

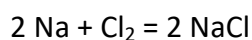
Redoxireakciók

(14. fejezet)

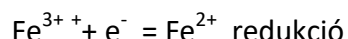
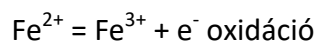
Redoxireakciók jellemzése

A redoxireakciók a kémiai reakció típusok egyik nagy csoportját képezik. A redoxireakciók nem mások, mint **elektronátmenettel járó kémiai reakciók**, vagyis **központi szerepben a vegyértékelektronok** vannak. Ez mit is jelent pontosabban? Két részecske találkozik: az egyiknek van(nak) olyan elektronja(I), amelyiktől képes megválni, a másiknak pedig pont szüksége van valamennyire. Annak érdekében, hogy mind a ketten kedvezőbb energiai állapotba kerüljenek, az egyik átadja a másiknak az elektronját. Az a részecske, **amelyik elektront ad le, oxidálódik, amelyik felvesz, redukálódik.**

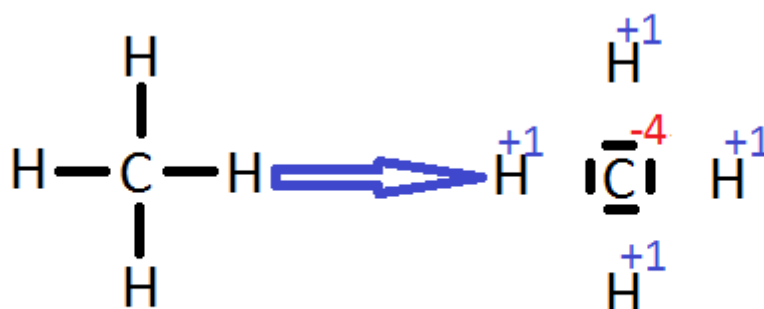
A redukció és az oxidáció szimultán (egy időben) zajlik. Vagyis ahogy az egyik részecske leadja az elektronját, a másik azt azonnal felveszi. Ezt úgy is lehet érteni, hogy **aki oxidálódik, az a másikat redukcióra készíti, aki meg redukálódik, az a másikat oxidációra.** Ebből adódóan az **oxidálódó részecske redukálószer, a redukálódó részecske oxidálószer**, hiszen partnerét az ellentétes folyamatra készíti.



Redoxireakcióban mind a három kötéstípus (ionos, fémes, kovalens) részecskéi képesek részt venni. A fenti példán jól látszik, hogy **ionos kötés kialakulása esetén, amelyik részecske kationt képez, az oxidálódik**, mert elektront ad le (így tesz szert pozitív töltésre), **amelyik aniont képez, az pedig redukálódik**, mert elektront vesz fel, ezáltal negatív töltésűvé válik. Fémek esetén sem okoz különösebb nehézséget eldönteni, hogy az adott fémrészecske (atom vagy ion) éppen hogyan viselkedik. **Ha a fémrészecske (atom vagy ion) pozitív lesz, vagy pozitívabbá válik, akkor oxidálódik, ellentétes esetben redukálódik.** (Ha egy fématomból ion képződik, akkor oxidálódik, ha az ionból képződik atom, vagy kevésbé pozitív töltésű ion, akkor az ion redukálódik).



Molekulák esetén azonban nem mindig könnyű, sőt legtöbb esetben nehéz eldönteni, hogy melyik atom milyen szerepet tölt be. Sokszor még az is nehézséget okoz, hogy megállapítsuk, mely atomok cserélnek elektront egymással. A kémikusok az **oxidációs szám** bevezetésével orvosolták ezt a problémát. **Az oxidációs szám egy fiktív, mértékegység nélküli mennyiség. Annak a relatív töltésnek a számértéke, amelyet akkor kapnánk, amikor a kovalens kötésben lévő nagyobb elektronegativitású atomhoz hozzárendeljük a nem kötő elektronpárjai mellett a kötésben lévő elektronpárokat is.** Konkrét példa vizsgálatával megvilágítható az oxidációs szám szerepe:



