

# KÉMIA

# 9

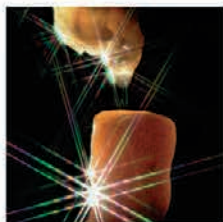
ÁLTALÁNOS ÉS  
SZERVETLEN KÉMIA



# 1k

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK



# KÉMIA

*Általános és szervetlen kémia* 9

TANKÖNYV



HETEDIK KIADÁS

MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2019

**A KÉMIA  
ÉS AZ ATOMOK  
VILÁGA**



**KÉMIAI KÖTÉSEK  
ÉS KÖLCSÖNHATÁSOK  
ANYAGI HALMAZOKBAN**



**ANYAGI  
RENDSZEREK**



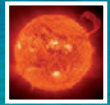
**KÉMIAI REAKCIÓK  
ÉS REAKCIÓTÍPUSOK**



**ELEKTROKÉMIA**



**A NEMESGÁZOK,  
A HIDROGÉN, A HALOGÉNEK  
ÉS VEGYÜLETEIK**



**AZ OXIGÉNCSOPORT  
ÉS ELEMEINEK  
VEGYÜLETEI**



**A NITROGÉNCSOPORT  
ÉS ELEMEINEK  
VEGYÜLETEI**





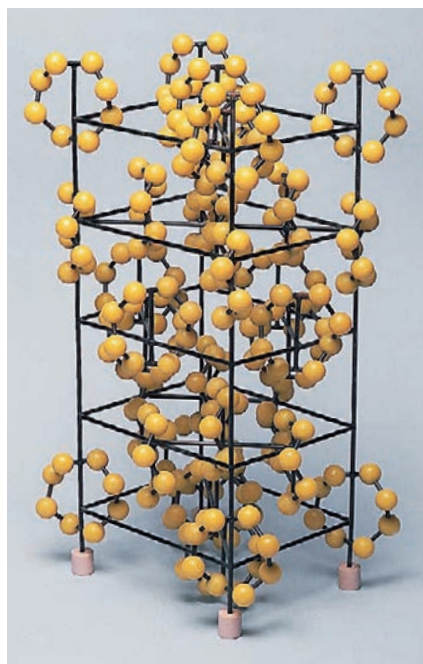
# Tartalom

## I. A KÉMIA ÉS AZ ATOMOK VILÁGA

A laboratóriumi kísérletezés elővigyázatossági rendszabályai .....	10
Kémiai felfedezések születése (Olvasmány) .....	12
Atommodellek .....	15
Az atom felépítése .....	19
A radioaktivitás és jelentősége .....	22
Az atomenergia (Olvasmány) .....	25
Az elektronburok szerkezete .....	28
Az atomszerkezet és a periódusos rendszer .....	32
Összefoglalás .....	36

## II. KÉMIAI KÖTÉSEK ÉS KÖLCSÖNHATÁSOK ANYAGI HALMAZOKBAN

Halmazok .....	38
Ionos kötés és ionrács .....	41
A fémes kötés és a fémrács .....	45
A kovalens kötés .....	48
A molekulák térbeli alakja, kötés- és molekulapolaritás .....	52
Az atomrács .....	55
A másodrendű kötések .....	56
A molekularács .....	59
Az összetett ionok .....	61
Összefoglalás .....	64



## III. ANYAGI RENDSZEREK

Anyagi rendszerek és csoportosításuk .....	66
Gázok és gázelegyek .....	68
A folyadékok .....	72
Az oldatok .....	74
Az oldódás .....	78
Az oldatok töménységének megadása .....	81
A szilárd anyagok .....	88
A halmazállapot-változásokat .....	89
Kolloidkémiai alapfogalmak .....	92
Kolloidok és heterogén rendszerek .....	95
Összefoglalás .....	100



## IV. KÉMIAI REAKCIÓK ÉS REAKCIÓTÍPUSOK

A kémiai reakciók és feltételeik .....	102
Kémiai egyenlet (sztychiometria) .....	107
A kémiai reakciók energiaviszonyai .....	110

A reakciósebesség és befolyásolása .....	114
A kémiai egyensúly .....	119
A kémiai egyensúly befolyásolása .....	121
Sav-bázis reakciók .....	124
A víz disszociációja, a kémhatás .....	126
A közömbösítés .....	129
Oxidáció és redukció .....	134
Az oxidációs szám és kiszámítása .....	136
Oxidációs szám-változás a redoxireakciókban ...	138
Összefoglalás .....	140

## V. ELEKTROKÉMIA

Galvánelemek .....	142
Elektródpotenciál .....	147
A redoxireakciók iránya .....	149
Az elektrolízis .....	152
Az elektrolízis alkalmazásai .....	155
Összefoglalás .....	158

## VI. A NEMESGÁZOK, A HIDROGÉN, A HALOGÉNEK ÉS VEGYÜLETEIK

A szerves kémia tárgya .....	160
Nemesgázok .....	163
A hidrogén .....	166
A halogének .....	169
A hidrogén-klorid és a nátrium-klorid .....	173
Összefoglalás .....	177

## VII. AZ OXIGÉNCSOPORT ÉS ELEMEINEK VEGYÜLETEI

Az oxigén .....	180
Az ózon .....	183
Az oxigén hidrogénnel alkotott vegyületei .....	186
A kén .....	192
A hidrogén-szulfid (kén-hidrogén) és sói .....	195
A kén fontosabb oxigéntartalmú vegyületei .....	197
Összefoglalás .....	201

## VIII. A NITROGÉNCSOPORT ÉS ELEMEINEK VEGYÜLETEI

A nitrogén és az ammónia .....	204
A nitrogén oxidjai .....	208
Nitrogéntartalmú oxosavak és sóik .....	210
A foszfor és fontosabb vegyületei .....	214
Összefoglalás .....	219

Az atomok periódusos rendszere .....	220
Az elemek periódusos rendszere .....	222



# Bevezetés

Napjainkban a kémiai tudományok rohamos fejlődését a mindennapi ember számára is gyakran közismertté váló új anyagok teszik érdekessé és jelentőssé. A tudományos ismeretek és a mérési eljárások fejlődése következtében a leíró ismeretek helyébe egyre inkább az általános összefüggéseket feltáró és a tényeket rendszerbe foglaló szerkezeti ismeretek léptek.

Tankönyvsorozatunk első könyve, a hetedik osztályos könyv a kémiai alapismereteket tartalmazza. A második kötetben az elemek és a szervesetlen vegyületek fizikai és kémiai tulajdonságainak leírását a szerkezet és a tulajdonságok összefüggése alapján fogalmazzuk meg. Mindkét könyvben külön hangsúlyt kapnak a mindennapi életünkben megfigyelhető, egészségünk és környezetünk védelme szempontjából is jelentős kémiai ismeretek.

Ez a tankönyv az anyagok szerkezetéről, a kémiai kötésekről, az atomok, az ionok és a molekulák felépítéséről, a makroszkopikus rendszerekről kíván az előző években megszerzett ismeretek alapján, azokat kiegészítve, átfogó rendszerező képet nyújtani. Ezt követik az általános kémiai törvények. Fontosnak tartjuk, hogy megértsétek a különféle anyagok tulajdonságait, és meg tudjátok magyarázni azokat. Például: miért reakcióképesek egyes anyagok már szobahőmérsékleten is és miért reakcióképtelenek mások.

A tanulandó anyag megfogalmazásával és a gazdag szemléltetési lehetőség kihasználásával az volt a célunk, hogy megkönnyítsük számotokra az értelmesen végzett ismeretszerzést, a látott, hallott, megbeszél, olvasott, és így elsajátított ismeretek alapján történő gondolkodást.

Az előző kötetekhez hasonlóan az elméleti anyag megértését ebben a tankönyvben is számos kísérlet és fénykép segíti. Továbbra is törekedtünk arra, hogy kísérleti tapasztalat ne maradjon magyarázat nélkül.

