

Kémiai képletek típusai és jelentései

A kémiai anyagok összetételét kémiai **képletekkel** fejezzük ki. A **minőségi** összetételt a képletben szereplő atomok vegyjele, a **mennyiségit** pedig a vegyjelek jobb alsó indexszáma fejezi ki.

(pl. H_2O , Cl_2 , NH_3 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, CO_2 , C_6H_6 , NaHCO_3 , CaCl_2 stb.)

A képletek típusai

♦ Tapasztalati képlet

A **vegyület alkotóelemeinek anyagmennyiség-arányát** fejezi ki. A képletben szereplő indexszámok a vegyületet felépítő atomok, ionok számarányát jelentik (a legkisebb egész számok arányában).

A nemmolekula-vegyületek halmazaira alkalmazzuk.

pl. NaCl – 1:1 anyagmennyiség-arányban tartalmaz Na^+ és Cl^- -ionokat,

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 2:1 anyagmennyiség-arányban tartalmaz K^+ és $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ionokat,

NaHCO_3 – 1:1 anyagmennyiség-arányban tartalmaz Na^+ és HCO_3^- -ionokat

♦ Molekula-képlet

Önállóan is létező, több atomból álló molekulák képlete (pl. CO_2 , Cl_2 , H_2O , H_2O_2 , Hg_2Cl_2 , O_3 , P_4O_{10} , stb.), gyakran megegyezik az adott vegyületek tapasztalati képletével. (néhány kivételtől eltekintve csak nemfémek alkotják)

A molekulaképlet indexei egyrészt az alkotórészek anyagmennyiségének arányait jelentik, valamint azt is, hogy a vegyület **egy molekulája melyik elem atomjából hányat tartalmaz.**

A tapasztalati képlet (az anyagmennyiség-arány) ugyanis nem mindig azonosítja a molekulát, pl. a CH tapasztalati képlet csak azt jelzi, hogy a molekula azonos molszámban tartalmaz szén- és hidrogénatomokat, pl. C_2H_2 - etin és C_6H_6 - benzol.

♦ A **szerkezeti képlet** feltünteti az atomok kapcsolódási sorrendjét is.

♦ A **gyökcsoportos képlet** a kapcsolódó atomcsoportok helyzetét tünteti fel

♦ A **elektronképlet** (**LEWIS-féle képlet**) feltünteti az összes vegyértékelektron helyzetét, jelentősen leegyszerűsíti a molekulák képletének felírását.

A képlet jelenti

- 1 az adott vegyület(ek) nevét
- 2 a vegyületet alkotó atomok, ionok minőségét,
- 3 a vegyületet alkotó atomok, ionok arányát,
- 4 a vegyület moláris mennyiségeit:
 - a vegyület moláris tömegét (emellett egy móljának tömegét is),
 - a vegyület moláris térfogatát, stb.

➤ a molekula-vegyületek esetében

- 5 a vegyület 1 molekuláját, illetve a vegyület $6,022 \cdot 10^{23}$ molekuláját is.

Az anyagmennyiség-arányok és a moláris tömegek ismeretében kiszámíthatjuk a vegyületben az alkotóelemek tömegarányát és a vegyület tömegszázalékos összetételét.

Kémiai egyenletek

A kémiai változásokban megváltozik a kiindulási anyagok összetétele, azaz az **eredeti kémiai kötések felbomlanak, új kötések, más összetételű molekulák vagy ionok jönnek létre** (az egyes alkotórészek elektronszerkezetében változás áll be). A kémiai reakciókat fizikai változások is kísérhetik.

A reakcióegyenletben (**kémiai sztöchiometriai egyenlet**) kémiai folyamatokat kémiai képletek jelrendszerével írjuk le, valamint a reagáló és a keletkezett anyagok anyagmennyiség-arányait is feltüntetjük. A kémiai reakciókra mindig érvényes a tömegmegmaradás törvénye (ezen alapszik a kémiai egyenletek rendezése).

Pl. a vízkő oldásakor kalcium-karbonát és sósav reakciójában kalcium-klorid, szén-dioxid és víz keletkezik:



Ez a jelölési mód nem tükrözi a bekövetkezett halmazállapot változást és ebben a formájában a mennyiségi viszonyokat sem.

