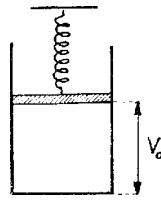


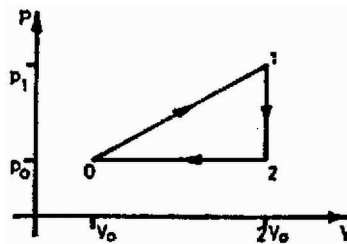
A körfolyamat első szakaszában a V térfogatú gázra az összenyomott rugó által kifejtett erő Dx , ahol $x = \frac{V - V_0}{A}$, D a rugóállandó, A a dugattyú keresztmetszete és V_0 a gáz kezdeti térfogata.



A folyamat során a gáz nyomásának térfogatfüggése:

$$(1) \quad p(V) = p_0 + \frac{D}{A^2}(V - V_0),$$

ahol p_0 a külső légnyomás. Látható, hogy a nyomás a térfogat lineáris függvénye. Az ábrán felrajzoltuk a (p, V) síkon a teljes körfolyamatot.



Vizsgáljuk a 0-1 szakaszt!

A környezet által végzett munka a 0-1 szakasz alatti területtel egyenlő:

$$(2) \quad W_{01} = -\frac{p_1 + p_0}{2}V_0,$$

ahol (1) felhasználásával az 1-es pontban a nyomás:

$$(3) \quad p_1 = p_0 + \frac{D}{A^2}V_0.$$

A belsőenergia változás $\Delta U_{01} = C_V(T_1 - T_0)$, ahol T_1 a gáz hőmérséklete az 1-es pontban, C_V pedig a gáz hőkapacitása állandó térfogaton. Az állapotegyenlet alapján T_0 és T_1 kiszámítható:

$$(4) \quad T_1 - T_0 = \frac{p_1V_1 - p_0V_0}{C_p - C_V} = \frac{p_0V_0 + 2DV_0^2/A^2}{C_p - C_V}.$$

Az I. főtétel alapján ezen a szakaszon a hőfelvétel:

$$(5) \quad Q_{01} = \Delta U_{01} - W_{01}.$$

Behelyettesítve:

$$Q_{01} = \frac{\kappa}{\kappa - 1}p_0V_0 + \frac{DV_0^2}{A^2} \left(\frac{2}{\kappa - 1} + \frac{1}{2} \right), \quad \text{ahol } \kappa = C_p/C_V.$$

Az 1-2 folyamat során térfogatváltozás nincs, a munkavégzés zérus, és a gáz hőt ad le.

A körfolyamat utolsó szakaszán a munkavégzés:

$$(6) \quad W_{20} = -p_0(-V_0) = p_0V_0,$$

és a gáz ismét hőt ad le.

A teljes ciklus során a gáz által végzett hasznos munka:

$$(7) \quad W = -W_{01} - W_{20} = \frac{1}{2}(p_1 - p_0)V_0.$$

Közben a rendszer Q_{01} nagyságú hőt vesz fel, így a hatásfok:

$$(8) \quad \eta = \frac{W}{Q_{01}}.$$

A (3), (5) és (7) egyenletet felhasználva:

$$(9) \quad \eta = \frac{1}{1 + \frac{4}{\kappa - 1} + \frac{\kappa}{\kappa - 1} \frac{2A^2 p_0}{DV_0}}.$$

Az egyatomos hélium gázra:

$$\kappa = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3},$$

így a hatásfok:

$$\eta = \frac{1}{7 + 5 \frac{p_0 A^2}{DV_0}}.$$

Látható, hogy $\eta < \frac{1}{7}$.

Ritli Tibor (Szolnok, Verseghy F. Gimn., II. o. t.)