

◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

## A gázok speciális állapotváltozásai

Elemezzük a hőtan I. főtételét állandó mennyiségű gázok speciális állapotváltozásainál!

1. Elsőként az eddig még nem tárgyalt adiabatikus folyamattal foglalkozunk. *Adiabatikus folyamatnak* nevezzük az olyan állapotváltozást, amelynek során nincs termikus kölcsönhatás a test és a környezete között. A gyakorlatban adiabatikus állapotváltozás akkor jön létre, ha a testet jól elszigeteljük a környezetétől, illetve a folyamat olyan gyors, hogy nincs idő a test és a környezet közti hőcserére. Adiabatikus folyamatban tehát a gáz nem vesz fel, és nem ad le hőt, azaz  $Q = 0$ . Ezt az I. főtételbe helyettesítve:

$$\Delta E = Q + W = 0 + W = W.$$

Eszerint *adiabatikus folyamatban a gáz belső energiájának megváltozása megegyezik a gázon végzett munkával*. Képlettel:

$$\Delta E = W .$$

Ha a gázt összenyomjuk, akkor a gázon végzett munka a gáz belső energiájának növekedését, és ezzel a hőmérséklet emelkedését eredményezi. Adiabatikus táguláskor a gáz végez munkát a környezeten (a gázon végzett munka negatív), ezért a gáz belső energiája és hőmérséklete is csökken. Eszerint *az adiabatikus összenyomás a gáz felmelegedését, az adiabatikus tágulás a gáz lehűlését eredményezi*.

2. Az *izoterm folyamat* közben a gáz hőmérséklete nem változik. Mivel állandó mennyiségű gáz energiája csak a hőmérséklettől függ, ezért az izoterm folyamat során a belső energia sem változik meg, azaz  $\Delta E = 0$ . Ezt az I. főtételbe helyettesítve:

$$0 = Q + W .$$

*Izoterm folyamatban a gáz által felvett hő és a gázon végzett munka összege nulla*. Képlettel:

$$Q + W = 0 .$$

A két mennyiség tehát azonos nagyságú, de az egyik pozitív, a másik pedig negatív. (Ha mindkettő nulla lenne, akkor nem volna állapotváltozás.)

Izoterm összenyomás során a gázra ható erő és az elmozdulás azonos irányú, ezért a gázon végzett munka pozitív. A gáz által felvett hő viszont negatív, azaz a gáz hőt ad le a környezetének. Eszerint *izoterm összenyomás közben a gáz a rajta végzett munkával megegyező nagyságú hőt ad le környezetének*. Hasonlóan látható be, hogy *izoterm tágulás közben a gáz végez munkát, de ezzel megegyező nagyságú hőt vesz fel környezetéből*.

3. Az *izochor folyamat* során a gáz térfogata változatlan marad. Mivel az (ideális) gáz részecskéi között a rugalmas ütközésen kívül más kölcsönhatás nincs, a gázon (mechanikai) munkát végezni csak a gáz összenyomásával lehetne. Izochor változásnál azonban nincs térfogatváltozás, így a gázon végzett munka nulla, azaz  $W = 0$ . Ezt az I. főtétele helyettesítve:

$$\Delta E = Q + W = Q + 0 = Q .$$

Eszerint *izochor folyamatban a gáz belső energiájának megváltozása megegyezik a gáz által felvett hőmennyiséggel*. Képlettel:

$$\Delta E = Q .$$

4. *Izobár folyamat* közben a gáz  $p$  nyomása nem változik meg. Vizsgáljuk először a melegítés hatására bekövetkező izobár tágulást! Mivel a gázra ható erő és az elmozdulás ellentétes irányú, ezért a gázon végzett munka negatív:

$$W = -F \cdot s .$$

A nyomás definíciója alapján a nyomóerő:

$$p = \frac{F}{A} \quad \Rightarrow \quad F = p \cdot A .$$

A gázon végzett munka tehát:

$$W = -F \cdot s = -p \cdot A \cdot s = -p(V_2 - V_1) = -p \cdot \Delta V .$$

Ezt az eredményt érdemes külön is megjegyezni. *A gáz izobár állapotváltozása során a gázon végzett munka:*

$$W = -p \cdot \Delta V .$$

Tágulás közben a gázon végzett munka negatív, ez azt jelenti, hogy valójában a gáz végez munkát a környezetén. A gáz által végzett  $W^*$  munka:  $W^* = -W$ .

