

## Anyagi halmazok II.: a légnemű és folyékony halmazállapot (8. fejezet)

### Gázok

A gáz halmazállapotú anyagok molekulái egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek. Ez az egyenes vonalú egyenletes mozgás addig áll fenn, amíg az adott gázmolekula mozgása során az útjába kerülő dologgal ütközik. Ez lehet egy másik gázmolekula vagy egy zárt tartály esetén az edény fala. Az ütközés eredményeképpen a molekula mozgási iránya megváltozik. A gázoknak **nincs állandó térfogatuk és alakjuk**, a számukra **rendelkezésre álló teret kitöltik, összenyomhatóak, jellemző rájuk a diffúzió**, a részecskék között **ebben a halmazállapotban a legkisebb az összetartó erő**. **Sűrűségük lényegesen kisebb, mint a folyékony vagy szilárd halmazállapotban lévő anyagi halmazoknak.**

Ha kettő vagy többfajta **különböző gázt azonos térben összeeresztünk** (például egy zárt tartályban), akkor azok **külső kényszer** (pl. keverés) **nélkül is összekeverednek egymással**. Ez **a diffúziónak köszönhető**. **A gázok részecskéi hőmozgásuk következtében a többi különböző minőségű gázzal összekeverednek**. **Gázok esetén ez a diffúzió jelensége.**

*A diffúziónak több hajtóereje lehet, ilyen például a sűrűségkülönbség (koncentrációkülönbség) az anyagi halmaz bizonyos pontjai között. A diffúzió lévén e különbségek kompenzálódnak. A jelenséget kiválóan szemlélteti a következő kísérlet: Ha két azonos térfogatú tartályt összekötünk egy csővel, és az egyik tartályba  $1 \text{ dm}^3$  hidrogént, a másikba  $10 \text{ dm}^3$  oxigént teszünk, akkor bizonyos idő után mind a két tartályban megtalálható lesz mind a két gáz. nyomásuk pedig az eredeti nyomáshoz képest megváltozik a tartályokban. Az hidrogénes tartályba több oxigén megy át, mint fordítva.*

*Létezik egy entrópiának nevezett fizikai-kémiai mennyiség. Az entrópia a rendezetlenség elve. Egy anyagi halmaz mindig arra törekszik, hogy az entrópiája maximális legyen, vagyis minél nagyobb legyen a rendszer részecskéinek a rendezetlensége. Ha egy tartályba két különböző minőségű gázt töltünk, akkor azok részecskéi mindenképp arra fognak törekedni, hogy kitöltsék a rendelkezésükre álló teret, ugyanis így tudják elérni a legnagyobb rendezetlenséget. Ebből adódóan a különböző minőségű gázok részecskéi is úgy össze fognak keveredni, ahogy csak tudnak. Az entrópia is lehet a diffúzió egyik hajtóereje.*

A gázokat **három állapothatározóval** lehet jellemezni:

- **nyomás** – jele:  $p$ ; SI mértékegysége: Pa (Pascal)
- **hőmérséklet** – jele:  $T$ ; SI mértékegysége: K (Kelvin)
- **térfogat** – jele:  $V$ ; SI mértékegysége:  $m^3$

Ha a gázokat **pontszerű részecskéknek**, a köztük **ütközéskor létrejövő kölcsönhatásokat pedig elhanyagolhatónak** tekintjük (vagyis úgy vesszük, hogy egyáltalán nincsenek egymással kölcsönhatásban), **akkor ideális gázokról** beszélünk.

A **gázok állapothatározói függenek egymástól**, vagyis ha az egyik változik (mondjuk, megnöveljük a nyomást), akkor egy másik, vagy akár mind változni fog (például vagy a térfogat nő vagy a hőmérséklet vagy kisebb mértékben, de mind a kettő). **Ideális gázok esetén** ezt az összefüggést az **ideális gázok állapotegyenlete írja le:**

$$p * V = n * R * T$$

- $p$  a **nyomás Pa-ban**
- $V$  a **térfogat  $m^3$ -ben**
- $n$  az **anyagmennyiség**
- $T$  a **hőmérséklet K-ben**
- $R$  az **egyetemes gázállandó**, amely értéke a fenti mértékegységek mellett  **$8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$**

A hőmérséklet esetében  **$^{\circ}C$  és  $K$  között az átváltás a következő:  $0^{\circ}C = 273 K$ ,**

$$X^{\circ}C = (273,15 + X) K$$

vagyis az adott  $^{\circ}C$ -ban lévő hőmérsékletet hozzáadjuk a 273-höz, ezzel az átváltás megtörténik, hiszen a  $^{\circ}C$  és  $K$  skálázása megegyezik, csak egymáshoz képest el vannak tolvá.