Ez a tankönyv amellet, hogy az előző években megszerzett ismereteket új összefüggésekben ismétli át, új, érdekes fejezeteket, esetenként a tantervben megfogalmazott igényeken túli részeket is tartalmaz. Ezzel kívántuk elősegíteni egyrészt az egyes anyagrészek felidézését, másrészt további ismereteket nyújtani azoknak, akik korábbi tanulmányaik alatt a kémiát megszerették és felismerték, hogy nagy szükség van olyan emberekre, akiknek az átlagosnál több a kémiai ismeretük.

Maradandó élményszerzést, jó munkát és eredményeket kívánnak

a Szerzők

## ÍGY HASZNÁLJÁTOK A TANKÖNYVET!

A fontosabb ismereteket a tankönyv **vastag** betűvel jelzi.

A középszintű érettségi vizsga követelményeiben szereplő szakszavakat \*-gal, az emelt szintű érettségi vizsga követelményeiben szereplő szakszavakat pedig \*\*-gal jelöli a könyv.

■ Az apró betűvel nyomtatott, szürke csík mellett található részek bevezető, érdeklődést felkeltő vagy kiegészítő ismeretek, amelyek segítik a megtanulandó téma megértését.

■ A kísérletek leírását a bíbor csík jelzi.

## KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

Tudásotok igazán értékesé akkor válik, ha azt alkalmazni is tudjátok. Ezt segítik a Kérdések és feladatok című részek.

Az ÉRDEKESSÉGEK, OLVASMÁNYOK, JÓ HA TUDJUK! megjelölésekkel szereplő szövegrészek tájékoztatnak az anyag egy-egy fontos szerkezeti tulajdonságáról, alkalmazási területéről, az élő szervezetekre gyakorolt hatásáról vagy egy tudománytörténeti eseményről.

## II. fejezet

# KÉMIAI KÖTÉSEK ÉS KÖLCSÖN- HATÁSOK HALMAZOKBAN



# IONOS KÖTÉS ÉS IONRÁCS

Mindennapi életünkben jól ismerjük a konyhasót. Tudjuk azt, hogy vízben jól oldódik, íze sós.

Konyhasót nátrium és klór kölcsönhatásával állíthatunk elő.

Borsószem nagyságú, kérgétől megtisztított, szűrőpapírral leitatott nátriumdarabkát olvaszunk meg üvegből készült égetőkanálban (vagy kilyukasztott kémcsőben)! A megolvadt nátriumot helyezük klórral telt gázfelfogó hengerbe! Klórral vegyifülke alatt vagy nyitott ablaknál, nagyon óvatosan kísérletezzünk!

Az olvadt nátrium fényjelenség közben hevesen reagál a klórral. Fehér színű, szilárd anyag keletkezik.

*Hevítés hatására a fémnátriumból nátriumatomok, a klórgázból klóratomok keletkeznek.*

A nátrium- és klóratom elektronszerkezete:



41.1. A nátrium és a klór reakciója energetikai szempontból a változások melyik csoportjába tartozik?

A kémiai változásban a vegyértékelektronok vesznek részt. Ezek jelölése:

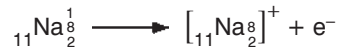


Az atomokban a protonok és az elektronok száma megegyezik, ezért az atomok elektromosan semlegesek.

*Az atomok a legkisebb energiájú állapot elérésére törekszenek, ezt leggyakrabban a nemesgázszerkezet kialakításával érhetik el.*

A periódusos rendszerben a nátrium közelében található nemesgáz a neon. A neonatom elektronszerkezete:  ${}_{10}\text{Ne}_{2}^{8}$ .

A nátriumatom egy elektron leadásával éri el a nemesgázszerkezetet:



A keletkezett részecskének 11 protonja és 10 elektronja van, ezért **egyszeres pozitív töltésű**, a neve **nátriumion**. Képződését egyszerűbben is felírhatjuk:

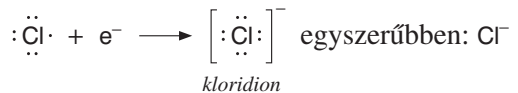


A klóratom elektronszerkezete:



A periódusos rendszerben a klórt az argon követi. Az argonatom elektronszerkezete:  ${}_{18}\text{Ar}_{2}^{8}$ . A klóratom egy elektron felvételével az argonhoz hasonló nemesgázszerkezetet alakít ki.

Jelölve a külső elektronokat:



**A kloridion egyszeres negatív töltésű részecske, mert egyel több elektronja van, mint protonja.**



A nátrium és a klór kölcsönhatása során a klóratomok leszakítják a nátriumatomok egy külső elektronját:



Ha az elektron energiája elegendően nagy ahhoz, hogy az atommag vonzóerejét teljesen legyőzze, akkor leszakad a magról. A semleges atomból így pozitív töltésű ion, **kation\***, és tőle független elektron keletkezik.

Azt az energiát, amely 1 mol szabad (gáz-halmazállapotú), alapállapotú atom legkönnyebben leszakítható elektronjának eltávolításához szükséges, **ionizációs energiának\*\*** nevezzük.

(Jele  $E_i$ , mértékegysége  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ , előjele pozitív.)

Az atomok ionizációs energiája eltérő, minél közelebb van az atommaghoz a vegyértékelektron, annál nagyobb ez az energia. Az alkálifémek (1. csoport, illetve I. A főcsoport) atomjai ( $ns^1$ ) egy elektron leadásával nemesgázszerkezetű  $[(n-1)s^2(n-1)p^6]$  kationná alakulnak. Az így keletkező, egyszerűen pozitív töltésű ionról a második elektron eltávolításához már sokkal nagyobb energia kell. Az első elektron leszakításához szükséges energiát első, a másodikhoz szükségeset második ionizációs energiának nevezzük. A második ionizációs energia értéke mindig nagyobb, mint az első.

Az alkáliföldfémek (2. csoport, illetve II. A főcsoport) atomjai két elektron leadásával érik el a nemesgázszerkezetet. Ebben az esetben a második és a harmadik ionizációs energia között van nagy különbség, mivel a nemesgázszerkezet megbontásához lényegesen nagyobb energia szükséges. Kémiai reakciókban az alkáliföldfémekből kétszeres, a földfémekből (13. csoport, illetve III. A főcsoport) háromszoros pozitív töltésű ion képződik.

Az ionizációs energia a periódusos rendszerben, a csoportokban a rendszám növekedésével csökken. Ez azzal magyarázható, hogy a vegyértékelektronok egyre távolabb vannak az atommagtól, ezért a külső elektront egyre könnyebb eltávolítani. A periódusokban az első ionizációs energia balról jobbra növekszik, mert az elektronokat a növekvő magvonzás miatt egyre nehezebb leszakítani.

A **kation sugara\*** kisebb, mint az atomé, amelyből létrejött, mert vagy megszűnik a külső héj, vagy a kevesebb elektront az atommag jobban vonzza, ezért „összehúzza” az elektronfelhőt.

Az atomokból elektronfelvétellel **negatív töltésű ionok, anionok\*** képződnek. Ez általában energiafelszabadulással jár.

Azt az energiát, amely akkor szabadul fel vagy nyelődik el, ha 1 mol alapállapotú szabad (gáz-halmazállapotú) atomból egyszerűen negatív töltésű ion képződik, **elektronaffinitásnak\*\*** nevezzük.

(Jele:  $E_a$ , mértékegysége:  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ , előjele: lehet pozitív és negatív is.)

A természetben a VII. A (17. csoport) és a VI. A (16. csoport) csoport atomjai hajlamosak anionképzésre. A **halogénatomok egy, az oxigéncsoport atomjai két elektron felvételével érik el a nemesgázszerkezetet.** Az első elektron felvétele során energia szabadul fel, de a negatív ionra újabb elektront már csak energiabefektetéssel lehet „juttatni”. A legnagyobb energia a halogénatomok anionná alakulásakor szabadul fel.