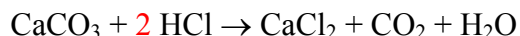
Az egyenletben a bal oldalon a kiindulási anyagokat, míg a jobb oldalon a termékek képleteit ill. vegyjeleiket tüntetjük fel; a folyamatot egyirányú (\rightarrow) vagy oda-vissza (\rightleftharpoons) nyíllal jelöljük, majd a reakció mennyiségi viszonyainak megállapítása, az egyenlet sztöchiometriai rendezése következik:



ahol **a, b, c, d és e** az adott vegyületek mennyiségi együtthatója (mértékegység nélküli szám) az adott kémiai reakcióban. Az együtthatókat úgy kell megállapítani, hogy az egyenlet bal és jobb oldalán minden atomból azonos mennyiség szerepeljen.

Arra kell törekedni, hogy az együtthatók a lehető legkisebb egész számok legyenek!

A helyes egyenlet:



Ha a bekövetkező fizikai változásokat is jelezni kívánjuk, a képletek mellett jobb oldalon jelölhetjük a halmazállapotot, az allotróp módosulatot és a hidratáltságot (pl. *s* - solidus, szilárd; *l* vagy *f* - liquidus, folyadék; *g* - gáz; *aq* - vizes oldat):

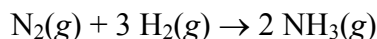


A gáz fejlődést \uparrow -jellel, a csapadékkiválást pedig aláhúzással, vagy \downarrow nyíllal is jelölhetjük.

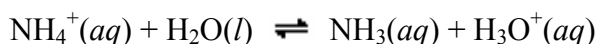
A kémiai reakciók csoportosítása

A kémiai reakciók lefolyásának alapvető feltétele, hogy a reagáló anyagok részecskéi érintkezzenek, ütközzenek egymással. A résztvevő **komponensek érintkezési helye szerint** megkülönböztetünk homogén és heterogén folyamatokat.

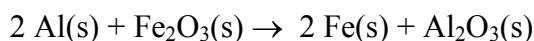
Homogén a reakció, ha a reagáló anyagok azonos fázisban vannak. Az érintkezést leginkább a gáz halmazállapot, (pl. az ammóniaszintézis)



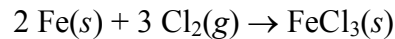
vagy az oldott állapot biztosítja (pl. ionok hidrolízise)



Heterogén reakcióban a résztvevő anyagok csak adott felületen, a fázishatáron érintkeznek. Szilárd anyagok között csak ritkán játszódik le kémiai átalakulás, mert itt a részecskék (atomok, ionok, vagy molekulák) a kristályrácsban helyhez kötve a rácspontokon helyezkednek el. (pl. termít reakció)



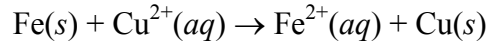
Azonban szilárd és gázfázis, vagy szilárd és folyadék halmazállapot esetén a szilárd felületen megfelelő a reagáló anyagok érintkezése. (pl. fémvas és klórgáz kölcsönhatásakor)



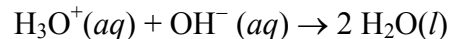
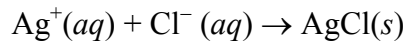
(pl. fém réz oxidációja tömény forró kénsavval)



(pl. rézkiválás a vas-szögön, ha rézion tartalmú oldattal érintkezik)



A kémiai folyamatok között nagy jelentőségűek az oldatokban lejátszódó kémiai reakciók, a legfontosabb oldószer a víz.



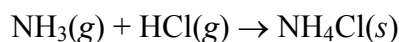
A kémiai átalakulást a környezet felmelegedése, vagy lehülése is kísérheti. A kémiai reakciók energetikai szempontjait a *termokémia* fejezetében fogjuk tárgyalni. A kémiai reakciók mechanizmusának, irányának és sebességének leírásával a *reakciókinetika* foglalkozik. A kémiai folyamatok irányát szerint *egyirányú és megfordítható* reakciókról beszélhetünk.

