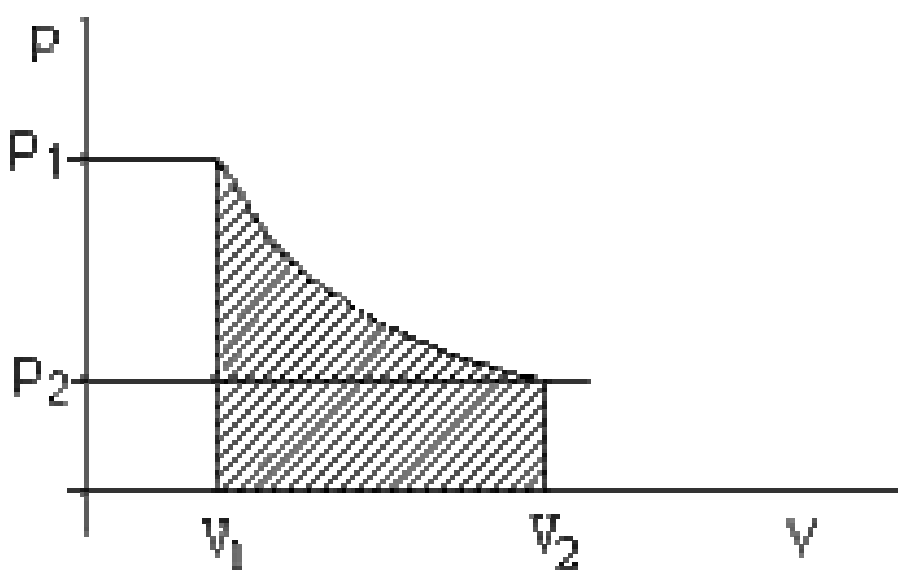


4. A termodinamika I. főtétele

A gáz által végzett **munkát** egy folyamatban a $F \cdot \Delta x = p \cdot A \cdot \Delta x = p \cdot \Delta V$ elemi munkavégzések összegeként kapjuk: ez a p-V diagramon a **görbe alatti terület**:



Két állapot, azaz két (p,V) koordináta-párral jellemzett pont közötti **útvonaltól függ**:

- a gáz által végzett **W munka** és a
- a gázzal közölt **hő** is. (pl. szabad tágulás)

Ezek tehát nem alkalmasak az állapot jellemzésére.

Belső energia: a rendszer összes mozgási és potenciális energiájának összege.

I. főtétele: $\Delta U = Q - W$

A rendszer belső energiájának megváltozása egyenlő a rendszernek átadott hő és a rendszeren végzett munka összegével.

Előjelek (!):

$Q > 0$ ha a rendszernek adunk át hőt

$Q < 0$ ha a rendszerből vonunk ki hőt

$W > 0$ ha a rendszer végez munkát.

$W < 0$ ha a rendszeren végzünk munkát.

ΔU már **nem függ** a két állapotot összekötő **útvonaltól** (a rendszer előéletétől)! Tehát alkalmas az állapot jellemzésére.

Állapotváltozások fajtái:

- **adiabatikus:** $Q = 0$.

Nagyon jól hőszigetelt rendszerben, vagy nagyon gyors folyamat esetén.

- **izochor:** $V = \text{állandó}$, $W = 0$.

Nincs térfogatváltozás és munkavégzés.
Pl. gázhőmérő.

- **izobár:** $p = \text{állandó}$. Ekkor $W = p \cdot \Delta V$.

- **izoterm:** $T = \text{állandó}$.

Ideális gáz esetén ekkor $\Delta U = 0$, az U belső energia csak T -től függ.

- **Ideális gázra** kiszámítható az izochor és az izobár **mólhő** közötti összefüggés.

Egy izobár állapotváltozásnál:

$$\Delta U = n \cdot c_v \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = n \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta W = p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T$$

Az **I. főtétele** szerint: $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$, ebből:

$$c_p = c_v + R.$$

- **Adiabatikus** folyamatnál kiszámítható a **p** és **V** közötti összefüggés ideális gázra:

Q = 0 → az **I. főtétele** szerint: $\Delta U = -W$

$$n \cdot c_v \cdot \Delta T = - p \cdot \Delta V = - n \cdot R \cdot T \cdot \Delta V / V$$

$$\Delta T / T + R / c_v \cdot (\Delta V / V) = 0$$

legyen $\gamma \equiv c_p / c_v$. Ekkor:

$$\Delta T / T + (\gamma - 1) \cdot \Delta V / V = 0$$

Ezt integrálva:

$$\ln(T) + (\gamma - 1) \cdot \ln(V) = \text{állandó}$$

$$\ln(T \cdot V^{\gamma - 1}) = \text{állandó}$$

$$T \cdot V^{\gamma - 1} = \text{állandó}$$

Ebből pedig $pV/T = \text{állandó}$ miatt:

$$p \cdot V^\gamma = \text{állandó}$$

5. A termodinamika II. főtétele

A természetben lejátszódó folyamatok **irányáról** szól. Több megfogalmazása is van:

1) A **hő** mindig a **melegebb** testből a **hidegebb** felé áramlik.