Az oxigéncsoport atomjaiból a második elektron felvételével keletkező anion stabilabb, mint az egyszerű negatív töltésű. Háromszoros negatív töltésű ion az atomból kémiai reakcióban nem képződik.

*ion* = menő, vándorló (görög)  
 kation = lemenő, levándorló (görög)  
 anion = felmenő, felvándorló (görög)

Kation	Anion
elem neve + „ion” szó	elem neve + „id” végződés + „ion” szó
pl. lítiumion ( $\text{Li}^+$ ) kalciumion ( $\text{Ca}^{2+}$ )	pl. kloridion ( $\text{Cl}^-$ ) oxidion ( $\text{O}^{2-}$ )

42.1. Az atomokból elektronátmenettel keletkező ún. egyszerű ionok elnevezése

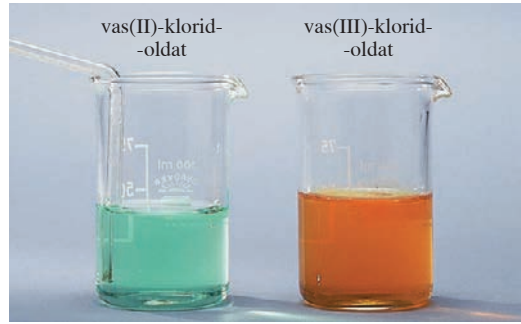
Az anion sugara nagyobb, mint azé az atomé, amiből keletkezett. Az ionméret növekedésének az az oka, hogy a változatlan számú proton több elektronra hat, ezért az egy elektronra jutó vonzó hatás kisebb mértékű, és növekszik az elektronok között működő taszítóerő.

Az elektronaffinitás és az ionizációs energia közösen jellemzi az atomok kötődését vegyértékelektronjaikhoz.

Például a fluoratom nagy ionizációs energiája  $\left(1680 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$  azt jelzi, hogy nehezen adja le vegyértékelektronjait. 1 mol fluoridion képződésekor 340 kJ energia szabadul fel, ezért az elektron felvétele a kedvezőbb.

Az elektronaffinitás definiálásában nincs egyértékes a világban. Sokan az elektronfelvételhez kötik, míg mások az anion semleges állapotának visszaállításához. Az utóbbi szerint pl. a fluor elektronaffinitása a  $\text{F}^-(\text{g}) = \text{F}(\text{g}) + \text{e}^-$  folyamatot kísérvő energiaváltozás, azaz  $+340 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ .

A kis elektronegativitású fémek és a nagy elektronegativitású nemfémek reakciójával **ionvegyületek** képződnek. Az **ionrácsban** pozitív és negatív töltésű ionok helyezkednek el úgy, hogy az ellentétes töltések egymáshoz közel, az azonosak egymástól távol vannak. Az ellentétes töltésű ionok közötti elektrosztatikus vonzást **ionkötésnek**\* nevezzük.



**43.1.** A *d*-mező atomjai többféle egyszerű iont is képezhetnek. A zárójelben levő római szám jelöli a vasion töltésének számértékét

Az ionos kötés erősségét az ionrács-energiával jellemezzük. A **rácsenergia\*** az 1 mol kristályos anyag szabad, gáz-halmazállapotú ionokra bontásához szükséges energia.

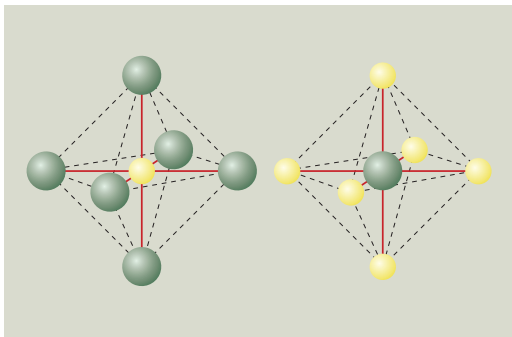
(Jele:  $E_r$ , mértékegysége:  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ , előjele: +.)

Az ionvegyületek képlete az ionok számarányát fejezi ki. Az ionok pozitív és negatív töltésének mennyisége megegyezik, ezért az ionkristályok sem mutatnak kifelé töltést.

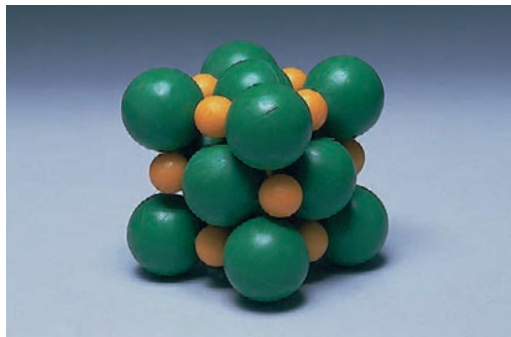
Az ionkristályos anyagok – ellentétben a fémes ráccsal rendelkezőkkel – ridegek, törékenyek. Ez rácsszerkezetük következménye. Ha külső hatásra a ráccsík eltolódik, azonos töltésű ionok kerülnek egymás mellé, amelyek taszítják egymást.

Az ionvegyületek képletének felírása	lítium-oxid	alumínium-oxid
1. A vegyjelek felírása	Li      O	Al      O
2. A töltésszámok felírása a jobb felső indexbe	$\text{Li}^+$ $\text{O}^{2-}$	$\text{Al}^{3+}$ $\text{O}^{2-}$
3. A töltésszámok legkisebb közös többszörösének kiszámítása	2	6
4. $\frac{\text{legkisebb közös többszörös}}{\text{töltésszám}} = \text{arányszám}$	$\frac{2}{1} = 2$ $\frac{2}{2} = 1$	$\frac{6}{3} = 2$ $\frac{6}{2} = 3$
5. A kapott arányszámok (az 1-es kivételével) felírása a kationt, illetve az aniont jelentő vegyjelek jobb alsó sarkába	$\text{Li}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$

**43.2.** Az ionvegyületek képletének felírása. A képlet az alkotórészek arányát fejezi ki



44.1. A nátrium-klorid kristályrácsában minden nátriumiont hat kloridion, és minden kloridiont hat nátriumion vesz körül



44.3. A kősó-kristály modellje. Tudjuk-e, melyik  $\text{Na}^+$ -ion melyik  $\text{Cl}^-$ -ionhoz tartozik? Indokolj!



44.2. Kősó-kristály. Milyen arányban tartalmaz kationokat és anionokat?



44.4. Milyen ionok alkotják a kalcit kristályrácsát, és milyen arányban?

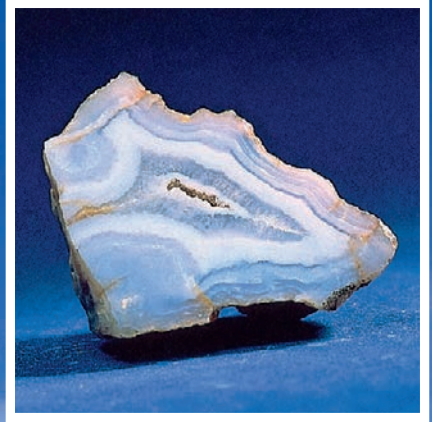


### KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

- Hogyan jönnek létre az ionok?
- Hasonlítsd össze a következő részecskék méretét!  
a) K és  $\text{K}^+$    b) S és  $\text{S}^{2-}$    c)  $\text{Cl}^-$  és  $\text{S}^{2-}$    d)  $\text{Fe}^{2+}$  és  $\text{Fe}^{3+}$
- Előfordul-e ionkötés az elemekben? Indokolj!
- Írd fel az alábbi ionvegyületek képletét!  
a) kalcium-oxid   b) alumínium-fluorid   c) lítium-nitrid
- Képezz ionvegyületeket a következő ionokból: lítiumion; oxidion; fluoridion; kalciumion! Tapasztalati képlettel és névvel válaszolj!
- Mi a képlete annak az ionvegyületnek, amely 80,08 tömeg% kalciumot és 18,92 tömeg% nitrogént tartalmaz? Add meg a vegyület nevét is!
- Készíts prezentációt arról, hogyan jut el az asztalunkig a konyhasó!
- Nézz utána, mennyi egy egészséges, felnőtt szervezet napi konyhasóigénye! Milyen következményei lehetnek a túlzott konyhasófogyasztásnak?