A *kémiai reakciókat* a lejátszódó folyamatok típusa alapján *két fő csoportra* bonthatjuk. Ha a reakció során az egyes atomok *oxidációs száma megváltozik* - **oxidációs-redukációs reakció** (redoxi reakció) játszódik le. Ha a kémiai folyamatban *nem történik oxidációs szám változás* - akkor **nem redoxi reakcióról** van szó. Mind a két reakciótípus esetén végbemehet homogén és heterogén átalakulás, és nagy jelentőségűek a vizes oldatban lejátszódó kémiai reakciók. A kémiai folyamat a résztvevő anyagok száma alapján lehet: **egyesülés, bomlás és cserebomlás**.

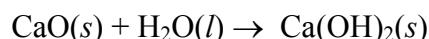
Nem redoxi reakciók

Amikor két vagy több különböző anyag reakciójában **egyetlen új vegyület keletkezik**, **egyesülés** játszódik le. Ez sokszor különböző halmazállapotú komponensek között megy végbe.

(ammónia gáz és hidrogén-klorid gáz kölcsönhatása, víznyomok jelenlétében)



(mészoltás, vagyis égetett mész – kalcium-oxid és víz reakciója, oltott meszet eredményez)

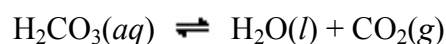


Az egyesüléssel ellentétes irányban zajlik le a **bomlás**, amikor egyetlen vegyület hő-, vagy más hatásra két, vagy **több komponensre bomlik fel**. Ezek a folyamatok lehetnek egyirányúak, vagy egyensúlyiak.

(hevítés hatására a mészkő – kalcium-karbonát átalakulása)



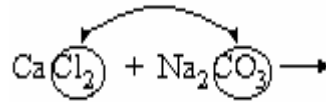
(ásványvízben oldott szénsav bomlása)



(cseppkő, illetve vízkő keletkezése a vízben oldott kalcium-hidrogénkarbonát bomlása során)



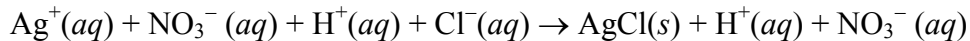
A **vizes oldatban** lejátszódó **cserebomlás** folyamatában az oldott anyagok ionos komponensei kicserélődnek, és a csere következtében új vegyületek jönnek létre. Pl.:



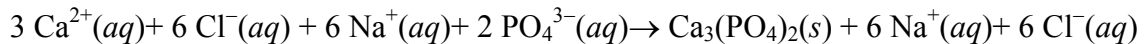
Az új vegyületek sajátosságainak megfelelően megkülönböztethetünk csapadékképződéssel, gázfejlődéssel és rosszul disszociáló vegyületek keletkezésével járó átalakulást.

A **csapadékképződési reakciók**ban az oldatban található ionok kombinálódása nagyon gyengén oldható vegyületet eredményez.

Pl. ha ezüst-nitrát oldathoz sósavat öntünk:



vagy kalcium-kloridot triszóval reagáltatunk:



Ha a reakció végén változatlanul jelenlévő ionokat nem írjuk fel, **ionegyenlethez** jutunk. A fenti csapadékképződési folyamatok ionegyenlete:



Annak eldöntésére, hogy a különböző ionok találkozásakor történik-e csapadék kiválás, vagy sem, a *vegyületek oldhatóságának ismerete* szükséges. Ehhez nyújt tájékoztató segítséget a következő összesítés, illetve a mellékelt táblázat.

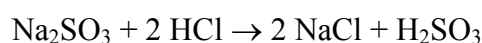
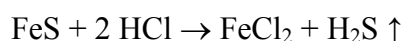
Vízben oldható sók:

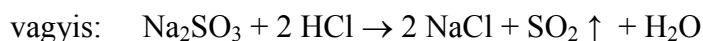
1. A **Na⁺, K⁺, NH₄⁺** valamennyi sója oldható.
2. Az összes **acetát** (CH₃COO⁻), **nitrát** (NO₃⁻) és **permanganát** (MnO₄⁻) oldható.
3. Az alkálifém- és alkáliföldfém-**hidrogénkarbonátok** (HCO₃⁻) oldhatók.
4. A **kloridok** (Cl⁻), **bromidok** (Br⁻) és **jodidok** (I⁻) oldhatók, **kivételek** a **Cu⁺, Ag⁺, Tl⁺, Pb²⁺, Hg₂²⁺** vegyületei, a **jodidnál** a **Bi³⁺** és a **Hg²⁺** is kivétel.
5. Az összes **szulfát** (SO₄²⁻) oldható, **kivétel** a **Ca²⁺, Sr²⁺, Ba²⁺** és **Pb²⁺** sói.