A metánban az egyes atomok oxidációs számai

A fenti ábrán jól látszik, hogy a metánban a hidrogének oxidációs száma +1, míg a szénatomé -4. Ez az oxidációs szám definíciója alapján nem meglepő. A hidrogénnek alap esetben egy vegyértékelektronja van, a szénnek 4. Ha a nagyobb elektronegativitású atomhoz, vagyis a szénhez hozzárendeljük a kötésben lévő elektronokat, akkor a szén körül formálisan 8, a hidrogén körül pedig 0 elektron található. Ez azt jelenti, hogy formálisan a szénnek négyvel több elektronja van, ezért az oxidációs száma -4 (lévén, hogy az elektron egyszeresen negatív töltésű), hidrogénnek eggyel kevesebb, ezért az oxidációs száma +1.

Természetesen a fenti gondolatmenetet nem kell mindig, minden molekula esetén végigvinni. Van ugyanis egy-két hasznos megállapítás, mondhatni apró **szabály**, amely egyszerűvé és gyorsá teszi a kiszámítását:

- **A Fluoratom oxidációs száma vegyületeiben mindig -1.** Mivel a Fluor a legnagyobb elektronegativitású elem, ezért akárkivel is létesít kötést, a kötő elektrópárt mindig hozzá fogjuk rendelni. (kivéve az önmagával képzett molekulában, F_2 , ott természetesen 0.)
- **Atomok és elemolekulák oxidációs száma 0.** (pl. Fe Cu, S_8 , C stb.)
- **Egyszerű ionok oxidációs száma megegyezik az ion töltésével.**
- **A hidrogén oxidációs száma vegyületeiben mindig +1, kivéve a fém hidridekben, ahol -1** (NaH , MgH_2 , $LiAlH_4$ stb.)
- **Az Oxigén oxidációs száma vegyületeiben mindig -2. Kivéve a peroxidokban, ott -1** (H_2O_2 , MgO_2 , Na_2O_2 stb.), **szuperoxidokban, ott -0,5 (KO_2) és a fluor oxidjában, ahol +2** (F_2O).
- **Molekulákban az alkotó atomok oxidációs számának az összege mindig nulla.**
- **Összetett ionok esetén az alkotó atomok oxidációs számának az összege megegyezik az ion töltésével.**

Nézzünk egy-két példát:

- H_2SO_4
 - Oxigén a szabály alapján -2
 - hidrogén +1
 - A kéné úgy jön ki, hogy az egyes atomok oxidációs számait összeadjuk és a kénatoméval együtt nullára (mert a kénsav molekula) kell az összegnek kijönnie. Legyen a kénatom oxidációs száma: X Ez esetben $2 \cdot +1 + X + 4 \cdot (-2) = 0$.
 $X = +6$, vagyis a kén a kénsavban +6-os oxidációs állapotban van.
- NO_3^-
 - Oxigén a szabály alapján -2
 - Az egy nitrogén és a három oxigén oxidációs számának az összege -1 kell legyen, mert a nitrát ion egyszeresen negatív töltésű összetett ion. Ebből adódóan $X + 3 \cdot (-2) = -1$ vagyis $X = +5$, vagyis a N atom oxidációs száma a nitrát ionban +5.
- $KMnO_4$
 - Oxigén a szabály alapján -2