# III. fejezet

## ANYAGI RENDSZEREK



# AZ OLDÓDÁS

Vizsgáljuk meg az oldódást kísérő energia-változásokat!

Nátrium-hidroxidot oldjunk vízben, egy másik főzőpohárban hígítsunk kénsavat! (A kénsavat vékony sugárban, kevergetés mellett öntsük a vízbe!) Oldjunk kevés vízben kálium-nitrátot, illetve ammónium-kloridot!

Minden esetben mérjük meg a víz, majd az oldatok hőmérsékletét!

A nátrium-hidroxid oldása közben az edény felmelegedése azt jelzi, hogy a környezet belső energiája nő, a nátrium-hidroxid és a víz belső energiája csökken. **A nátrium-hidroxid oldódása exoterm folyamat.** Ez tapasztalható a kénsav hígításakor is.

A kálium-nitrát és az ammónium-klorid oldásakor a főzőpohár lehűl. Ezzel egyidejűleg az oldódásban részt vevő anyagok belső energiája növekszik. **A kálium-nitrát oldódása endoterm folyamat.**

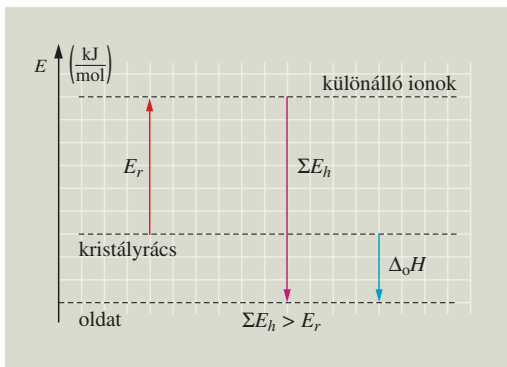
Az oldódást kísérő energiaváltozást az oldáshővel adjuk meg. Az **oldáshő**\*\* ( $\Delta_0H$ ; régi jelölése:  $Q_{\text{oldás}}$ ) megmutatja, hogy mekkora hő szabadul fel, vagy mennyi hőt vesz fel a rendszer 1 mol anyag feloldásakor. A készített oldatnak olyan hígnak kell lenni, hogy

további, vele azonos hőmérsékletű oldószer hozzáadására ne változzon a hőmérséklete. Az oldhatóság a hőmérséklet növelésével az anyagi minőségtől függően csökkenhet vagy növekedhet. **Exoterm** ( $\Delta_0H < 0$ ) **oldódás** esetén csökken, **endoterm** ( $\Delta_0H > 0$ ) **oldás**kor növekszik az oldhatóság, ha a hőmérséklet nő.

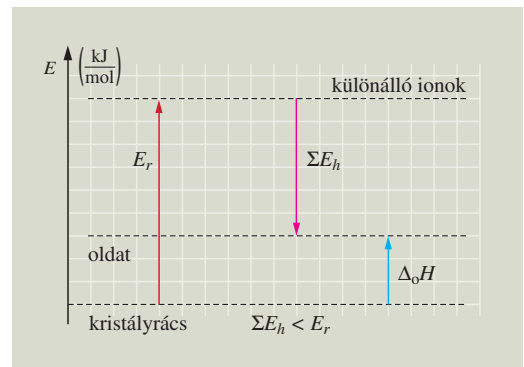
Az *oldódás sebességét* az időegység alatt feloldódott anyag anyagmennyiségével jellemezhetjük. Ugyanígy adhatjuk meg az oldatból kiválás (kristályosodás) sebességét is. Az oldódás és a kristályosodás ellentétes irányú folyamat. A telített oldatban az oldat és a szilárd fázis egyensúlyban van, az oldódás látszólag megáll. *Időegység alatt ugyanannyi részecske hagyja el a szilárd anyag felületét, mint amennyi kiválik, az ellentétes irányú folyamatok sebessége állandó.* Eközben az oldat töménysége és a feloldatlan szilárd anyag mennyisége változatlan. Ezt az állapotot **dinamikus egyensúlynak**\* nevezzük.

Vizsgáljuk meg, milyen kölcsönhatás jöhet létre az oldószer és az oldott anyag között vizes oldatban!

A fémek oldása kémiai reakció, az atomrácsos anyagok vízben nem oldódnak, ezért



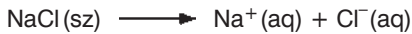
78.1. A nátrium-hidroxid oldása vízben exoterm folyamat. Milyen előjelű az oldáshője?



78.2. A kálium-nitrát oldása vízben endoterm folyamat. Hogyan változik az oldhatóság, ha a hőmérséklet nő?

az oldott anyag ionkristályos vagy molekula-rácsos anyag lehet.

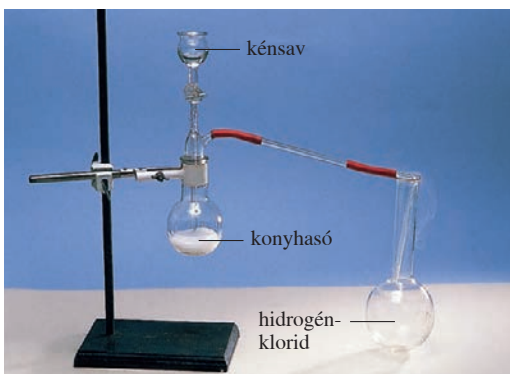
Ha ionvegyületet (például nátrium-kloridot) oldunk vízben, akkor a víz dipólusmolekulái a rácspontokban elhelyezkedő ionokat ellentétes pólusaikkal veszik körül. Az ionkristály szétesik, az oldatban szabadon mozgó ionok lesznek. Az ionok körül **hidrátburok** (víz-burok) alakul ki. A hidratált ionok jelölésére az aq jelet használjuk. A nátrium-klorid oldódása így jelölhető:



Azt a folyamatot, amelyben a szabad ionokból hidrátburokkal körülvett ionok jönnek létre, **hidratációnak** nevezzük. Az 1 mol ion hidratációját kísérő energiaváltozás a **hidratációs energia** ( $E_h$ )\*\*. A hidratáció energiafelszabadulással jár. A rács szétesése és a hidratáció egyszerre történik. Az ionok szétválasztásához szükséges rácsenergia és a hidratációs energia összege az oldáshővel egyenlő. Ha a hidratációs energia abszolútértéke nagyobb, mint a rácsenergia, akkor az oldódás exoterm (pl. a nátrium-hidroxid oldása). Endoterm oldásnál a hidratációs energia nem fedezi a rács felbontásához szükséges energiát (pl. a kálium-nitrát oldása), ilyenkor a hiányzó energiát a környezet belső energiája szolgáltatja.

Számításoknál:

$$\Delta_o H = E_r + \sum E_h^{**}$$



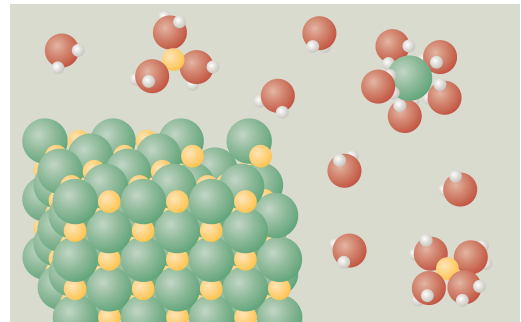
79.1. Hidrogén-klorid előállítása és felfogása

Az ionvegyületek többsége vízben jól oldódik, oldataik és olvadékaik az elektromos áramot vezetik (elektrolitok).