Vízben nem oldódnak:

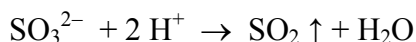
1. Az összes **oxid** (O²⁻) és **hidroxid** (OH⁻) oldhatatlan, **kivéve az 1. csoport, NH₄⁺, Ba²⁺, Sr²⁺** vegyületeit. A Ca(OH)₂ gyengén oldódik. A vízben oldható fémoxidok a vízzel reagálnak és hidroxidot képeznek.
2. Valamennyi **szulfid** (S²⁻) oldhatatlan, **kivételek** a nemesgázokkal izoelektronos fémionokkal (pl. **Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Ba²⁺**) és az **NH₄⁺**-nal képzett vegyület.
3. Az összes **szilikát** (SiO₄⁴⁻) oldhatatlan.
4. Általában a **karbonátok** (CO₃²⁻), **foszfátok** (PO₄³⁻), **szulfitok** (SO₃²⁻) és **oxalátok** (C₂O₄²⁻) oldhatatlanok, **kivételek** az **NH₄⁺** és az **alkálifémek** (a **Li⁺** nélkül) vegyületei.
5. A legtöbb **kromát** (CrO₄²⁻) oldhatatlan, **kivéve** az **alkálifémek** és az **NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺** vegyületeit.

A cserebomlás során az új vegyület nem csak szilárd halmazállapotú lehet, hanem **gáz fejlődés** is történhet, ha a reakcióban keletkező gáz oldékonysága kis mértékű. A cserebomlás eredményeképpen erős sav (vagy erős bázis) hatására könnyen bomló gyenge sav (vagy gyenge bázis) jön létre, amely vagy gáz halmazállapotú, vagy belőle gáz halmazállapotú komponens keletkezik. Pl.:





Ha csak a reagáló komponenseket tüntetjük fel az ioneqyenletben:



A leggyakoribb ion-csoportok, amelyekből ilyen típusú gázfejlődést tapasztalunk:

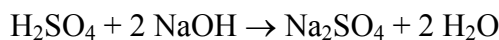


A cserebomlási folyamatok között a harmadik csoportot a **nem disszociáló vegyület keletkezésével járó sav-bázis reakciók** alkotják. Ezek körébe tartoznak a semlegesítés és a hidrolízis.

A sav-bázis reakciókban leggyakrabban előforduló savak és bázisok:

erős savak			erős bázisok		
HCl	HClO ₄	H ₂ SO ₄	LiOH	Ca(OH) ₂	La(OH) ₃
HBr	HNO ₃		NaOH	Sr(OH) ₂	
HI			KOH	Ba(OH) ₂	
				Mg(OH) ₂	
gyenge savak			gyenge bázisok		
HF	H ₂ CO ₃	H ₃ PO ₄	NH ₃	minden más fémhidroxid	
HNO ₂	H ₂ SO ₃		C ₆ H ₅ N	pl. Al(OH) ₃ , Cu(OH) ₂	
HCN	H ₄ SiO ₄		CH ₃ NH ₂	Zn(OH) ₂ ,	
CH ₃ COOH	(COOH) ₂		C ₆ H ₅ NH ₂		
C ₆ H ₅ OH					

A **semlegesítés**, vagy közömbösítés reakciójában sav és bázis a reagáló partnerek, amelyek egymásra hatása sót és vizet (vagy csak sót) eredményez. Pl. erős sav és erős bázis reakciójában:

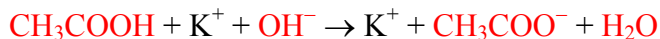


vagyis **a folyamat lényege** a nem disszociáló víz képződése: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$, hiszen a többi ionos komponens változatlanul marad.

