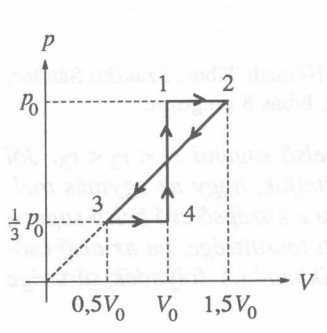


A körfolyamat  $p - V$  diagramja az *ábrán* látható.



A gáz belső energiája

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

s mivel nemesgázokra  $f = 3$ , fennáll, hogy

$$E = \frac{3}{2} pV.$$

Az egyetlen számszerűen adott adat az, hogy a  $2 \rightarrow 3$  folyamat során a gáz „hőfelvétele”:

$$Q_{2-3} = -16 \text{ kJ}.$$

Mivel eközben a gáz belső energiájának megváltozása

$$\Delta E_{2-3} = E_3 - E_2 = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{1}{3} p_0\right) \left(\frac{1}{2} V_1\right) - \frac{3}{2} p_0 \left(\frac{3}{2} V_0\right) = -2 p_0 V_0,$$

a gázon végzett munka pedig

$$W_{2-3} = p_{\text{átlag}} \cdot \Delta V = \frac{1}{2} \left(p_0 + \frac{1}{3} p_0\right) \cdot (1,5 V_0 - 0,5 V_0) = \frac{2}{3} p_0 V_0,$$

az első főtétel értelmében

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

ahonnan

$$-2 p_0 V_0 = -16 \text{ kJ} + \frac{2}{3} p_0 V_0,$$

azaz

$$p_0 V_0 = 6 \text{ kJ}.$$

Innen már adódnak a többi részfolyamatokra vonatkozó hőfelvételek:

$$Q_{4-1} = \Delta E_{4-1} = \frac{3}{2} p_0 V_0 - \frac{3}{2} \left(\frac{1}{3} p_0\right) V_0 = p_0 V_0 = 6 \text{ kJ},$$

$$Q_{1-2} = \Delta E_{1-2} - W_{1-2} = \frac{3}{2} p_0 \cdot 0,5 V_0 + p_0 \cdot 0,5 V_0 = \frac{5}{4} p_0 V_0 = 7,5 \text{ kJ},$$

$$Q_{3-4} = \Delta E_{3-4} - W_{3-4} = \frac{3}{2} \left(\frac{1}{3} p_0\right) (0,5 V_0) + \left(\frac{1}{3} p_0\right) (0,5 V_0) = 2,5 \text{ kJ}.$$

A körfolyamat során felvett hőmennyiségek előjeles összege:

$$\sum Q = (7,5 - 16 + 2,5 + 6) \text{ kJ} = 0.$$

Ezt az eredményt a  $p - V$  diagramról számolás nélkül is leolvashattuk volna. Igaz ugyanis, hogy egy teljes körfolyamat során a gáz belső energiája nem változik meg, emiatt a hőátadások előjeles összege a gáz által végzett munkák előjeles összegével egyenlő, ez utóbbi pedig a  $p - V$  diagramon látható két háromszög területének különbsége, tehát nulla.

*László Adrienn* (Bonyhád, Petőfi S. Gimn., II. o. t.) és  
*Nagy Péter* (Eger, Lenkey J. Ált. Isk., 8. o. t.) dolgozata alapján