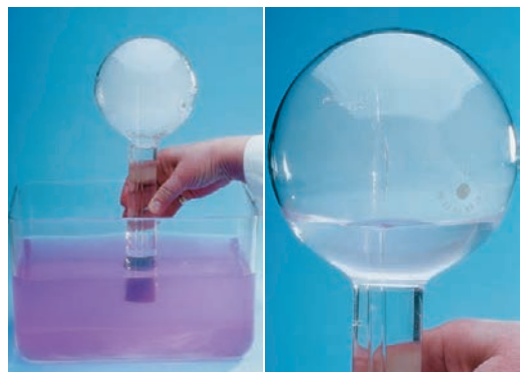
Gázfejlesztő készülékben elhelyezett szilárd konyhasóra csepegtessünk tömény kénsvat! A fejlődő gázt vezessük szájával felfelé tartott száraz gömblombikba! Végezzük el a szökőkút-kísérletet! Vizsgáljuk meg az oldat kémhatását!

A hidrogén-kloriddal megtöltött lombikba néhány csepp vizet juttatunk. Ezután a lombik kivezetőcsövét üvegcsőben levő fenoltaleint tartalmazó lúgos vízbe merítjük. Az üvegcsőből a víz szökőkútszerűen a lombikba áramlik, az oldat színtelen lesz.

A jelenség magyarázata az, hogy a hidrogén-klorid vízben nagyon jól oldódik. Néhány csepp víz elegendő a lombik tartalmának feloldására. Ennek következtében a gömblombikban nyomáscsökkenés jön létre, és a külső



79.2. Ionvegyületek oldódásának folyamata. Ismerd a folyamat lépéseit!

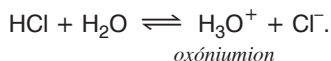


79.3. Sósavszökőkút

levegő nyomása a lombikba nyomja az üvegcsövön keresztül az üvegcsőből a vizet.

A hidrogén-klorid vizes oldata, a sósav savas kémhatású.

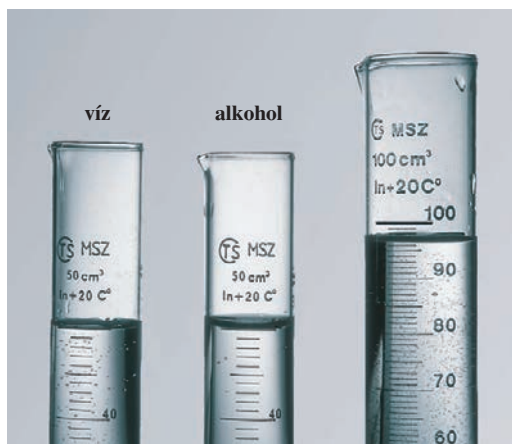
A poláris hidrogén-klorid-molekulákat az ugyancsak poláris vízmolekulák körülveszik. A hidrogén-klorid-molekulák nagyobb része ionokra bomlik, a hidratációs energia fedezi a H – Cl kötés felbontásához szükséges energiát. A hidrogénion kémiai kötést alakít ki egy vízmolekulával, így oxóniumion keletkezik:



*A hidrogén-klorid vízben való oldódása során keletkezett sósav az áramot vezeti.*

A szerves vegyületek közül azok oldódnak vízben, amelyek képesek a vízmolekulákkal hidrogénkötést létesíteni. Ennek egyik feltétele, hogy a vegyület oxigénatomot tartalmazzon. (Például: répacukor, etil-alkohol.)

Néhány apoláris molekulából álló anyag is oldódik kismértékben a vízben (például: oxigén, nitrogén). Ebben az esetben a vízmolekulák polarizáló hatást fejtenek ki az apoláris anyagra, ami elősegíti az oldódást. Az oxigén, a nitrogén, a répacukor és az etil-alkohol a molekuláik szerkezetének megváltozása nélkül oldódnak a vízben. Oldatuk nem vezeti az elektromos áramot, mert nincs bennük szabadon mozgó töltéshordozó.



**80.1.** Az etil-alkohol és a víz elegyedésekor térfogati kontrakció (összehúzódás) következik be, mivel az elegyben a molekulák közti kölcsönhatás erősebb, mint a tiszta halmazokban működő kölcsönhatások

Oldószerekben gázok, folyadékok és szilárd anyagok is oldhatók. Az apoláris oxigén kismértékben, a poláris hidrogén-klorid és ammónia nagyon jól oldódik vízben. A folyadékok közül az apoláris molekulákból álló növényi olaj nem oldódik vízben, de jól oldódik apoláris szerves oldószerekben (például benzinben). A szilárd anyagok közül az ionvegyületek jól oldódnak a poláris vízben, de nem oldódnak az apoláris benzinben.

Általában: apoláris oldószerekben az apoláris anyagok, poláris oldószerekben a poláris és az ionkötésű anyagok oldódnak jól. Röviden: ***hasonló a hasonlót oldja\****.



## KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Mondj példákat exoterm, illetve endoterm oldásokra!
2. Hogyan határozhatjuk meg az oldódás sebességét?
3. Mi az oldáshő?
4. Milyen összefüggés van az oldhatóság hőmérsékletfüggése és az oldódást kísérő energiaváltozás iránya között?
5. Ismertesd a hidratáció jelenségét! Használd a 79.2. ábrát!
6. Hogyan történik az ionvegyületek, illetve a kovalens vegyületek oldódása vízben?
7. Számítsd ki a magnézium-klorid oldáshőjét!

# IV. fejezet

## KÉMIAI REAKCIÓK ÉS REAKCIÓ- TÍPUSOK



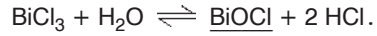


# A KÉMIAI EGYENSÚLY BEFOLYÁSOLÁSA

Ha egy rendszer dinamikus egyensúlyi állapotban van, mindaddig nem észlelünk változást, míg a körülmények változatlanok.

2,5 g bizmut-trikloridot oldjunk fel 4 cm<sup>3</sup> koncentrált sósavban, majd egy 500 cm<sup>3</sup>-es főzőpohárban hígítsuk 50 cm<sup>3</sup>-re! Az így kapott oldathoz adjunk annyi vizet, hogy fehér csapadék váljon ki! Kb. 2,5 cm<sup>3</sup> tömény sósav hatására az oldat kitisztul. A jelenség kb. 120 cm<sup>3</sup> víz, 5 cm<sup>3</sup> cc. HCl hozzáadásával megismételhető.

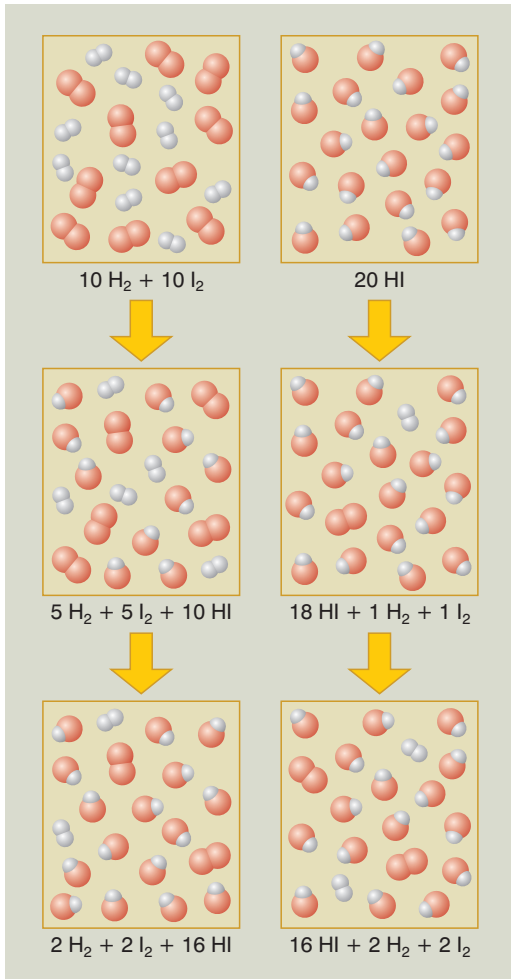
A bizmut-triklorid reagál a vízzel, miközben fehér csapadék, bizmut-oxi-klorid (BiOCl) keletkezik:



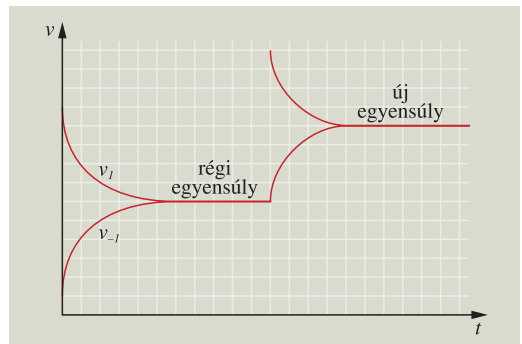
A kiindulási anyagok közül az egyik, pl. a víz koncentrációjának növelésével az egyensúly a felső nyíl irányába tolódik, míg az egyik termék (HCl) koncentrációjának növelésével az alsó nyíl irányába tolódik el.

