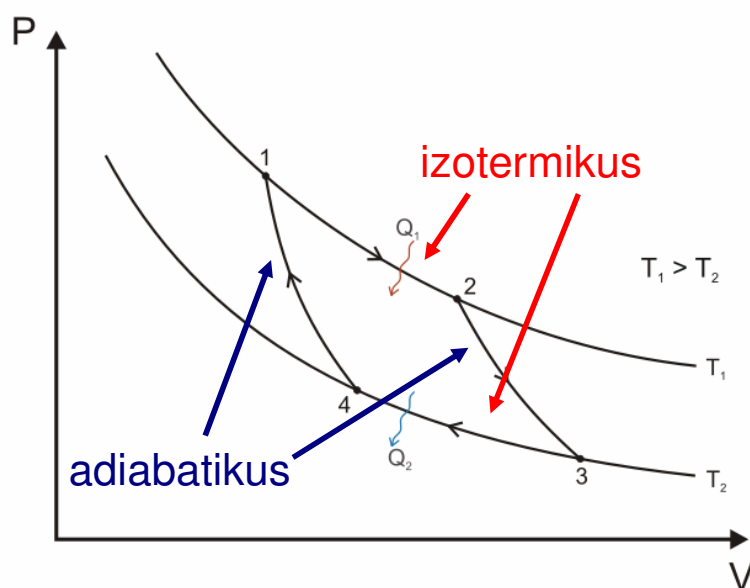


**Carnot-ciklus** (Sadi Carnot, 1796-1832)  
Ez a **maximális hatásfokú** körfolyamat.  
Nem tartalmaz irreverzibilis folyamatokat.  
A **hőátadás** mindig **izotermikus**.



**Hatásfok:**  $\eta = 1 - T_H/T_M$

**Megjegyzés:** a **Kelvin-féle** hőmérsékleti skála pontosan a **Carnot-ciklus** hőátadásaival van definiálva:  $T_H/T_M \equiv -Q_H/Q_M$

### **6. A termodinamika III. főtétele**

**Az abszolút nulla fok (K) nem érhető el véges számú termodinamikai lépésben.**

$T \rightarrow 0$  esetén  $S$  egy konstanshoz tart.

## 7. Az entrópia

A **rendezetlenség** mértéke. A rendszer munkavégzésre való „**képtelenségét**” jellemzi. Az entrópia egy spontán folyamatban **nem csökkenhet**. Irreverzibilis folyamatok során mindig **nő**.

### Példák:

- **jégkocka** olvadása egy pohár vízben: a víz (egy része) magától **sohasem fagy vissza** jéggé, pedig az energiamegmaradás nem tiltaná. **Jég**: rendezett állapot (kristály).
- **Tintahal** tintájának elkeveredése vízben



Hogyan definiáljuk kvantitatívan?

**Infinitezimális izoterm** folyamat esetén:

$$\Delta Q = \Delta W = p \cdot \Delta V = nRT \cdot \Delta V/V$$

$$\Delta V/V = (1/nR) \cdot \Delta Q/T$$

Az entrópia megváltozását definiáljuk így:

$$\Delta S = \Delta Q/T \text{ (mértékegysége: J/K).}$$

A rendszer **rendezetlenségét** (az anyag belső mozgásának intenzitását) adott  $\Delta Q$  hőmennyiség **jelentősebben** növeli, ha a rendszer **kis** hőmérsékletű.

Az **entrópia** csak a **rendszer állapotától** függ, attól **nem**, hogy oda **milyen úton** jutott el.

**Reverzibilis** körfolyamatnál  $\Delta S = 0$   
(pl. Carnot-ciklus).

**Irreverzibilis** folyamat esetén  $\Delta S$  a kezdeti és végállapotot összekötő **reverzibilis** folyamatokon keresztül számított integrál:

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$$

Az **entrópia nem marad meg**: a II. főtétel szerint nem csökkenhet, általában nő.

Az entrópia **mikroszkópikus** értelmezése:  
ha egy adott makroszkópikus állapotot leíró különböző lehetséges **mikroállapotok száma  $w$** ,  
akkor  $S = k \cdot \ln(w)$ ,  
ahol  $k = R/N_A$  a Boltzmann-állandó.

**Példa: pénzfeldobás 4 érmevel.**

a) makroszkópikus állapot: „mindegyik írás”

mikroszkópikus állapot: ÍÍÍ:  $w = 1$ .

b) „az érmék fele írás”:

FFÍÍ, FÍFÍ, FÍÍF,

ÍFFÍ, ÍFÍF, ÍÍFF:  $w = 6$ .



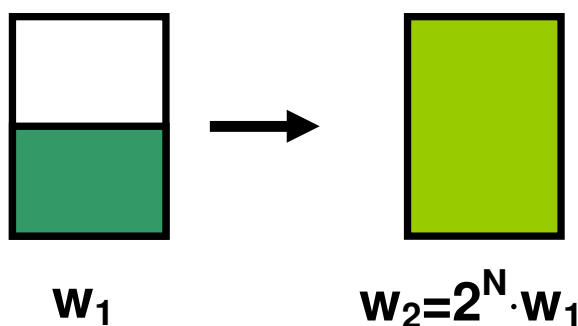
**Példa:**

szabad tágulás: tartály egyik felében **gáz** (N molekula), másikon **vákuum**.

Eltörjük a válaszfalat.

Ekkor a hőmérséklet nem változik, munkavégzés sincs.

Minden molekula **kétszerannyi** helyen lehet.



$$\begin{aligned} \Delta S &= k \cdot \ln(w_2) - k \cdot \ln(w_1) = \\ &= k \cdot \ln(2^N w_1) - k \cdot \ln(w_1) = kN \cdot \ln(2) \end{aligned}$$

**Vigyázat:** itt  $\Delta T = 0$ ,  $W = 0$ ,  $\Delta Q = 0$ , de mégis **változik** az entrópia. Ez **irreverzibilis** folyamat, itt nem lehet a  $\Delta S = \Delta Q/T$  képletet használni.