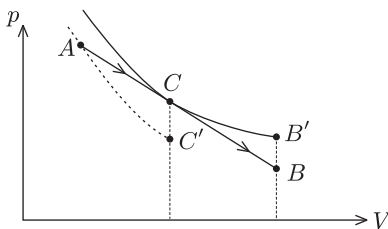


Elég ritkán, de azért találkozunk olyan hőtani körfolyamatot vizsgáló feladattal, amelyben a körfolyamat egyik (nem izotermikus, nem adiabatikus) szakaszán a gáz térfogata nő, nyomása csökken.¹ Ilyen például az 1. ábrán látható, a p – V diagramon AB egyenes szakasszal megadott folyamat.

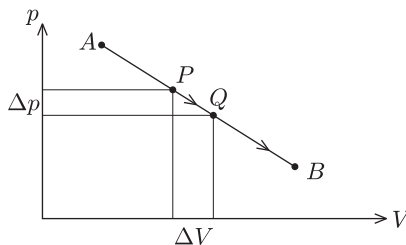


1. ábra

Ilyen esetekben az okozza a nehézséget, hogy meg kell határoznunk: a szakasz melyik részén *vesz fel*, és melyiken *ad le* hőt a gáz. Tegyük fel, hogy a szakasz a C pontban érint egy $pV^\kappa = \text{állandó}$ egyenlettel megadható adiabatát. Belátjuk, hogy a gáz az AC szakaszon felvesz, a CB szakaszon lead hőt.

Rajzoljuk meg az A ponton átmenő adiabatát, ennek C' pontjában ugyanakkora a gáz térfogata, mint a C pontban. Az AC' úton nincs hőfelvétel (se hőleadás), a gáz munkát végez, hőmérséklete (belső energiája) tehát csökken. Az AC úton a munkavégzés (a görbe alatti terület) nagyobb, mint az AC' úton, továbbá a gáz hőmérséklete (belső energiája) C -ben nagyobb, mint C' -ben; ez csak úgy lehetséges, ha a gáz hőt vesz fel az AC szakaszon.

Tekintsük most a C -n átmenő adiabata CB' szakaszát; B' -ben és B -ben a gáz térfogata ugyanakkora. A CB' úton hőfelvétel (hőleadás) nincs, a munkavégzés nagyobb, mint a CB úton, a gáz hőmérséklete (belső energiája) pedig B -ben kisebb, mint B' -ben. Ez csak úgy lehetséges, hogy a gáz a CB szakaszon hőt ad le.



2. ábra

Végezzünk egy kis számítást is! Legyen az A -n és B -n átmenő egyenes egyenlete (lásd a 2. ábrát)

$$p = p_0 - a \cdot V \quad (a > 0),$$

azaz

$$\frac{\Delta p}{\Delta V} = -a.$$

A munkavégzés a PQ szakaszon

$$\left(p + \frac{\Delta p}{2}\right) \Delta V,$$

ami nagyon kis változás esetén (a másodrendűen kicsi tag elhagyásával) $p \cdot \Delta V$ -vel közelíthető. A belső energia megváltozása:

$$\begin{aligned} \Delta E &= \frac{f}{2} nR \Delta T = \frac{f}{2} nR \Delta \left(\frac{pV}{nR} \right) = \frac{f}{2} (p \Delta V + V \Delta p) = \frac{f}{2} (p \Delta V - aV \Delta V) = \\ &= \frac{f}{2} (p - aV) \Delta V, \end{aligned}$$

ahol n a gáz molszáma.

A hőtani első főtétele szerint a gáz által felvett hő:

$$Q = \Delta E + p \Delta V = \Delta V \left[\frac{f}{2} (p - aV) + p \right].$$

¹ Lásd például a jelen számunkban kitűzött **P. 4160.** számú feladatot!

Ha $Q > 0$, azaz $\frac{f}{2}(p - aV) + p > 0$, akkor a gáz hőt vesz fel. Rendezve ezt az egyenlőtlenséget azt kapjuk, hogy a hőfelvétel feltétele:

$$\frac{f+2}{f} \cdot \frac{p}{V} > a.$$

Ideális gázra $\kappa = \frac{c_p}{c_V} = \frac{f+2}{f}$, így a táguló gáz hőfelvételének feltételeként a

$$\kappa \frac{p}{V} > a$$

egyenlőtlenséghez jutottunk. Az adiabata egyenlete $pV^\kappa = \text{állandó}$, ennek meredeksége $-\kappa \frac{p}{V}$. (Ezt differenciálszámítás segítségével láthatjuk be, vagy abból a megfontolásból, hogy az adiabata mentén nincs hőfelvétel (se hőleadás), tehát a fentebb levezetett egyenlőtlenség az adiabata mentén haladva egyenlőségbe megy át.)

Ha tehát az állapotváltozást a $p-V$ diagramon megadó egyenes valamely pontjában az ottani adiabata meredeksége kisebb, mint az egyenes meredeksége, akkor a pont környezetében a növekvő térfogatú gáz hőt vesz fel, a csökkenő térfogatú hőt ad le.