

Állapotváltozások

Minden halmazállapot esetén egyértelműen megadhatók azok a fizikai jellemzők, amelyek az adott halmazállapotot leírják.

Állapotjelzők: olyan fizikai mennyiségek, amelyek a test meghatározott állapotára jellemzőek, és függetlenek attól, hogy a test milyen állapotváltozások során jutott ebbe a meghatározott állapotba. Állapotjelző pl. a nyomás, a térfogat, a hőmérséklet, a sűrűség, a tömeg, a mólszám és a belső energia. A testek állapotának megváltozása során megváltoznak az állapotjelzők.

A termodinamika (hőtan) körében azokkal az állapotjellemzőkkel és változásaikkal foglalkozunk, amelyek **a hőmérséklettel kapcsolatban** vannak, attól függenek.

Ezek a következők gázok esetén:

térfogat (jele: V ; mértékegysége: 1 m^3)

nyomás (jele: p ; $p = \frac{F}{A} = \frac{\text{nyomóerő}}{\text{nyomottfelület}}$; mértékegysége $1 \text{ N} / \text{m}^2 = 1 \text{ Pa}$ (pascal)

folyadék és szilárd halmazállapotnál a térfogat (illetve a test mérete)

1. Gázok állapotegyenlete, gáztörvények:

A kinetikus elmélet alapján levezethető a gázok jellemzői közötti kapcsolatot megadó állapotegyenlet:

$$\Rightarrow p \cdot V = NkT \quad \text{más alakban} \quad p \cdot V = nRT \quad \text{illetve} \quad p \cdot V = \frac{m}{M} RT$$

ahol N = részecskék száma T = abszolút hőmérséklet n = molok száma; m = gáz tömege (g);
 p = gáz nyomása (pascal = N/m^2) V = gáz térfogata (m^3) $R = 8,31 \text{ J/mol K}$ (gázállandó)
 M = 1 mol tömege (g / mol); $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ (Boltzmann – állandó);

Kémiából ismert a gázok 1 móljának állapotáról, hogy normál légnyomáson ($\sim 100\,000 \text{ Pa}$ nyomáson) 0°C -on $22,41 \text{ dm}^3$; illetve 20°C -on 24 dm^3 a térfogatuk anyagi minőségtől függetlenül.

Az állapotegyenletből adott mennyiségű gázra levezethető az **ÁLTALÁNOS GÁZTÖRVÉNY**, amely szerint:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = R \quad (\text{gázállandó})$$

Adott mennyiségű gázra a $\frac{p \cdot V}{T}$ kifejezés értéke állandó, függetlenül attól, hogy milyen folyamatokban vett részt.

Az általános törvénynek vannak speciális esetei attól függően, hogy mikor melyik állapotjelző marad változatlan, és a nekik megfelelő mennyiség a törvényből elhagyható.

(**izochor** = állandó térfogat; **izobár** = állandó nyomás ; **izoterm** = állandó hőmérséklet

Az egyes folyamatok megvalósításának módja:

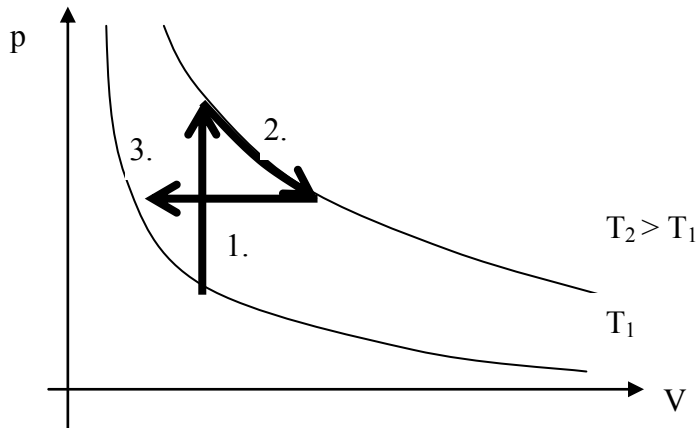
Izochor folyamat: zárt, merev falú tartályban

Izobár folyamat: a külső környezeti nyomás (légnyomás) egy mozgatható falú, dugattyúval lezárt edényben biztosítja a nyomás állandóságát

izoterm folyamat: környezetével folyamatosan hőmérsékleti egyensúlyban lévő tartályban

Állapotváltozások

Gázok állapotváltozásait **p - V (nyomás - térfogat) diagramon** szokás ábrázolni, amelyen az adott hőmérsékletre tartozó **p** és **V** értékek által meghatározott állapotok egy hiperbolán (**IZOTERMA**) helyezkednek el.