- Alkálifém lévén a kálium vegyületeiben mindig +1, mert mindig +1 töltésű iont képez.
- Mn oxidációs száma a következő egyenlettel jön ki: $+1+X+4*(-2)=0$ vagyis $X=+7$
- $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
 - Ebben az esetben az egyszerűbb és gyorsabb megoldás érdekében érdemes egy apró trükköt használni. Ionok kezelhetőek külön is. Ebből az következik, hogy 2 vas ionnal 3 -2-es töltésű szulfát vegyül. Ez azt jelenti, hogy a két vas ionnak együtt +6 töltésűnek kell lennie annak érdekében, hogy a 3 szulfát összesen $3*(-2)=-6$ töltését semlegesítse. A vas oxidációs száma ebben a molekulában tehát $6/2=+3$, tehát a vas(III)-szulfátról van szó.
 - Oxigén a szabály alapján -2
 - A kén oxidációs számát két féleképpen számolhatjuk. Vagy a vas(III)-ion segítségével, vagy észrevesszük azt, hogy a kén atom szulfátion formájában van jelen, aminek képlete SO_4^{2-} , vagyis $X+4*(-2)=-2$, azaz $X=+6$, vagyis a kén atom a vas(III)-szulfátban +6-os oxidációs állapotban van.
- További példák a feladatgyűjteményben találhatóak.

Nézzük mire is volt ez az oxidációs szám meghatározás jó?

Egyrészt annak azonosítására, hogy az adott kémiai reakció redoxi vagy sem. **Ha a kémiai reakcióban van olyan atom(ok), melynek oxidációs száma változik, akkor redoxi reakcióról beszélünk.**

Másrészt az oxidációs szám segítségével meg tudjuk állapítani, hogy egy adott redoxi reakcióban melyik atom milyen szerepet tölt be. **Az az atom, amelynek az oxidációs száma a reakció során csökken, az redukálódik, azaz elektront vesz fel, akinek az oxidációs száma nő, az oxidálódik, azaz elektront ad le.**

Harmadrészt az oxidációs szám komoly segítséget nyújt a redoxi reakciók rendezésében.

Redoxireakciók rendezése

Mielőtt elkezdenénk egy redoxireakciót rendezni, meg kell bizonyosodni, hogy az adott kémiai reakció tényleg e típusba tartozik-e. Ezt legkönnyebben úgy ellenőrizhetjük, hogy a reakcióban részt vevő atomok oxidációs számát kiszámoljuk az egyenlet mind a két oldalán. Ha azt vesszük észre, hogy valamely atom oxidációs száma a két oldalon nem egyezik meg, akkor biztosak lehetünk benne, hogy redoxireakcióval van dolgunk. Érdeemes észrevenni, hogy mivel a redoxireakciónál az egyik atom elektront ad le (oxidálódik), addig egy másik felveszi azt (redukálódik), vagyis – egy-két esettől eltekintve – redoxireakciónál nem egy, hanem két atomot kell találnunk, amelynek változik az oxidációs száma.

Az egyenlet rendezésénél az oxidációs számok változását fogjuk kihasználni. Az ilyen reakciók rendezésénél **két nagyon fontos szempontot** kell figyelembe venni: **a anyagmegmaradás elvét és a töltésmegmaradást.**

Az anyagmegmaradás törvényének értelmében az anyag nem vész el, csak átalakul, vagyis az egyenlet jobb és bal oldalán lévő különböző atomok mennyiségének meg kell egyeznie. Ezt úgy ellenőrizhetjük, hogy minden atom darabszámának is meg kell egyeznie a két oldalon. Például, ha a bal oldalon 10 H atom van, akkor a jobb oldalon is annyinak kell lennie.

A töltésmegmaradás szabályának értelmében az egyenlet két oldalán lévő töltések összegének meg kell egyeznie.

Nézzünk pár példát az egyenlet rendezésére:

Mielőtt belekezdenénk, érdemes lenne picit kategorizálni a redoxi egyenleteket. Természetesen mindenki saját szájíze szerint kategorizálhat, jelen jegyzetben csak az emelt szintű érettségéhez legszükségesebb legfontosabb kategóriákat érintem.