Ha egy egyensúlyi rendszerben valamelyik összetevő koncentrációját kívülről bevitt anyaggal megnöveljük, akkor megváltozik az át- és visszaalakulás sebessége. Annak a folyamatnak lesz nagyobb a sebessége, amely a hozzáadott anyag koncentrációját csökkenteni igyekszik az újabb egyensúly beálltáig. Ha viszont az egyensúlyi rendszerből valamelyik összetevőt elvonjuk, koncentrációját csökkentjük, akkor a folyamat ezen anyag keletkezésének irányába tolódik el.

Az újabb egyensúlyban a koncentrációk (és így a reakciósebességek) értéke nem azonos az előzőekkel, de a belőlük képzett tört értéke, tehát az egyensúlyi állandó ( $K$ ) változatlan marad. A külső beavatkozás után a koncentrációk és az ellentétes folyamatok sebességének megváltoztatásával a rendszer megőrizte egyensúlyát.



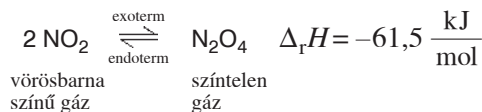
121.1. Az egyensúlyi állapot két oldalról való megközelítése a  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$  reakciónál



121.2. Hogyan változnak meg a reakciósebességek az egyensúly megzavarásakor?

Egy nitrogén-dioxid és dinitrogén-tetraoxid gázkeverékkel töltött, jól ledugaszolt lombikot helyezünk jeges hűtőkeverékbe, majd kis idő múlva óvatosan melegítsünk vízfürdőn!

A nitrogén-dioxid és a dinitrogén-tetraoxid vörösbarna színű elegye hűtőkeverékben ki-világosodik (halványsárga lesz), felmelegít-ve pedig sötétbarna színűvé válik.



Az egyensúlyt a hőmérséklet változtatásával mindkét irányba eltolhatjuk. *Ha az egyensúlyi rendszer hőmérsékletét növeljük, az endoterm, míg ha csökkentjük, az exoterm irányba tolja el az egyensúlyt.* A fejlődő vagy elnyelt hővel a rendszer a hőmérséklet-változás elől igyekszik kitérni. Mivel a hőmérsékletet változtattuk, a beálló új egyensúlyban az egyensúlyi állandó értéke nem azonos az előzővel.

Kémcsőbe öntsünk néhány  $\text{cm}^3$  vizet, és tegyünk bele 0,1 g nátrium-karbonátot! Adjunk hozzá egy előzőleg gumidugóval a kémcsőbe erősített fecskendőből 1-2  $\text{cm}^3$  tömény ecetsavat!

A nátrium-karbonát és az ecetsav reakciója során fejlődő szén-dioxid-gáz a dugattyút felnyomja. A dugattyú hirtelen visszanyomásával a gázfejlődés abbamarad, ha elengedjük, a pezsgés újraindul.



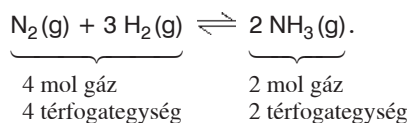
122.1. A nitrogén-oxidok elegyében hőmérséklet változtatással az egyensúly mindkét irányba eltolható



A nyomás növekedésével a  $\text{CO}_2$  vízben való oldékonysága nő, így az egyensúly a szén-savképződés irányába tolódik el.

*A térfogatváltozással (gázmolekulaszám-változással) járó reakciókban az egyensúly a nyomás változtatásával is befolyásolható. A nyomás növelése a térfogatcsökkenésnek, míg csökkentése a térfogat-növekedésnek kedvez.*

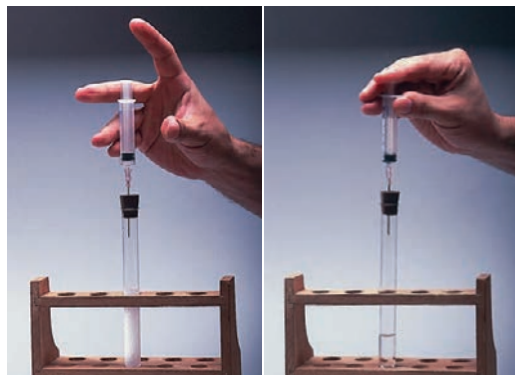
Pl. az ammóniaképződésnél:



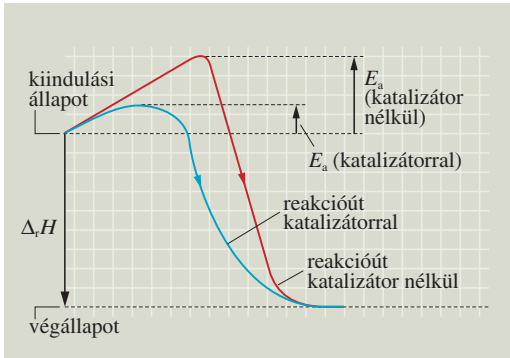
Az ammóniagyártásnál a nyomás növelésével tolják el az egyensúlyt az ammóniaképződés irányába.

Összességében megállapíthatjuk, hogy **egy dinamikus egyensúlyban levő kémiai rendszer megzavarásakor annak a folyamatnak lesz nagyobb a sebessége, amely a zavaró hatást csökkenteni igyekszik. Ez a legkisebb kényszer elve\*** (*Le Châtelier–Braun-elv [lő satöljé–braun]*). A folyamat vége egy újabb egyensúlyi állapot.

*A katalizátorok az egyensúlyt nem befolyásolják, mivel mind az oda-, mind a visszaalakulást meggyorsítják az aktiválási energia lecsökkentésével.*



122.2. A szén-sav bomlásának egyensúlya eltolható a nyomás változtatásával



123.1. A katalizátorok az átalakulások aktiválási energiáját lecsökkentik. Milyen előjelű az aktiválási energia?



123.2. Henry Le Châtelier (1850–1936) és Karl Ferdinand Braun (1850–1918) 1887-ben ismerték fel a legkisebb kényszer elvét

Külső hatás	Az egyensúly változása
<b>Koncentráció</b> reaktánskoncentráció nő vagy termékkoncentráció csökken reaktánskoncentráció csökken vagy termékkoncentráció nő	eltolódik a termékképződés irányába $\rightleftharpoons$ eltolódik a reaktánsképződés irányába $\rightleftharpoons$
<b>Nyomás</b> növekszik csökken	eltolódik a molekulák számának csökkenése irányába eltolódik a molekulák számának növekedése irányába
<b>Hőmérséklet</b> növekszik csökken	exoterm reakciónál eltolódik a reaktánsképződés irányába $\rightleftharpoons$ endoterm reakciónál eltolódik a termékképződés irányába $\rightleftharpoons$ exoterm reakciónál eltolódik a termékképződés irányába $\rightleftharpoons$ endoterm reakciónál eltolódik a reaktánsképződés irányába $\rightleftharpoons$