**Ha** különböző anyagi minőségű ideális **gázok állapothatározói megegyeznek, akkor érvényes rájuk Avogadro törvénye. Avogadro törvénye kimondja, hogy bármely gáz, azonos állapotban** (állapothatározóinak értéke ugyanakkora, vagyis azonos nyomáson, hőmérsékleten és térfogaton) **ugyanannyi részecskét tartalmaz.** Ennek értelmében érdemes definiálni a **moláris térfogatot, amely azonos állapotú gázok esetén mindig ugyanakkora érték. A moláris térfogat megmutatja, hogy egy mól anyagmennyiségű gáz mekkora térfogatot tölt ki az adott állapotban.** Jele  $V_m$ , kiszámítása pedig a térfogat és

anyagmennyiség hányadosaként történik. SI Mértékegysége  $\text{m}^3/\text{mol}$ , azonban  **$\text{dm}^3/\text{mol}$**  mértékegységben szokás megadni, hiszen ez jóval praktikusabb.

$$V_m = \frac{V}{n}$$

Két kitüntetett állapotot illendő tudni: a **normál- és standard állapotot**. A **normálállapot léggöri nyomásra (101325 Pa) és 0 °C-ra** vonatkozik. Ebben az állapotban lévő gázok részecskéinek **1 mólja**, vagyis  $6 \cdot 10^{23}$  darab gázmolekula, körülbelül **22,41  $\text{dm}^3$  térfogatot** tölt be. A **standard állapot** ugyancsak **léggöri nyomásra**, de **25 °C-ra** vonatkozik. Ebben az állapotban lévő gázok részecskéinek **1 mólja**, vagyis  $6 \cdot 10^{23}$  darab gázmolekula körülbelül **24,5  $\text{dm}^3$  térfogatot** tölt be.

$$V_{m \text{ normál}} = 22,41 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

$$V_{m \text{ standard}} = 24,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

Egy adott anyagi halmaz esetén mindig a **gáz** halmazállapotú változat a **legkisebb sűrűségű és legjobban összenyomható** (a gázok nagyon jól összenyomhatóak, azonban minél kisebb térfogatba akarjuk őket összezsugorítani, annál nagyobb nyomást fejtenek ki az edény falára). **A sűrűség megadja, hogy adott térfogategység mekkora tömegű.** jele:  $\rho$ , **SI mértékegysége  $\text{kg}/\text{m}^3$** , azonban sokszor érdemes – főleg **szilárd anyagok és folyadékok** esetén –  **$\text{g}/\text{cm}^3$ -t** vagy **gázok esetén  $\text{g}/\text{dm}^3$ -t** használni. (Már a mértékegység használatból is látszik, hogy a gázok sűrűsége mennyivel kisebb a folyadékokénál és a szilárd anyagokénál.)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

A **sűrűség gázok esetében a moláris térfogat és a moláris tömeg segítségével is kifejezhető**. Ennek az az oka, hogy **adott hőmérsékleten és nyomáson** mivel **egységnyi térfogatban minden gáz ugyanannyi részecskét tartalmaz**, ezért azok **sűrűsége, csak a moláris tömegüktől függ**.

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

Ha két gáz egymáshoz viszonyított sűrűségét kívánjuk meghatározni, akkor az úgynevezett **relatív sűrűséget** használjuk, ami azt a számot fejezi ki, amelyet akkor kapunk, amikor két azonos állapotban lévő gáz sűrűségének az értékét elosztjuk egymással. Jele:  $\rho_{rel}$ , mértékegysége nincs, hisz viszonyított érték. Kiszámolása a következő módon történik:

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{M_1}{V_m}}{\frac{M_2}{V_m}} = \frac{M_1}{M_2}$$

Ahol:

- $\rho_1$  az egyik gáz sűrűsége és  $M_1$  a moláris tömege
- $\rho_2$  a másik gáz (azon gáz, akire vonatkoztatunk) sűrűsége és  $M_2$  a moláris tömege

A fenti összefüggés jól tükrözi azt, hogy **két gáz relatív sűrűsége kiszámítható moláris tömegeik hányadosával. (Számolási feladatok elvégzéséhez fontosak ezek a képletek, ezért érdemes jól megjegyezni őket).**

