

## Kémiai kötések II, Az ionos kötés jellemzése

---

A periódusos rendszerben megtalálható **elemek többsége nem atomos állapotban létezik** a Földön. Első közelítésben **minden atom arra törekszik, hogy elektronszerkezetével a nemesgázszerkezetet elérje**. Ahhoz, hogy ez sikerüljön, képesek egymással összeállni és úgynevezett kémiai kötést kialakítani. Ebben a fejezetben megismerkedünk a kémiai kötések fajtáival és azok tulajdonságaival.

A kémiai kötések alapvetően **két nagy kategóriába** sorolhatjuk. Léteznek **elsőrendű** és **másodrendű** kötések.

### Elsőrendű kémiai kötések

Az elsőrendű kémiai kötések közvetlenül az **atomok között alakulnak ki**. Három fajtáját különböztetjük meg:

- **ionos kötés**
- **fémes kötés**
- **kovalens kötés**

### Ionos kötés

Az **atomok semleges töltésűek**, vagyis pontosan **annyi pozitív töltésű protont** tartalmaz atommagjában, **mint amennyi negatív töltésű elektront** az elektronfelhőjében. Ez azonban megváltozhat. Az **atomok képesek elektront leadni** vagy éppenséggel **felvenni**, módosítva ezzel töltésüket. Ha **egy atom** egy vagy több **elektront lead**, akkor **pozitív töltésűvé válik**, az ilyen pozitív töltésű részecskéket hívják **kationoknak**. Az ellentétes folyamattal, vagyis **elektronfelvétel által keletkező részecskét anionnak** nevezik. De miért tesz ilyet egy atom, hogy saját elektronját elhagyja vagy befogad egy számára idegent? Ennek hajtóereje az energetikailag kedvezőbb nemesgázszerkezet elérésében rejlik.

### ***Kationok képződése***

Kationok létrehozásához energia befektetésre van szükség. Ezt az energiát az **ionizációs energia jellemzi**, ami nem más, mint az **1 mól gázalmazállapotú, alapállapotú atom legkönnyebben leszakítható elektronjának az eltávolításához szükséges energia**. Jele  $E_i$ , mértékegysége **kJ/mol**, szükséges energia lévén **pozitív előjelű**, azaz **endoterm folyamat**. Az atomok – minőségüktől függően – **egyszeresen** vagy **többszörösen pozitív kationokat** képesek létrehozni. Az alkálifémek – mivel vegyértékhéjukon csak egy elektron van – egy elektron megszabadulásával képeznek iont, vagyis ionjaik egyszeresen pozitívak. Az alkáliföldfémek esete már más, nekik már két elektrontól kell megszabadulniuk. Az alumíniumnak háromtól, a *d* mező elemei pedig már egy elég nagy sokszínűséget mutatnak a kation képzés terén.

**Az első elektron eltávolítását az első ionizációs energia, a másodikét a második ionizációs energia, harmadikét pedig a harmadik ionizációs energia jellemzi** és így tovább. Egy **adott elem esetében** (pl. alumínium) a **második ionizációs energia mindig nagyobb, mint az első, mert az első elektron** eltávolításánál az elektron **egy semleges atomról szakadt le**, míg a **második és a többi elektron** esetében, **már pozitív atomtörzsről** szakad le a következő. Pozitív atomtörzsről pedig a nagyobb vonzerő miatt nehezebb elektront eltávolítani, mint a semlegesről. Ugyanez az oka annak is, hogy a harmadik ionizációs energia nagyobb a másodikonál, illetve az elsőnél.

$$E_{i1} < E_{i2} < E_{i3}$$

**Méretüket tekintve a kationok sugara mindig kisebb a megfelelő semleges atomokénál**, ugyanis az elektron leszakadása után a többségben lévő pozitív töltések jobban össze tudják húzni az elektronfelhőt.

### ***Anionok képződése***

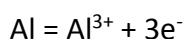
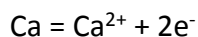
Anion akkor képződik, amikor egy atom elektront vesz fel, és ezáltal negatív töltésűvé válik. Ilyenkor az adott atom elektronszerkezete eléri a nemesgázszerkezetet, alacsonyabb

energiájú állapotba kerül. Az anionok képződésével kapcsolatos energiaváltozást az elektronaffinitás jellemzi. **Elektronaffinitás** alatt azt az energiaváltozást értik, amely akkor lép fel, amikor 1 mól gázhalmazállapotú szabad atomból 1 mól egyszeresen negatív töltésű gázhalmazállapotú ion képződik. A szakirodalom ugyanakkor nem egységes az elektronaffinitás definíciójának tekintetében: előfordul, hogy egyes szakirodalmak elektronaffinitás alatt épp az előbb leírt folyamat ellentettjét értik, vagyis azt az energiaváltozást, amely akkor lép fel, amikor egy mól gázhalmazállapotú, egyszeresen negatív töltésű ionból egy mól semleges atom képződik 1 mól elektron leadásával. A két definíció voltaképpen egyformán helyes.