Az ábrán jelölt folyamatokra:

1. **V** állandó = *izochor* folyamat

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ (egyenes arányosság)}$$

2. **T** állandó = *izoterm* folyamat

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \text{ (fordított arányosság)}$$

3. **p** állandó = *izobár* folyamat

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (egyenes arányosság)}$$

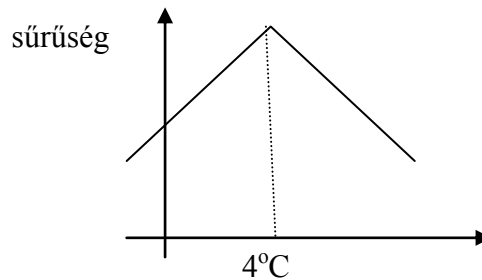
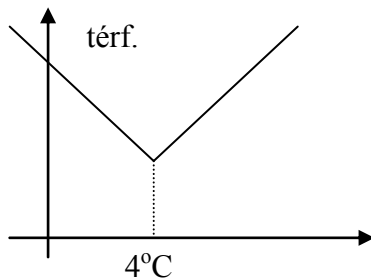
2. Folyadékok és szilárd testek hőtágulása:

Mindkét halmazállapot legszembevetőbb tulajdonsága a térfogat meghatározottsága, ami a hőmérséklettel arányosan változik az alábbi törvény szerint:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \text{ahol } V_0 = \text{eredeti térfogat} ; \beta = \text{anyagra jellemző hőtágulási együttható}$$

$$\text{így a mindenkor térfogat: } V = V_0 (1 + \beta) \Delta T$$

A víz különlegesen viselkedő anyag, mivel 4 °C-on legkisebb a térfogata, azaz legnagyobb a sűrűsége:



Ennek következménye például, hogy a tavak teteje fagy csak be, a jég úszik a vízben, a tele palack «szétfagy».

Szilárd testek esetén szokás lineáris hőtágulásról is beszélni, amennyiben a test egyik mérete (hosszúsága) a meghatározó:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T \quad \text{ahol } l_0 = \text{eredeti hosszúság} ;$$

α = anyagra jellemző hőtágulási együttható, értéke megadja az 1m hosszúságú test méretének megváltozását 1° C hőmérsékletváltozás hatására

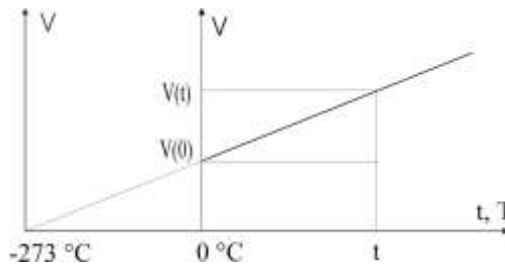
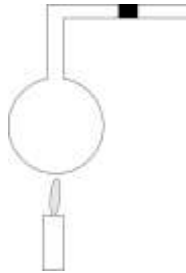
$$\text{így a mindenkor hossz: } l = l_0 (1 + \alpha) \Delta T$$

Szilárd testeknél a térfogati hőtágulásra jellemző $\beta = 3\alpha$ összefüggés szerint határozható meg.

Jelenségek: vezetékek, hidak, csővezetékek hőtágulása; hőmérők működési elve, bimetall stb.

Kiegészítés: Gázokra a hőtágulás másképpen (Gay-Lussac I. törvénye)

Lombik szájához meghajlított üvegcső csatlakozik. A cső vízszintes részében higanyszál van, ami elzárja a lombikban lévő gázt a külvilágtól. A gázt óvatosan melegítjük. A bezárt gáz tágul, miközben nyomása megegyezik a külső nyomással. A folyamat tehát állandó nyomáson megy végbe. (izobár)



Ha az összetartozó térfogat-hőmérséklet értékeket koordináta-rendszerben ábrázoljuk, akkor látható, hogy a függvénykapcsolat lineáris.

Kimutatható, hogy a grafikon meghosszabbítása -273 °C -nál metszi a vízszintes tengelyt, a gáz anyagi minőségétől és mennyiségétől függetlenül.

A grafikon alapján

$$V(t) = V(0) \cdot \left(1 + \frac{1}{273}t\right) = V(0) \cdot \frac{t + 273}{273}, \text{ vagy } \Delta V = \frac{1}{273} \cdot t \cdot V(0)$$

Megkaptuk a gázok állandó nyomáson történő hőtágulására vonatkozó törvényt, ami **Gay-Lussac I. törvénye**.

Állandó nyomáson a gáz térfogata a 0 °C -on mért térfogatának 273-ad részével változik meg 1 °C -os hőmérséklet-változás esetén.

(Eredetileg az itt megjelenő $t+273$ tényező indokolta a Kelvin-féle hőmérséklet bevezetését!

Teljesen hasonló összefüggés kapható az izochor változásra is! Gay-Lussac II. törvénye)