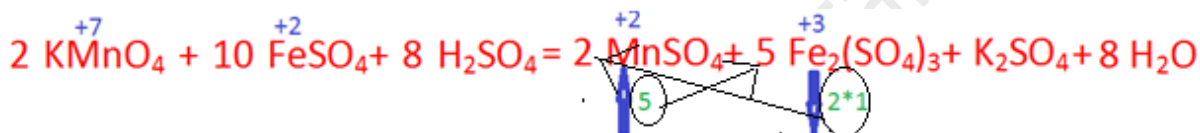
- Az egyik legtipikusabb kategória, amikor az egyenletben az egyik atom oxidációs száma nő, míg egy másiké csökken. Erre tipikus példa a permanganometriás redoxi titrálásokban alkalmazott hipermangán és Vas(II)-ion reakciója savas közegben. Az egyenlet a következő:



Első lépésben meg kell tudnunk állapítani, hogy melyek azok az atomok, melyek oxidációs száma az egyenlet két oldalán változik.

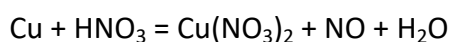
Ez a Mn és a Fe, a mangán +7-ről +2-re csökken, azaz redukálódik, míg a vas +2-ről +3-ra nő, azaz oxidálódik.

Ezután jön a töltésmegmaradás elvének kielégítése. Ez azt jelenti, hogy úgy rendezzük a két változó oxidációs számú atomot tartalmazó részecskét, hogy az elektronátmenet megegyezzen, azaz pont annyi elektron legyen felvéve, mint amennyi le lett adva. Ezt legegyszerűbben úgy tehetjük meg, hogy keresztbe írjuk a számokat, vagyis a vas változását a mangán előtt tüntetjük fel, míg a mangán változását a vas előtt tüntetjük fel. Felmerülhet a kérdés, hogy a vasnál miért van $2 \cdot 1$ elektron. A válasz az, hogy egy vas ugyan egy elektront ad le, azonban a vas(III)-szulfát képletében alaphól két vas van, így azt figyelembe kell vennünk. (ha három lenne, akkor hárommal szoroznánk és így tovább)



Ha ezzel megvagyunk, akkor már csak egy fontos lépés maradt hátra, még hozzá a **anyagmegmaradás elvének kielégítése**. Ezt már viszonylag egyszerűen megtehetjük. Addig számoljuk az atomokat az egyenlet két oldalán, míg azok száma meg nem egyezik. Természetesen azokat a részecskéket, amelyeknek már rendeztük a sztöchiometriai együtthatóját, már nem piszkálhatjuk. Egy praktikusság. Mindig azon atomok darabszámát rendezzük először, amelyek az egyik oldalon már teljesen rendezve vannak (ez azt jelenti, hogy az egyik oldalon már minden, adott atomot tartalmazó szerkezethez leírtuk az együtthatót).

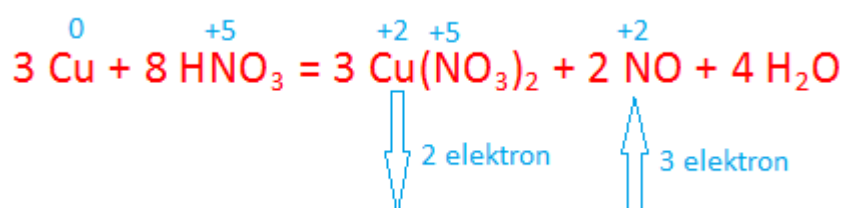
- A következő kategóriában **az egyik atom oxidációs száma kettéválk** még hozzá úgy, hogy **egyik része nem változik**, kvázi redoxi szempontból semmit nem csinál, **másik része azonban redukálódik/oxidálódik**. Tipikus példa ezekre **fémek és tömény oxidáló savak reakciói**. Nézzük a réz és a közepesen tömény sósav reakcióját:



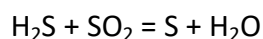
Az oxidációs számok felírása után rájövünk, hogy a rézatom oxidálódik, ugyanis oxidációs száma 0-ról +2-re nő. A N atommal azonban bajban vagyunk, ugyanis az

egyenlet bal oldalán oxidációs száma +5, a jobb oldalon viszont kétféle is van belőle. A réz(II)-nitrátban a N atom szintén +5, míg a NO molekulában +2.