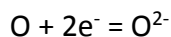
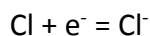
**Anion képzésére a nagy elektronegativitású atomok** képesek. Ilyenek tipikusan a halogének (VII A), valamint a VI. főcsoportban leginkább az oxigén és a kén. **Az anionok sugara mindig nagyobb, mint annak az atomnak a sugara, amelyikből képződtek.** Ennek az az oka, hogy elektronfelvételkor az adott atom több elektront fog tartalmazni, mint amennyi pozitív töltésű protont, és a protonok vonzó ereje így kevésbé érvényesül (kisebb mértékben tudja összehúzni az elektronfelhőt). Anion is lehet többszörösen negatív töltésű.

A fentebb tárgyalt anionokat és kationokat egyszerű ionoknak nevezzük, ugyanis atomból képződtek. A későbbiek folyamán még szó lesz az úgynevezett összetett ionokról is.

Példák az anion- és kation képződés folyamatának helyes felírására:



Jól látható, hogy a kationok képződésénél az elektronleadást az egyenlet jobb oldalán jelöljük pozitív előjellel, az  $\text{Al} - 3\text{e}^- = \text{Al}^{3+}$  felírás nem helyes és használatos.



Az ionok képződésének ismeretében válik érthetővé az **ionos kötés** létrejötte: ez a kötéstípus lényegében **2 ellentétes töltésű ion közötti elektrosztatikus vonzerő.** **Olyan atomok között** tud létrejönni, amelyek **elektronegativitás-különbsége nagyobb, mint 1,8-2.** Azok az atomok, amelyek között az elektronegativitás-különbség nagyobb, mint 1,8-2, azért szeretnek ionos kötést létrehozni, mert a kisebb elektronegativitású atom (mindig a

kationképző) nagyon szívesen átadja az elektronját a nagyobb elektronegativitású (anionképző) atomnak, és így mindketten elérik a nemesgázszerkezetet. Az ionos kötésű anyagok szilárd halmazállapotban **ionrácsba rendeződnek** (lásd később).

Tipikus példa ionos kötésre, amikor alkálifém, vagy alkáliföldfém (I.A és II.A) atomok halogénnel (VII.A) vagy oxigénnel vegyületet alkotnak.

kation atom	képző	anion atom	képző	keletkezett ionos vegyület
Li		Cl		LiCl
Na		F		NaF
K		Br		KBr
Ca		O		CaO
Mg		Cl		MgCl <sub>2</sub>

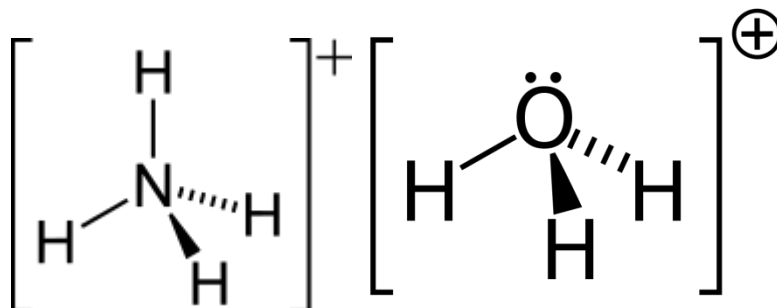
Amikor egy ionos vegyület képletét szeretnénk meghatározni, akkor azt kell figyelembe venni, hogy az anion és a kation milyen töltésű. Mivel mind a két partner szeretné elérni a nemesgázszerkezetet, ezért olyan arányban alkotnak vegyületet, hogy ez megvalósuljon. Vegyük például az Al<sup>3+</sup> és O<sup>2-</sup> iont. A belőlük keletkező vegyületek aránya 2:3, vagyis 2 alumínium ionhoz három oxidion kapcsolódik. Ez azért van, mert a keletkező vegyület töltését nézve csak így lesz semleges, vagyis így éri el az alumínium és oxigén a nemesgázszerkezetet. Következésképpen a képletet úgy adhatjuk meg a legegyszerűbben, hogy a kation töltésének a számértékét az anion jobb alsó indexébe írjuk, az anionét pedig a kation jobb alsó indexébe (keresztbe), például: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## Összetett ionok

Nem csak atomokból képződhetnek töltéssel rendelkező részecskék. Ha egy molekulából leszakad, vagy hozzákapcsolódik egy töltéssel rendelkező részecske, akkor a molekulának töltése lesz. **Az összetett ionok olyan töltéssel rendelkező részecskék, amelyek kettő vagy több atomból állnak és atomjaikat kovalens kötés tartja össze.** Kationok és anionok egyaránt megtalálhatók a képviselői között.