Az I. főtételből a hőmennyiséget kifejezve, és a most kapott összefüggést behelyettesítve:

$$\Delta E = Q + W .$$

$$Q = \Delta E - W = \Delta E + W^* .$$

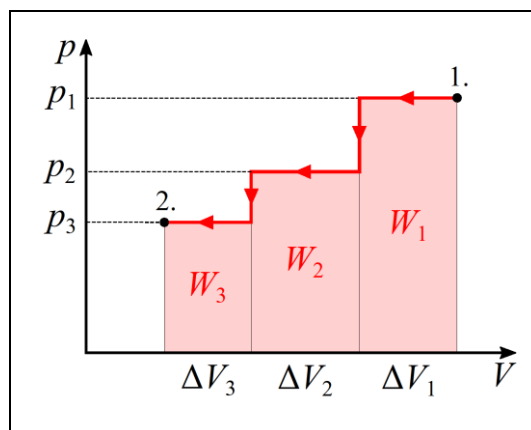
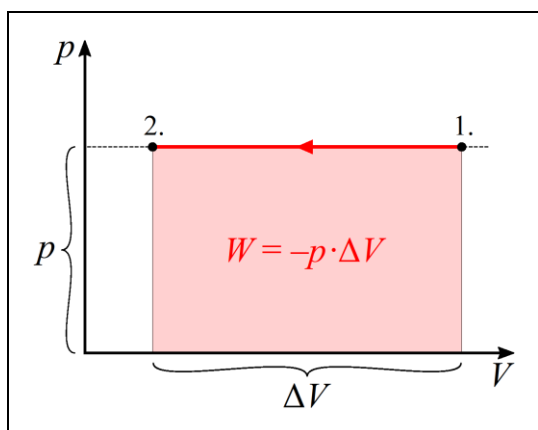
Eszerint *izobár táguláskor a gáz által felvett hő részben a gáz belső energiáját növeli, részben a gáz által végzett munkát fedezi.*

$$Q = \Delta E + W^* .$$

Ehhez hasonlóan igazolható, hogy *izobár összenyomáskor a gáz által leadott hő részben a gáz belső energiájának csökkenéséből, részben a gázon végzett munkából származik.*

## Kiegészítés

Láttuk, hogy a gázok állandó nyomáson történő *összenyomása* közben a gázon végzett munka:  $W = -p \cdot \Delta V$ . Ennek a munkának a nyomás-térfogat grafikonon a „függvénygörbe” és a térfogattengely közti téglalap területe felel meg.

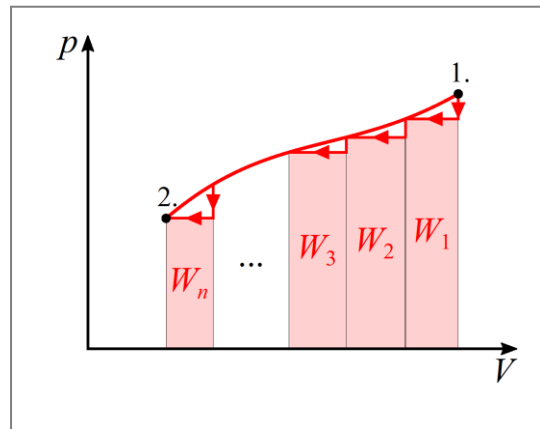


Ha a gáz állapotváltozása egymást követő izobár és izochor szakaszokból áll, akkor a gázon végzett munka megegyezik az egyes szakaszokon végzett munkák összegével. Tudjuk azonban, hogy izochor változás közben a gázon végzett munka mindig nulla, így csak az izobár szakaszokon végzett munkát kell összegezni. Az ábrán látható folyamatnál például:

$$W = -(p_1 \cdot \Delta V_1 + p_2 \cdot \Delta V_2 + p_2 \cdot \Delta V_2) = W_1 + W_2 + W_3 .$$

A nyomás–térfogat grafikonon a munkának most is a függvénygörbe és a térfogattengely közti, három téglalapról álló síkidom területe felel meg.