Az ilyen esetekben nem mindegy, hogy az egyenlet mely oldalán kezdjük a rendezést. A probléma az, hogy a salétromsavban lévő N atom nem csak a NO N tartalmát kell fedeznie, hanem a sóképzésben résztvevő nitrát ion N tartalmát is. Emiatt **a rendezést ilyen esetekben csakis a jobb oldalon kezdhetjük**. A töltésmegmaradás elvét kielégítjük a szokásos módon, azonban vigyázzunk. A salétromsav elé nem a NO sztöchiometriai számát írjuk, hanem figyelembe vesszük azt is, hogy a nitrát ion nitrogén tartalmát is ő fedezi, így $2+3*2=8$ salétromsavra van szükségünk (2 az NO miatt és $3*2$ a $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ miatt ugyanis ebben $3*2$ N atom van). Ezután már csak a tömegmegmaradás elvének kell megfelelnünk. Ha mindent jól csináltunk, akkor az egyenlet helyesen rendezve a következő:



- A következő kategóriába a **szinproporciós** és **diszproporciós** reakciók tartoznak. **Szinproporciónak** nevezzük azt a jelenséget, amikor egy kémiai reakció során egy magasabb és egy alacsonyabb oxidáció számú anyagból közös oxidáció számú anyag keletkezik. Erre jó példa, amikor kén-hidrogén vizes oldatába kén-dioxidot vezetünk s a reakció során kolloid méretű elemi kén válik ki.



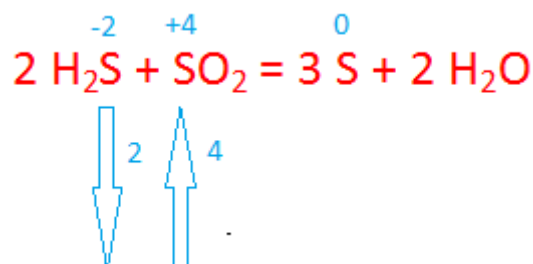
A kén-hidrogénben a kén oxidációs száma -2, a kén-dioxidban +4, míg a keletkezett elemi kénben 0.

Azt a jelenséget nevezzük **diszproporciónak**, amikor egy kémiai reakció során az abban résztvevő egy vagy több elem részben redukálódik és részben oxidálódik. Erre jó példa a **halogének alkáli-hidroxidokban való oldása** (például a hipó előállítása), vagy **kálium-klorát hevítése**.

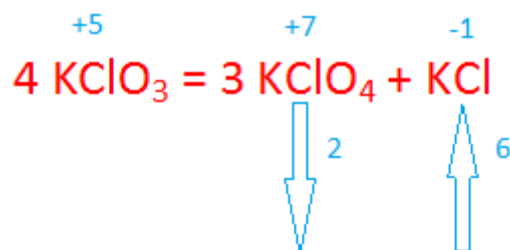


A kálium-klorátban a klór oxidációs száma +5, míg a kálium-perklorátban +7, a kálium-kloridban -1, azaz a klór oxidációs száma kettévált, ez azt jelenti, hogy egyik fele oxidálódott, másik fele redukálódott.

Az ilyen egyenleteket pofon egyszerű rendezni:



Ebben az esetben mind a két kén atom átmenetét kötelesek vagyunk az elemi kénhez viszonyítani.



A 3 és 1 sztöchiometriai számok egyszerűsítéssel jönnek ki, a 6 és 2 arányaiban ugyanaz, mint a 3 és 1.

Természetesen vannak még más kategóriába eső redoxi egyenletek, melyek részletes tárgyalásáról jelen jegyzetben eltekintünk.

Egyenletrendezésről a YouTube csatornámon találsz két videót, melyekben bőven kifejtem az egyes eseteket. A YouTube csatornám neve: LenartChem.

1. videó linkje: <https://www.youtube.com/watch?v=T6llOOWfEBo&t=60s>
2. videó linkje: <https://www.youtube.com/watch?v=BFWLTvkt7h8&t=22s>