123.3. A kémiai egyensúly változása külső hatásokra

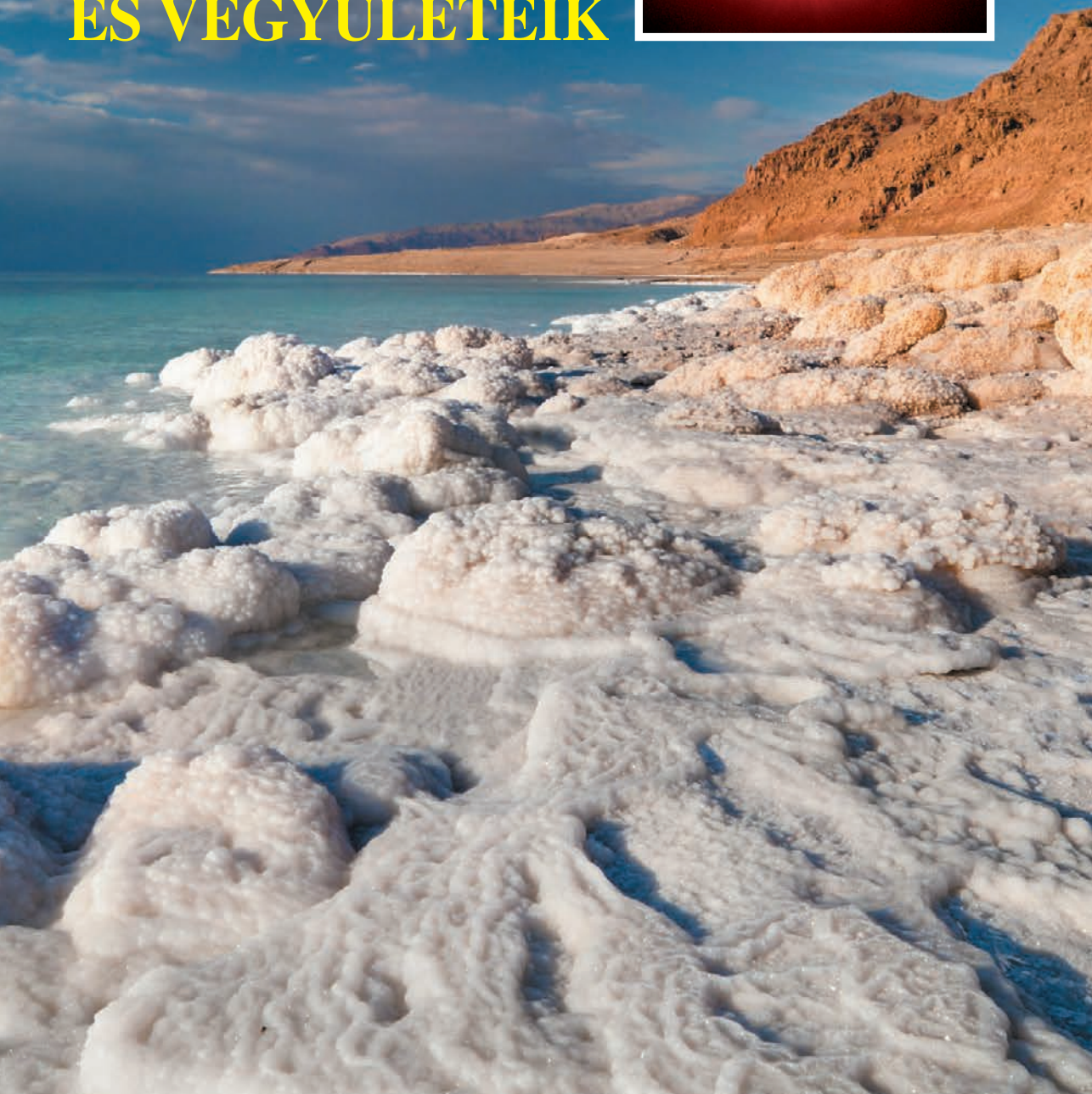
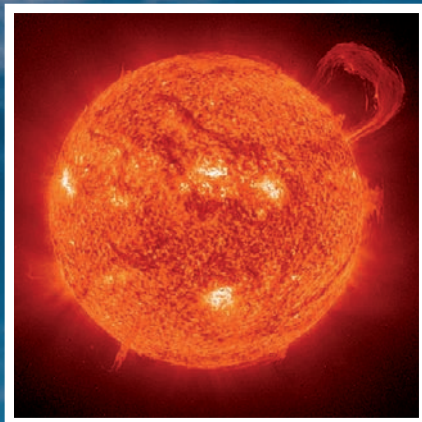
### KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

- Melyek azok a tényezők, amelyekkel egy kémiai reakció egyensúlyát befolyásolhatjuk?
  - Hogyan kell megváltoztatnunk a hőmérsékletet, ha azt akarjuk, hogy egy endoterm reakció egyensúlya a termékek, ill. a kiindulási anyagok képződésének irányába tolódjék el?
  - Milyen irányú változások történnek az alábbi egyensúlyi rendszerekben, ha
 

a) növeljük a víz koncentrációját,	d) katalizátort alkalmazunk,
b) melegítjük a gázelegyet,	e) növeljük a nyomást,
c) valamilyen reakcióval megköjtjük a CO-ot,	f) növeljük a hidrogén koncentrációját?
- A)  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$       B)  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

# VI. fejezet

## A NEMESGÁZOK, A HIDROGÉN, A HALOGÉNEK ÉS VEGYÜLETEIK



# A NEMESGÁZOK

**A nemesgázok a periódusos rendszer VIII. főcsoportjának elemei:** a hélium (He), a neon (Ne), az argon (Ar), a kripton (Kr), a xenon (Xe) és a radon (Rn).

**A nemesgázok neve** görög szavakból származik. A szavak jelentése részben felfedezésükkel, részben valamelyik jellemző tulajdonságukkal kapcsolatos. A hélium neve a görög heliosz szóból ered, ami Napot jelent. Színképe alapján a Napban mutatták ki először, és azután találták meg a Földön. A neosz jelentése új, az argoszé lusta, a krüptoszé rejtett, a xenoszé idegen.

A nemesgázok fizikai és kémiai tulajdonságai elektronhéjuk szerkezetének következménye. A periódusos rendszer minden periódusa egy-egy nemesgázzal zárul.

A héliumatom 2, a többi nemesgáz atomjának külső héja 8 elektront tartalmaz. Ez az elektroneloszlás a **nemesgázszerkezet\***, ( $ns^2 np^6$ ), oktett. A nemesgázatomok a periódusban elhelyezkedő többi atomhoz viszonyítva a lehetséges legalacsonyabb energiaszinttel rendelkeznek, és nem alkotnak egymással kémiai kötések. **A nemesgázok halmaz**a (ahogyan azt a sűrűségmérések is bizonyították) **nemesgázatomokból áll**. Minden más atom a nemesgázszerkezet elérésére törekszik, amit kémiai kötések kialakításával érhet el.

A nemesgázok teljes kémiai közömbösségére vonatkozó elképzelés napjainkban már a csoport magasabb rendszámú tagjainál (Kr, Xe, Rn) nem helytálló.