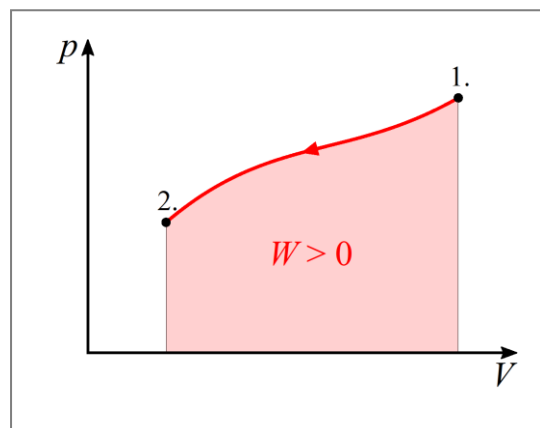
Ha a gázt valamilyen összetett folyamat során nyomjuk össze, akkor osszuk fel a folyamatot több szakaszra! (A szakaszok számát jelöljük  $n$ -nel!) Minden egyes szakaszt közelítsünk egy izochor és egy izobár folyamatból álló állapotváltozással! Az izochor szakaszokon a térfogat legyen akkora, mint a tényleges folyamat adott szakaszának kezdetén! Az izobár szakaszon a nyomás legyen akkora, mint a tényleges folyamat adott szakaszának a végén! Az előzőek szerint a végzett munka megközelítőleg:



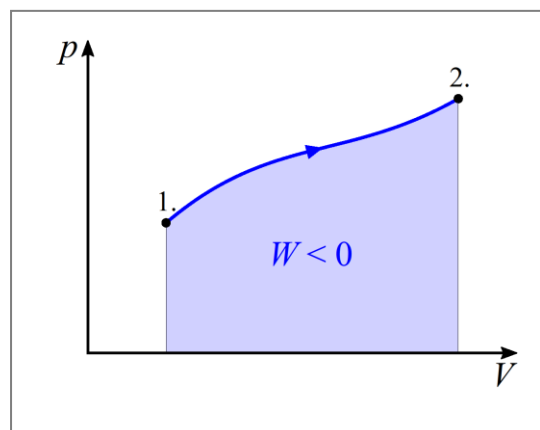
$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n .$$

Ennek a munkának most az  $n$  db téglalapról álló síkidom területe felel meg.

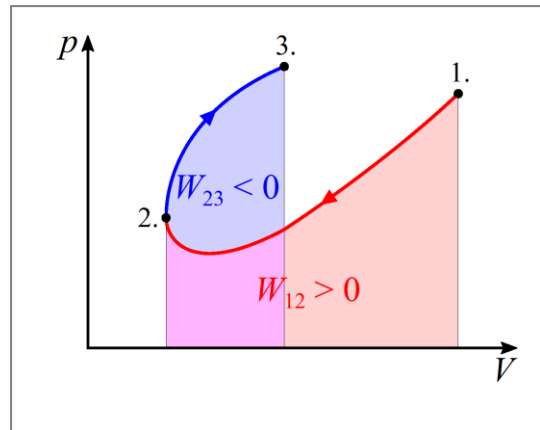
Minél több részre osztjuk a vizsgált folyamatot, az izochor és izobár folyamatok sorozata annál jobban megközelíti a vizsgált állapotváltozást. Emiatt az  $n$  db téglalapról álló síkidom területe is annál jobban megközelíti a függvénygörbe és a térfogattengely közti síkidom területét, minél több ilyen részre bontjuk a folyamatot. Határesetben, ha a vizsgált folyamatot az elképzelhető legrövidebb szakaszokra bontjuk, a munkának a nyomás–térfogat grafikonon a függvénygörbe és a térfogattengely közti síkidom területe felel meg.



Hasonlóan látható be, hogy a gáz tágulása közben a gázon végzett munkának a nyomás–térfogat grafikonon a függvénygörbe és a térfogattengely közti síkidom területének ellentettje (mínusz egyszerese) felel meg.



