

Jelöljük a bezárt gáz paramétereit a kezdőállapotban p_1, V_1, T_1 -gyel, a végállapotban p_2, V_2, T_2 -vel! A kiinduló állapotban a dugattyúk egyensúlyban vannak, tehát

$$(1) \quad p_1 A_1 = mg + K + p_0 A_1$$

$$(2) \quad K + p_0 A_2 = mg + p_1 A_2,$$

ahol K a kötélben ébredő erő, A_1 a felső (nagyobb), A_2 pedig az alsó dugattyú keresztmetszete. Ezekből K -t kiküszöbölve kapjuk, hogy

$$(3) \quad p_1 = p_0 + \frac{2mg}{A_1 - A_2}.$$

Láthatjuk, hogy a melegítés során a nyomás állandó marad ($p_1 = p_2$), így a dugattyúk felfelé mozdulnak el.

1987-04-179-1.eps

Felírva az állapotegyenletet a kezdő és végállapotra :

$$p_1 V_1 = NkT_1 \quad \text{és} \quad p_1 V_2 = NkT_2,$$

majd ebből $(T_2 - T_1)$ -et kifejezve

$$T_2 - T_1 = \frac{p_1(V_2 - V_1)}{NK}$$

adódik, ahonnan $V_2 - V_1 = b \cdot (A_1 - A_2)$ felhasználásával kapjuk, hogy a hőmérséklet-változás

$$T_2 - T_1 = \frac{b}{NK} \cdot [p_0 \cdot (A_1 - A_2) + 2 \cdot mg] = 1,2 \text{ K.}$$

Izobár folyamat lévén, a szükséges hő

$$Q = cm^{\text{gáz}}(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \frac{k}{m_0} \cdot Nm_0(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} NK(T_2 - T_1) = 25 \text{ J.}$$

A belső energia megváltozása:

$$E_2 - E_1 = c_v m^{\text{gáz}}(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} NK(T_2 - T_1) \approx 15 \text{ J,}$$

a végzett munka pedig

$$W = p_1(V_2 - V_1) = p_0 b(A_1 - A_2) + 2mgb = 10 \text{ J.}$$

Természetesen a belső energia megváltozása, a közölt hő és a végzett munka között – az első főtétel értelmében – fennáll a

$$Q = \Delta E + W$$

összefüggés.

Megjegyzés. A kitűzésnél az ábra – sajnos – fejjel lefelé, fordítva jelent meg. Ebben az állásban a rendszer csak akkor lehetne egyensúlyban, ha a belső nyomás kisebb lenne a külső légnyomásnál. A hiba – mivel a szöveg egyértelműen utalt arra, hogy a felső dugattyú a nagyobb – nem okozott félreértést a megoldásnál.