**A nemesgázok fizikai tulajdonságai:**\* színtelen, szagtalan, igen alacsony olvadási- és forráspontú, nehezen cseppfolyósítható gázok. Sűrűségük atomtömegükkel párhuzamosan növekszik. Sűrűségük alapján számított molekulatömegük az atomtömegükkel azonos, tehát *a nemesgázok halmazai egyatomosak*. Alacsony hőmérsékletre hűtve

*hélium* (héliosz) = Nap (görög)

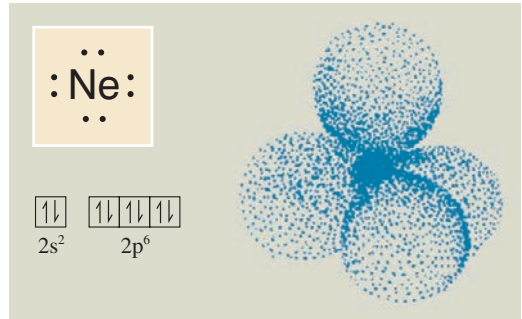
*neon* (neosz) = új (görög)

*argon* (argosz) = tétlen, lusta (görög)

*kripton* (krüptosz) = rejtett (görög)

*xenon* (xenosz) = idegen (görög)

*radon* (radius) = sugár, sugárzás (latin)



163.1. A neonatom elektronfelhőjében négy elektrorpár van a külső héjon

Vegyjel	Op. (°C)	Fp. (°C)	Sűrűség ( $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ )
He	-272,2	-268,3	0,16
Ne	-248,6	-246,1	0,83
Ar	-189,4	-185,8	1,63
Kr	-157,4	-153,2	3,42
Xe	-111,7	-108,0	5,37
Rn	-71,0	-61,7	9,07

163.2. A nemesgázok olvadási- és forráspontja, illetve sűrűsége (25 °C; 0,1 MPa)

apoláris atomjaik között gyenge diszperziós kötések hatnak, ezért fagyáspontjukon molekulárcsos kristályokba rendeződnek.

Vízben kismértékben, szerves oldószerekben jobban, a cseppfolyós levegőben jól oldódnak. A hőt rosszul, az elektromosságot nem vezetik. Ha azonban az üvegcsőben levő nemesgázok nyomását erősen lecsökkentjük és

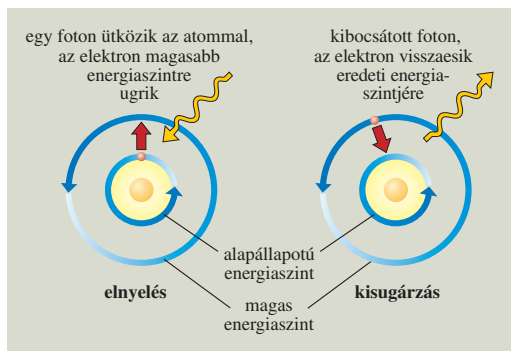
nagy elektromos feszültséget kapcsolunk a cső két végére, akkor a nemesgázok vezetővé válnak. Ilyenkor a cső egyik végétől a másik felé áramló elektronok ütköznek a nemesgázatomokkal. Az ütközés következtében a nemesgázatom magja körül mozgó *elektronok közül* egy vagy két elektron *gerjesztett állapotba* kerül. Amikor az elektronok visszaérnek eredeti pályájukra, *ezt a felvett energiát fény kisugárzása közben adják le.*

A kibocsátott sugárzás színe függ a nemesgáz minőségétől. A hélium például arany-sárga, a neon narancs-, a kripton halvány ibolyaszínű fényel világít. Más színt mutatnak a belül fluoreszkáló anyaggal bevont reklámcsővek.

Az 1960-as években kvantumkémiai számítások eredményeként először a xenonnak, majd a kriptonnak is több valódi vegyületét állították elő.

A nemesgázok **a levegőnek kb. 1 térfogat%-át alkotják.** Passzivitásuk miatt csak a 19. század végén fedezték fel őket. A légkör nemesgáztartalma túlnyomórészt argonból áll. A többi nemesgáz Földünkön ritkán fordul elő. A világűrben a hélium, a hidrogén mellett, a legnagyobb mennyiségben előforduló elem.

A Földön viszonylag jelentős mennyiségű héliumot tartalmaznak egyes kőolaj- és földgázforrások gázai, ezenkívül néhány ásvány



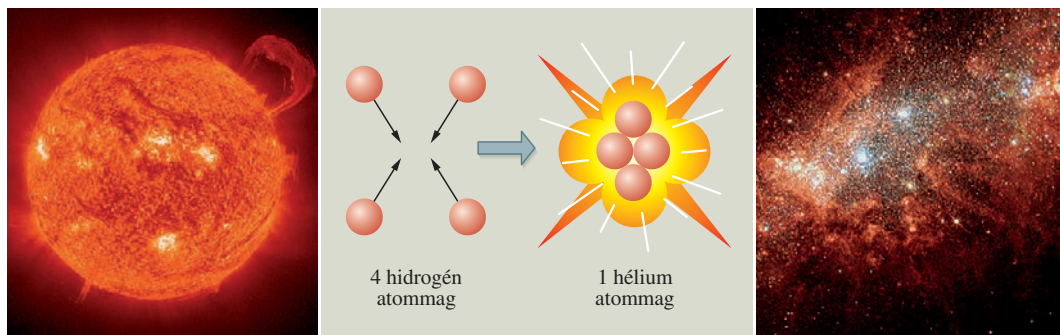
164.1. A nemesgázok fénykibocsátásának magyarázata

és kőzet is. A hélium atommagja azonos a radioaktív elemek által kibocsátott  $\alpha$ -részecskével. A Föld mélyében végbemenő radioaktív bomlás termékének eredményeként így keletkezik hélium az ásványokban és a kőzetekben. A mintában eredetileg előforduló radioaktív elem még el nem bomlott mennyiségéből és a minta héliumtartalmából meghatározható az ásványok és a kőzetek kora.

**A nemesgázokat a levegőből és a földgázból nyerik.**

**A nemesgázok gyakorlati alkalmazása:** a *héliumot* – mivel sűrűsége kisebb a levegőénél, és nem gyúlékony, mint a hidrogén – léghajók, léggömbök töltésére használják.

A búvárok a légköri levegő helyett héliumoxigén elegyből álló „mesterséges levegőt” használnak.



164.2. A Napban hidrogén atommagokból hélium atommagok keletkeznek. A világűrben a hidrogén mellett a hélium az egyik leggyakoribb elem

A neon a legismertebb nemesgáz, „neoncsövek”, fénycsövek töltésére használják. Az argont és a kriptont rossz hővezető tulajdonsága alkalmassá tette villanyégők töltésére. A hagyományos izzólámpák kriptonnal való töltése a magyar Bródy Imre találmánya.

Az argont a hegesztésnél és egyes fémek (pl. alumínium) előállításánál az oxidáció megakadályozására védőgázként is alkalmazzák.

A radon a rádium sugárzásának mellékterméke. Ásványvizeink, gyógyvizeink gyakran radontartalmúak, gyógyhatásuk számos esetben a radon radioaktivitására vezethető vissza.

A nemesgázok és vegyületeik gázlézerek aktív anyagai is lehetnek (pl. He—Ne, Ar<sup>+</sup>, ArF, KrF, XeF, KrCl, XeCl, XeBr).



165.1. Bródy Imre (1891–1944) magyar fizikus fejlesztette ki az argon-nitrogén töltőgáz izzólámpa helyett a jobb hatásfokú kriptontöltésű izzót. Az izzólámpában lévő kripton magas hőmérsékleten sem lép reakcióba az izzószál anyagával, a volfrámmal



165.2. A neoncsöveket, reklámcsőveket nemesgázokkal, a levegőben szépen szálló színes léggömböket héliumgázzal töltik meg. A bűvárok hélium és oxigén elegyét lélegzik be



## KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Keress az interneten adatokat arra vonatkozóan, hogy szervezetünket milyen forrásokból éri sugárzások!
2. Vitassátok meg, hogy mit jelent a radon jelenléte a lakásban!
3. Miért lesz „törpehangja” annak, aki héliumot lélegez be? Vigyázat! Ez a „szórakozás” az oxigénhiány miatt veszélyes is lehet!
4. Nézz utána, mi a gyakorlati jelentősége Just Sándor (1874–1937) vegyészmérnök szabadalmának!
5. Hány db héliumatomot tartalmaz a 100 dm<sup>3</sup> térfogatú, héliummal töltött gázpalack, ha benne a gáz sűrűsége  $164 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$ ?
6. A nyers húsokat szállítás és tárolás során gyakran védőgáz alatt tartják. Nézz utána, hogy az argon vagy a szén-dioxid alkalmasabb a hús romlásának megakadályozására!