Ha az állapotváltozás egyes szakaszain a gáz térfogata csökken, más szakaszain pedig növekszik, akkor osszuk a folyamatot olyan részekre, amelyeken belül a térfogatváltozás egyirányú! A gázon végzett munkának a nyomás-térfogat grafikon függvénygörbéje és a térfogattengely közti síkidomok területének egy olyan összege felel meg, amelyben az



összenyomáshoz tartozó síkidomok területe pozitív, a táguláshoz tartozó síkidomok területe pedig negatív előjellel szerepel.

Összefoglalva az előzőkben kapott eredményeinket: *A gázon végzett munkának a nyomás-térfogat grafikon függvénygörbéje és a térfogattengely közti síkidomok előjeles területének összege felel meg.* A nyomás-térfogat grafikon ismeretében így bizonyos esetekben egyszerű geometriai megfontolások alapján számítható ki a gázon végzett munka.

## Példa

A dugattyúval lezárt hengerben a gázt állandó nyomáson melegítettük. A térfogat  $17 \text{ dm}^3$ -rel nőtt, miközben a gáz a dugattyú eltolása közben  $25,5 \text{ kJ}$  munkát végzett. Mekkora volt a gáz nyomása?

$$\Delta V = 17 \text{ dm}^3 = 0,017 \text{ m}^3$$

$$W^* = 25,5 \text{ kJ} = 25\,500 \text{ J}$$

---

$$p = ?$$

### Megoldás

Az izobár folyamatban a gázon végzett munka:

$$W = -p \cdot \Delta V.$$

Ez a munka a gáz által végzett  $W^*$  munka ellentettje, azaz

$$W = -W^*.$$

A két összefüggés bal oldalai azonosak, ezért a jobb oldalak is megegyeznek:

$$-p \cdot \Delta V = -W^*.$$

Ebből a keresett nyomás:

$$p = \frac{W^*}{\Delta V}.$$

Az adatokat behelyettesítve:

$$p = \frac{W^*}{\Delta V} = \frac{25\,500 \text{ J}}{0,017 \text{ m}^3} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1,5 \text{ MPa}.$$

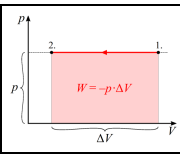
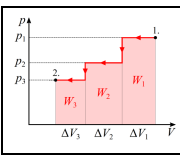
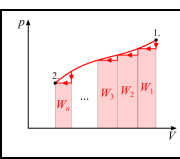
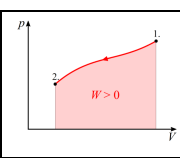
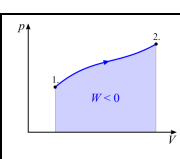
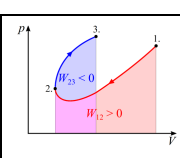
Eszerint a folyamat közben a gáz nyomása  $1,5 \text{ MPa}$  volt.

### Megjegyzés

*Az ideális gáz állapotegyenlete* című fejezetben, a *Kiegészítések* 4. pontjában láttuk, hogy  $\text{J} = \text{Pa} \cdot \text{m}^3$ , ezért a példa megoldásában a joule és a köbméter hányadosa:

$$\frac{\text{J}}{\text{m}^3} = \text{Pa}.$$

## Képek jegyzéke

	<p><b>A gázon végzett munka izobár összenyomásnál</b>          © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0260.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0260.svg</a></p>
	<p><b>A munka izobár és izochor szakaszokból álló folyamatnál</b>          © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0261.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0261.svg</a></p>
	<p><b>A gáz összenyomása során végzett munka közelítése</b>          © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0262.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0262.svg</a></p>
	<p><b>A gáz összenyomása során végzett munka</b>          © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0263.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0263.svg</a></p>
	<p><b>A gáz tágulása során végzett (negatív) munka</b>          © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0264.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0264.svg</a></p>
	<p><b>A gáz tetszőleges állapotváltozása során végzett munka</b>          © <a href="http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0265.svg">http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0265.svg</a></p>

### Jelmagyarázat:

© **Jogvédett anyag**, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.