

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 higanyszintek különbsége, és így a gáz nyomása is lineárisan függ a gáz térfogattól. 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: $W_1 = 42,44 \text{ J}$.

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:

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

A két folyamatban közölt hő:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \Delta E_b + W_1 + W_2 = \frac{f}{2} (nRT_3 - nRT_1) + W_1 + W_2 = \\ &= \frac{f}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) + W_1 + W_2 = 692,16 \text{ J}. \end{aligned}$$

c) A harmadik részfolyamatban a nitrogén elkezd kibuborékolni 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):

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

azaz

$$Q_2 = \frac{f+2}{2} \cdot pV \cdot \ln \left(\frac{373 \text{ K}}{T_3} \right) = \frac{f+2}{2} \cdot (p_0 + L \rho_{Hg} g) A_1 L \cdot \ln \left(\frac{373 \text{ K}}{T_3} \right),$$

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

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 $Q = Q_1 + Q_2 = 748 \text{ J}$. 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 $\frac{n_4}{n_3} = \frac{T_3}{T_4} = 98,3\%$.

Doka Gyula (Gyöngyös, Berze Nagy J. Gimn. IV. o. t.)

Nyúl László (Kecskemét, Katona J. Gimn. IV. o. t.)