A gyenge-erős kölcsönhatás során lejátszódó semlegesítési reakció az alábbi módon összegezhető: pl.: a hidrogén-klorid és ammónia kölcsönhatása



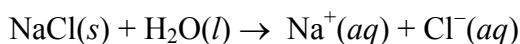
vagy az ecetsav és kálium-hidroxid reakciója: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$, vagyis



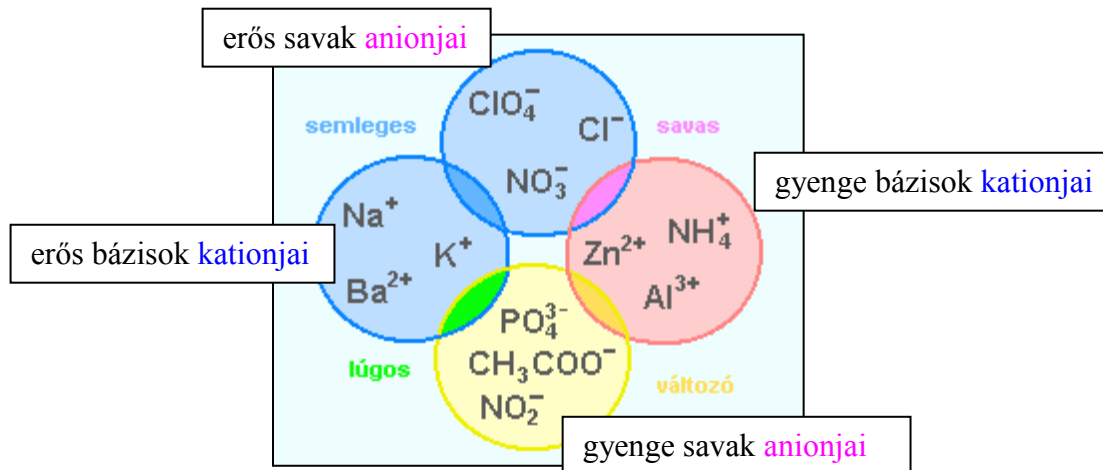
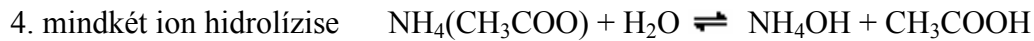
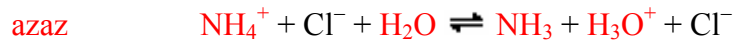
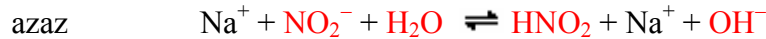
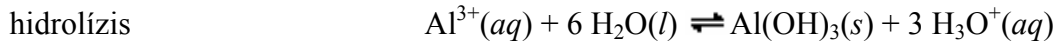
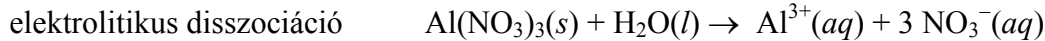
A **hidrolízis** általában ionos vegyületek (sók) vizes oldatban bekövetkező **elektrolitos disszociációja** után megy végbe. A hidrolízis során a vízben oldott só kationja, vagy anionja **a vízzel reagálva** rosszul disszociáló bázist, vagy savat hoz létre.

A sókat a hidrolíziskészségük alapján négy csoportba lehet beosztani:

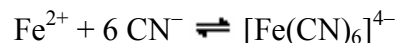
1. Ha az ionrács felbomlását nem követi hidrolízis, akkor fizikai változás történik csupán (pl. konyhasó oldása):



Csak azok a sók hidrolizálnak, amelyeknek legalább egyik ionja gyenge savból, vagy gyenge bázisból származtatható. Pl.:

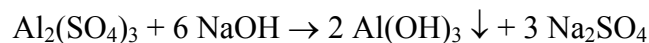


A *nem redox folyamatok* eddigi típusai közé a **komplekképződés** közvetlenül nem besorolható, mert a komplex vegyület egy összetett, többlépéses reakciósor eredményeként jön létre. A komplekképződési folyamatban nem egyszerűen a vegyületek csoportjai cserélődnek ki, hanem olyan módon játszódik le a reakció, hogy általában **az ionok száma is lecsökken**. Pl.:



A komplekképződési folyamatokban általában a **központi ionhoz** (Fe^{2+}) több **ligandum** (CN^-) kapcsolódhat, és így [komplex-ion] jön létre.

