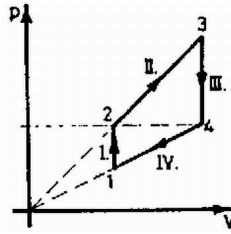


A hatások a hasznos munka és a gázzal közölt hőmennyiség hányadosa:

$$\eta = \frac{W_h}{Q_{\text{fel}}}$$



1. ábra

Az I. és a III. folyamat során nem történik munkavégzés, mert ezek állandó térfogaton mennek végbe. A II. folyamatban a gáz végez munkát, a IV-ben pedig mi végzünk a gázon munkát. A munkavégzés nagysága mindkét esetben a görbe alatti területtel egyenlő.

Az I. folyamat állandó térfogaton megy végbe, ezért alkalmazható Gay-Lussac II. törvénye:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Mint hogy  $T_2 = 2T_1$ , ezért  $p_2 = 2p_1$ . A II. és IV. folyamat során a nyomás és a térfogat hányadosa állandó:

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_4}{V_4}$$

és  $p_4 = p_2 = 2p_1$  miatt  $V_3 = 2V_1$ ,

$$\frac{p_2}{V_1} = \frac{p_3}{V_3}$$

továbbá  $p_2 = 2p_1$  és  $V_3 = 2V_1$  miatt  $p_3 = 4p_1$ .

A gázon végzett munka:

$$W_{\text{II}} = -\frac{2p_1 + 4p_1}{2}(V_3 - V_1) = -3 p_1 V_1, \quad W_{\text{IV}} = \frac{p_1 + 2p_1}{2}(V_3 - V_1) = 1,5 p_1 V_1,$$

így a hasznos munka:

$$W_h = -W_{\text{II}} - W_{\text{IV}} = 3 p_1 V_1 - 1,5 p_1 V_1 = 1,5 p_1 V_1.$$

A hőtan I. főtétele szerint  $\Delta U = Q + W$ , tehát az I. folyamatban felvett hő

$$Q_1 = \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{f}{2} NkT_2 - \frac{f}{2} NkT_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1,$$

mert  $p_2 = 2p_1$ ,  $V_2 = V_1$ , és az egyatomos gáz szabadsági fokainak száma  $f = 3$ .

A II. folyamatban

$$Q_{\text{II}} = \Delta U - W_{\text{II}} = U_3 - U_2 - W_{\text{II}} = \frac{3}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_2 V_2 + 3p_1 V_1 = 12 p_1 V_1.$$

A III. és IV. folyamatban a gáz ad le hőt, tehát

$$Q_{\text{fel}} = Q_1 + Q_{\text{II}} = 13,5 p_1 V_1,$$

a hatások pedig

$$\eta = \frac{W_h}{Q_{\text{fel}}} = \frac{1,5 p_1 V_1}{13,5 p_1 V_1} = \frac{1}{9} \approx 11\%.$$