2) A termodinamikai körfolyamatok **hatásfoka** mindig kisebb, mint 100%: $\eta < 1$

3) A rendszerek állapota külső beavatkozás nélkül a **rendezetlenebb** (nagyobb **entrópiájú**) állapot **felé változik** (pl. hőmérséklet-, nyomás-, és sűrűségkülönbségek kiegyenlítése felé).



A természetes termodinamikai folyamatok **irreverzibilisek** (megfordíthatatlanok).

A **reverzibilis** folyamatok ezek határesetei, amikor **kvázi-egyensúlyi** állapotokon keresztül történik a változás.

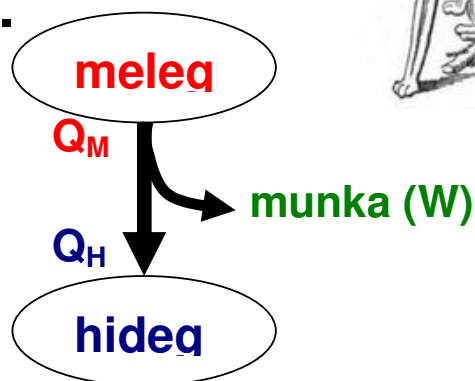
Hőerőgépek:

Melegebb hőtartályból a **hidegebb** felé áramlik a hő, és részben **munkavégzés** is történik.

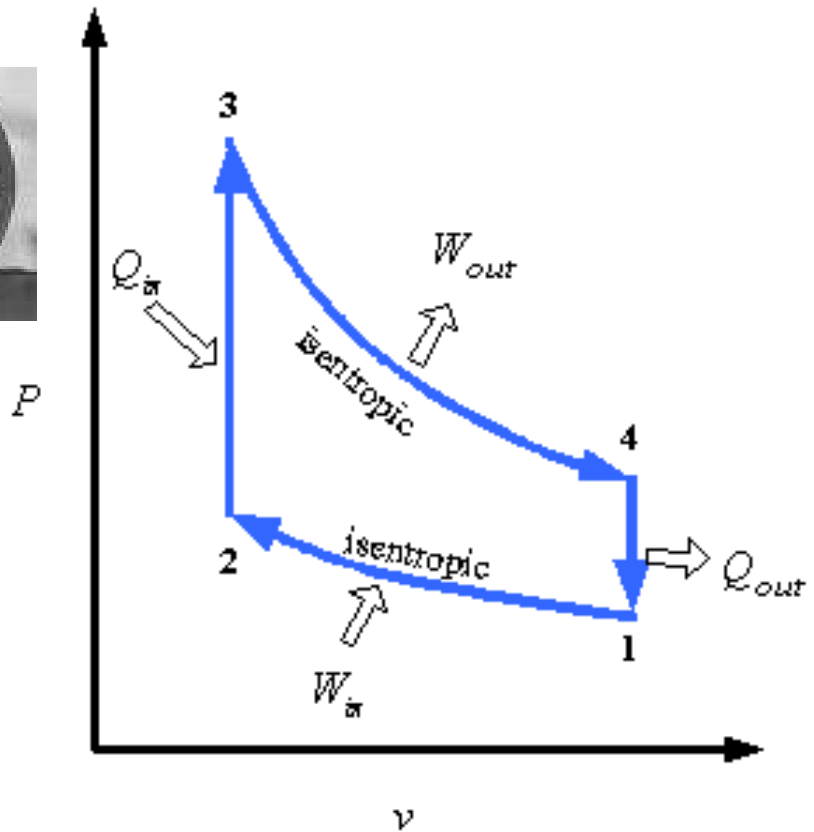
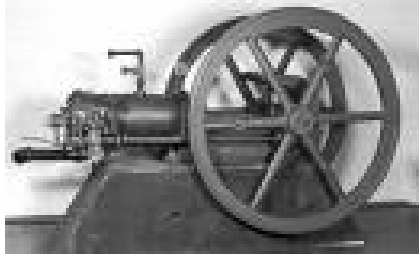
$$W = Q_M + Q_H = |Q_M| - |Q_H|$$

$$\text{hatásfok: } \eta = W/Q_M$$

$Q_H < 0$ mindig fennáll.



Példa: benzinmotoros autók **Otto-ciklusa**



- 1.) adiabatikus **összenyomás**
- 2.) **robbanás**: p nő, $V = \text{állandó}$
- 3.) adiabatikus **tágulás**, **munkavégzés**
- 4.) **kipufogás**: p csökken, $V = \text{állandó}$

Hatásfok: $\eta = 1 - 1/r^{\gamma-1}$
($r \approx 8$: sűrítési faktor $\rightarrow \eta \approx 56\%$)

Hűtőgép: $-Q_M = Q_H - W$
 $W < 0$ mindig fennáll