**Az összetett kationok** többek között képződhetnek protonfelvétel vagy komplexképződés során. (Utóbbiról a későbbiekben lesz szó.) Amikor egy semleges molekula protont vesz fel,

akkor a benne lévő protonok és elektronok száma eltérő lesz, és a molekula pozitív töltésűvé válik. Erre jó példa az ammóniumion és az oxóniumion.



Lévéen a protonnak nincs elektronja ezért az ilyen kötés csakis datív módon alakulhat ki

**Összetett anionok** leggyakrabban **savak protonleadása során keletkeznek** (őket hívjuk **savmaradék-anionnak**). A savak esetében az ion annyiszor negatív, ahány protont leadott. Az összetett anionokra **jellemző a delokalizáció jelensége**. Delokalizáció során a töltést okozó elektronok az összetett ionban lévő esetleges pi kötésekkel együtt delokalizálódnak az egész részecskére kiterjedően. Ennek hajtóereje az összetett ion szimmetriájának (alakjának) javítása úgy, hogy a töltéseloszlás szimmetrikus lesz.

Összetett anion természetesen képződhet más úton is, például komplexképződés során.

### Ion-atomméret összehasonlítás

Gyakran kérdés, hogy azonos elektronszerkezettel rendelkező ionok illetve atomok méret szerint egymással milyen viszonyban vannak. A válasz nem meglepő: legpozitívabb részecske lesz mindig a legkisebb méretű, a legnegatívabb a legnagyobb, középen a semleges atom. Oka: a kationban lévő protontöbblet jobban össze tudja húzni az elektronfelhőt, mint az anionban lévő protonhiány. Például:



**Emelt szinten fontosabb ionok nevei és képletei (emelten hibátlan tudásuk alapján számít)**

Ion neve	Ion képlete
I.A fémek mindig +1, pl. nátriumion	$\text{Na}^+$
II.A fémek mindig +2 pl. kalciumion	$\text{Ca}^{2+}$
Alumíniumion	$\text{Al}^{3+}$
cinkion	$\text{Zn}^{2+}$
ezüstion	$\text{Ag}^+$
vas(II)-ion	$\text{Fe}^{2+}$
vas(III)-ion	$\text{Fe}^{3+}$
réz(I)-ion	$\text{Cu}^+$
réz(II)-ion	$\text{Cu}^{2+}$
higany(I)-ion	$\text{Hg}_2^{2+}$
higany(II)-ion	$\text{Hg}^{2+}$
kadmium ion	$\text{Cd}^{2+}$
ólom(II)-ion	$\text{Pb}^{2+}$
ammóniumion	$\text{NH}_4^+$
óxoniumion	$\text{H}_3\text{O}^+$
ezüst-diamin komplexion	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
réz-tetraamin komplexion	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
hexakva-aluminát komplexion	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
hidrogénion (proton)	$\text{H}^+$
fluorid	$\text{F}^-$
klorid	$\text{Cl}^-$
bromid	$\text{Br}^-$
jodid	$\text{I}^-$
oxid	$\text{O}^{2-}$
szulfid	$\text{S}^{2-}$
nitrid	$\text{N}^{3-}$
hidrid	$\text{H}^-$
szulfit	$\text{SO}_3^{2-}$
szulfát	$\text{SO}_4^{2-}$
nitrit	$\text{NO}_2^-$
nitrát	$\text{NO}_3^-$
foszfát	$\text{PO}_4^{3-}$
hidroxid	$\text{OH}^-$
formiát	$\text{HCOO}^-$
acetát	$\text{CH}_3\text{COO}^-$
karbonát	$\text{CO}_3^{2-}$
hidrogén-karbonát	$\text{HCO}_3^-$
hipoklorit	$\text{OCl}^-$
klorit	$\text{ClO}_2^-$
klorát	$\text{ClO}_3^-$
perklorát	$\text{ClO}_4^-$
permanganát	$\text{MnO}_4^-$

tetrahydroxo-aluminát	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
-----------------------	------------------------------