## Folyadékok

A cseppfolyós halmazállapot a légnemű és a szilárd halmazállapot között helyezkedik el. A **folyadékok részecskéi között lényegesen nagyobb kölcsönhatás van a gázokéhoz képest.** Ebből kifolyólag a folyadékfázist alkotó **részecskék egymáshoz közel vannak** (jelentős mértékben nem tudnak egymástól eltávolodni), és **nem tudják kitölteni a rendelkezésükre álló teret, térfogatuk meghatározott.** Ez a kölcsönhatás azonban ahhoz még nem elég, hogy a **részecskék** helyhez is legyenek kötve, **állandó mozgásban vannak** (forgó-, rezgő- és haladómozgásra képesek). **A folyadékok alakja** emiatt **nem állandó**, mindig **igyekeznek felvenni az edény alakját.**

E halmazállapot részecskéi között taszító hatások is vannak, ennek bizonyítéka az, hogy a folyékony anyagok szinte **összenyomhatatlanok** (illetve csak szélsőségesen nagy erejű

nyomás alkalmazása mellett nyomhatóak csak össze). A **részecskék egymáson gördülnek**, egyik képes elfoglalni a másik helyét (mondhatni, hogy begurul a másik által megüresedett helyre). Rájuk is **jellemző a diffúzió**, vagyis külső behatás nélkül két egymással elegyedő folyadék előbb-utóbb elegyedik egymással. Ez a folyamat azonban jóval lassabb, mint a gázok esetén.

A folyadékok **minden hőmérsékleti tartományban párolognak**, vagyis a felszínükről állandó jelleggel távoznak el részecskék a gőzfázisba (a gőzfázis használata helyesebb, mert folyadékokból gőz lesz). **A párolgás intenzitása több tényezőtől is függ:**

- **nyomás**
- **részecskék között ható kölcsönhatás erőssége**
- **folyadékfázis felszíne**
- **hőmérséklet**

**A nyomás csökkentése a párolgás intenzitását növeli, növelése pedig csökkenti.** Ennek oka, hogy ha **csökkentett nyomása van a folyadékfázis felett** lévő gőzfázisnak, akkor lényegében a **folyadékfázisban lévő részecskékre szívó hatás hat**, azaz a részecskék intenzívebben képesek kiszakadni a gőzfázisba (párologni). Miért is? Azért mert, a nyomás szeretne kiegyenlítődni, ami megvalósulhat, ha a folyadékfázisban lévő részecskék gőzfázisba mennek.

**A részecskék között ható kölcsönhatás erőssége** egyértelmű, hogy hogyan befolyásol, **minél kisebb, annál hajlamosabb párologni az adott folyadék.** Ennek oka, hogy amikor egy folyadék részecske a párolgás során ki szeretne szakadni a folyadékfázisból, akkor a szomszédjaival létesített vonzó kölcsönhatásokat le kell győznie. **Minél gyengébb ez a kölcsönhatás, annál könnyebben ki tud szakadni a részecske a gőzfázisba.** Nem véletlen például, hogy a diszperziós kölcsönhatással rendelkező szénhidrogének, éterek, elemek stb... között már standard állapotban is találunk eléggé **illékony, azaz könnyen párolgó folyadékokat.**

**Minél nagyobb a folyadékfázis gőzfázissal érintkező felülete, annál intenzívebb a párolgás.** Ennek oka, hogy **nagyobb felület esetén több részecske van közvetlenül a folyadék-gőz határfelületen.** Ha végig gondoljuk, akkor könnyedén belátható, hogy a folyadékfázisból a határfelületen lévő részecskék tudnak a legkönnyebben kilépni, vagyis minél több részecske van a folyadék-gőz határfelületen, annál intenzívebb a párolgás.

**A hőmérséklet minél magasabb, annál intenzívebb a párolgás.** Ennek az az oka, hogy a **hőmérséklet növelésével a részecskék energiája megnő**, és így egyre több részecske fog akkora energiával rendelkezni, ami ahhoz szükséges, hogy el tudja hagyni a folyadékfázist (vagyis egyre több fog akkora energiával rendelkezni, amely a részecskék közötti vonzó kölcsönhatást le tudja küzdeni).

Minden folyadék esetén el lehet érni egy **olyan hőmérsékleti pontot, ahol tömegesen kezdenek a részecskék gőzfázisba átmenni. Ez a forráspont. A forráspont nem más, mint az a hőmérsékleti pont, amelyen a folyadékból keletkező gőzbuborékok nyomása, tenziója** (ezt hívják gőznyomásnak vagy tenzióknak, ugyanúgy kell értelmezni, mint gázok esetén, csak itt folyékony anyagból lett légnemű) **eléri a légköri nyomás értékét**, vagyis ezen a hőmérsékleten a folyadék összes részecskéje akkora energiával rendelkezik, ami elegendő ahhoz, hogy leküzdje a köztük lévő vonzó kölcsönhatást, és képes gőzfázisba kerülni. **Tiszta folyadékok esetén ez a folyadékra jellemző hőmérsékleti adat.**

