényes!), így

$$dQ = C_p dT = \frac{f+2}{2} \cdot \frac{pV}{T} dT.$$

A harmadik folyamatban közölt hő tehát ( $p$  és  $V$  állandóságát kihasználva):

$$Q_2 = \int dQ = \frac{f+2}{2} \cdot pV \int_{T_3}^{373K} \frac{dT}{T},$$

azaz

$$Q_2 = \frac{f+2}{2} \cdot pV \cdot \ln\left(\frac{373\text{ K}}{T_3}\right) = \frac{f+2}{2} \cdot (p_0 + L\rho_{Hg}g)A_1L \cdot \ln\left(\frac{373\text{ K}}{T_3}\right),$$

$$T_3 = \frac{T_1 p_3 V_3}{p_1 V_1} = 366,75\text{ K},$$

ahonnan

$$Q_2 = 55,83\text{ J}.$$

(Közelítőleg ugyanezt az eredményt kapjuk, ha az integrálás helyett úgy számoljuk ki a változó tömegű gázzal közölt hőt, hogy a kezdeti és a végső mólszám számtani közepét megszorozzuk a mólhővel és a hőmérsékletváltozással.)

Az összes közölt hő  $Q = Q_1 + Q_2 = 748$  J. Az eredeti és a folyamat végén megmaradt tömegek aránya megegyezik a mólszámok arányával:

$$\frac{n_4}{n_3} = \frac{T_3 p_4 V_4}{T_4 p_3 V_3},$$

de mivel  $p_3 = p_4$  és  $V_3 = V_4$ , ezért  $\frac{n_4}{n_3} = \frac{T_3}{T_4} = 98,3\%$ .