

Elemezzük végig a körfolyamat egyes szakaszait, s közben a szemléletesség kedvéért ábrázoljuk p - V diagramon is. Az 1–2 szakaszon a m tömegű ideális gáz hőmérséklete T_1 -ről T_2 -re nő állandó térfogat mellett. A végzett munka

$$(1a) \quad W_{12} = 0,$$

a belső energia változása

$$\Delta U_{12} = c_V m (T_2 - T_1).$$

Az első főtétel alapján a hőfelvétel:

$$(1b) \quad Q_{12} = \Delta U_{12} - W_{12} = c_V m (T_2 - T_1).$$

A 2–3 szakaszon állandó T_2 hőmérsékleten a térfogatot V_1 -ről V_2 -re növeljük. Az izotermikus szakaszon $\Delta U_{23} = 0$, így az első főtétel alapján

$$(2) \quad Q_{23} = -W_{23}$$

hőfelvétel történik. A végzett munka a p - V diagramon a megfelelő görbeszakasz alatti terület (-1) -szerese (a külső erők munkája negatív):

$$(2a) \quad W_{23} = \int_{V_1}^{V_2} (m/M) R T_2 (dV/V) = -(m/M) R T_2 \ln(V_2/V_1).$$

Az utolsó, 3–1 szakaszt a V - T diagramon egy, az origón áthaladó egyenes szemlélteti. A folyamat során ezért T/V állandó

$$(3) \quad T/V = T_1/V_1 = T_2/V_2,$$

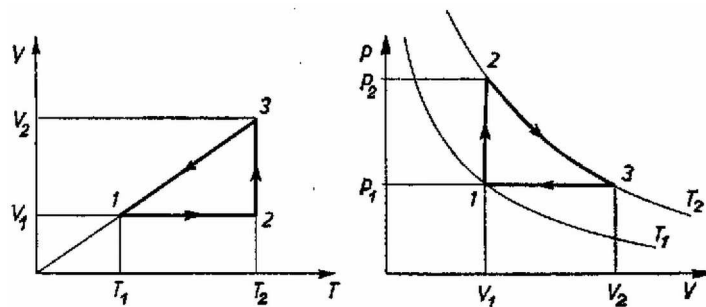
s mivel ideális gázra $(m/M)R(T/V) = p$, ezen a szakaszon a nyomás is állandó. Az izobár változás során

$$(3a) \quad W_{31} = p_1(V_2 - V_1)$$

munkát végzünk, miközben

$$(3b) \quad Q_{31} = -c_p m (T_2 - T_1)$$

hőfelvétel történik ($Q_{31} < 0$: a gáz valójában hőenergiát ad le).



(2), (2a) és (3) alapján Q_{23} kifejezhető a hőmérsékletekkel:

$$(2b) \quad Q_{23} = (m/M) R T_2 \ln(T_2/T_1).$$

A termikus hatásfok

$$(4) \quad \eta = 1 - (Q_{le}/Q_{fel}),$$

ahol a körfolyamat során felvett hő

$$Q_{fel} = Q_{12} + Q_{23},$$

a leadott hő

$$Q_{le} = -Q_{31}.$$

Q_{12} , Q_{23} , és Q_{31} értékeit az (1b), (2b) és (3b) összefüggések alapján behelyettesítve:

$$\eta = 1 - \frac{c_p m (T_2 - T_1)}{c_V m (T_2 - T_1) + (m/M) R T_2 \ln(T_2/T_1)}.$$

Mivel ideális gázra $c_p - c_V = R/M$ (Robert – Mayer-egyenlet):

$$\begin{aligned}
 \eta &= 1 - \frac{c_p(T_2 - T_1)}{c_V(T_2 - T_1) + (c_p - c_V)T_2 \ln(T_2/T_1)} = \\
 (5) \qquad &= 1 - \frac{\gamma(T_2 - T_1)}{T_2 - T_1 + (\gamma - 1)T_2 \ln(T_2/T_1)}.
 \end{aligned}$$

Nyilván ugyanerre az eredményre jutunk, ha a termikus hatásfok (4)-beli definíciója helyett a vele ekvivalens $\eta = W/Q_{\text{fel}}$ definíciót használjuk, ahol $W = -(W_{12} + W_{23} + W_{32})$ a gáz által végzett munka.

(W_{12} , W_{23} , W_{31} a külső erők munkája. Amikor a táguló gáz végez munkát, mint pl. a 2–3 szakaszon, a külső erők munkája negatív érték. Ehhez hasonlóan Q_{12} , Q_{23} , Q_{31} a gáz által felvett hő, hőleadáskor – pl. 3–1 szakasz – a felvett hő negatív.)

Rozlosnik Noémi (Eger, Gárdonyi G. Gimn., II. o. t.)