**A forráspont értékét erősen befolyásolja a részecskék között lévő kölcsönhatás erőssége** (pl. az hexán forráspontja kisebb, mint a vízé, mert a víz esetén erős hidrogénkötések vannak), **a részecskék alakja, a moláris tömeg.** Ha például két molekula azonos moláris tömegű, és ugyanazokból az atomokból épül fel, de az egyik gömb alakú, a másik meg **hosszúak, akkor a gömb alakúnak lesz alacsonyabb a forráspontja, ugyanis a gömb alakúak könnyebben képesek elhagyni a folyadékfázist. Miért? Mert Adott térfogat (vagy molekuláknál: moláris tömeg) esetén minden geometriai alakzat közül a gömbnek a legkisebb a felszíne.** És minél kisebb a felszín (minknél inkább gömb alakú a molekula), annál kevésbé érintkeznek az elektronfelhők, így **kisebb lesz a diszperziós kölcsönhatás.**

## Fogalmi rendszerezés

### ***Olvadáspont***

Az olvadáspontot szilárd anyagok esetén használjuk. Egy olyan hőmérsékleti érték vagy tartomány, amelyen a szilárd anyag cseppfolyós állapotba kezd átalakulni. Ezen a hőmérsékleten a kristályrácsok összeomlanak, vagyis a részecskék akkora energiára tesznek szert, ami elég ahhoz, hogy kiszabaduljanak a kristályrácsból. Kristályos tiszta anyagok esetén ez egy konkrét, elég pontosan megadható hőmérsékleti érték, amorf anyagok esetén azonban csak egy hőmérsékleti tartomány.

### ***Fagyáspont***

A fagyáspont az olvadásponttal azonos hőmérsékleti érték, azonban itt a másik oldalról, azaz a folyadékból a szilárd halmazállapotba való kerülés felől vizsgálódunk. A fagyáspont elérésekor a folyadékfázisból szilárd fázis kezd kiválni, vagyis a részecskék energiája csökken, rendezett formát vesznek fel. A szilárd- és folyadékfázis itt is egyensúlyban van. Az olvadásponttal hasonlóan a fagyáspont is anyagi állandó, azaz adott anyagra jellemző. Érdeemes megjegyezni, hogy az oldatok fagyáspontja mindig alacsonyabb, mint a tiszta oldószeré.

**Miért különböztetünk meg egyáltalán fagyáspontot és olvadáspontot, ha a kettő azonos értékű? Azért, mert az azonosság csak tiszta anyagok esetén igaz, anyagkeverékek olvadáspontja és fagyáspontja eltér.**

### ***Viszkozitás***

Viszkozitással leggyakrabban a folyadékok esetén találkozunk (gázoknál is van). A viszkozitás a folyadékok mozgásának sajátosságaira utal, a részecskék belső súrlódását jellemzi (vagyis, hogy mennyire vannak akadályoztatva az egymáson való elgördülésben, mennyire tudnak könnyen mozogni a részecskék). Érdeemes úgy megközelíteni, hogy megmutatja, hogy mennyire folyik könnyen vagy nehezen egy adott folyadék. A tömény kénsav lassan és sűrűn folyó folyadék, míg a víz elég könnyen folyik. Ebből adódik, hogy a kénsav viszkozitása nagyobb, mint a vízé. Sokan keverik a viszkozitást a sűrűséggel, olyat ne tegyünk, mert a viszkozitás nem a sűrűségre utal.

### **Felületi feszültség**

A folyadékok belsejében lévő részecskéket a többi, szomszédos részecske minden irányból vonzza, azonban a **felületen lévőkre csak befelé irányuló vonzerő hat** ugyanis a legfelső réteget ők alkotják, felettük már nincs több folyadék részecske. Ebből a befelé ható vonzerőből adódik, hogy a **folyadékok próbálják csökkenteni a felületüket, azaz megpróbálják felvenni az adott térfogathoz tartozó legkisebb felületű alakzatot** (ideális esetben ez a gömb). **Tehát összegezve a befelé ható vonzás miatt a folyadékfázis igyekszik a legkisebb térfogatra összehúzódni és ez jelenség a felületi feszültség.**

A víznek az erős hidrogénkötések miatt nagy a felületi feszültsége. Ebből kifolyólag a vízmolekulák közé csak nagy erőhatással lehet beférkőzni. Ennek a jelenségnek az oka, **hogy a kisebb testű rovarok közül számos (pl.: molnárka) képes a víz tetején mozogni.**