A komplekképződési reakciók sok esetben összetettek, és felbonthatjuk pl. egy csapadék-képződési és egy komplex kialakulási, egyesülési lépésre. Pl.:



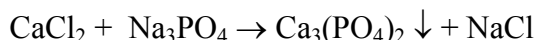
A komplekképződési reakciókban ionok és molekulák egyaránt lehetnek komplekképző ligandumok. Ezeknek a folyamatoknak kitüntetett szerepük van a nehezen oldható, vagy könnyen bomló vegyületek oldásában, illetve stabilizálásában.

NEM REDOXI REAKCIÓK EGYENLETEINEK ÍRÁSA

Az eddig megismert *nem redoxi folyamatok* körébe tartozó reakciótípusok segítségével és a történések szabályainak alkalmazásával ezen kémiai átalakulások egyenleteinek felírása viszonylag egyszerűvé válik.

A sztöchiometriai egyenletek felírásánál figyelembe kell venni1. a reakcióban szereplő anyagok helyes képletét:

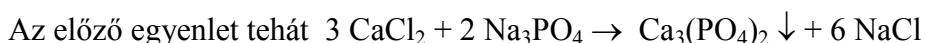
pl. kalcium-klorid és nátrium-foszfát reakciója:



Nem megfelelő ha a valós kémiai képletek helyett az atomok vegyjeleit csak egyszerűen egymás mellé írjuk az egyenletben.

2. a kémiára is érvényes megmaradási törvényeket:

A tömegmegmaradás és az elemek átalakíthatatlanságának törvénye együttesen azt jelenti, hogy az egyenlet két oldalán az egyes elemek elemi, vagy kötött állapotban lévő atomjainak száma és így a két oldal tömege is megegyezik.



alakú lesz a megmaradási törvények figyelembevételével.

Az együtthetők megállapítási metodikája a következő:

- az egyeztetést lehetőleg olyan atommal kezdjük, amelyik mindkét oldaton csak egy vegyületben szerepel (itt mindegyik)
- kiválasztjuk közülük, amelyik önállóan a legnagyobb indexet kapta (itt a Ca és a Na - nem az O, mert az a foszfát-csoport része)
- tovább szűkítjük a kört azzal, hogy a magasabb oxidációs számú atomot részesítjük előnyben (tehát a Ca)
- ezután a többi atomot, vagy atomcsoportot vesszük sorra (PO₄, Na, Cl)

3. a kémiai reakciók törvényszerűségeit:

A csupa helyes képletet tartalmazó és jól rendezett egyenlet is lehet elvileg hibás, ha a reakció nem azokhoz a termékekhez vezet, amelyeket az egyenlet tartalmaz, vagy a folyamat valójában nem játszódik le.

A kémiai folyamatok lényegét a sztöchiometriai egyenleteknél hűbben tükrözik az **ion-egyenletek**. Ezekben csak a reakcióban ténylegesen átalakuló ionok, molekulák szerepelnek.

Ionegyenletet természetesen csak akkor írhatunk, ha ionok valóban megjelennek a reakció során. Így az ionegyenlet írásának egyik legelterjedtebb területe a vizes oldatokban lezajló folyamatok.

Az ionegyenlet megmutatja az adott reakció lényegét, tehát egy ionegyenlettel több sztöchiometriai egyenletet is leírhatunk.

A $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$ ionegyenlet egyaránt igaz a $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH}$, a $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH}$, a $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{KOH}$, stb. reakciókra, vagyis minden olyan esetre, amikor az oldatba réz(II)- és hidroxid-ionok kerülnek (és más, zavaró hatás - pl. komplexképző ammónia - nincs jelen).

Az ionegyenletek rendezésénél a korábban leírt szabályok mellett

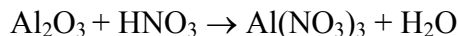
4. a töltésmegmaradás törvénye is érvényesül: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

vagyis az, hogy az egyenlet két oldalán az ionok töltésének összege megegyezik.

Példák

1. Írjuk fel az alumínium-oxid és salétromsav reakciójának sztöchiometriai egyenletét!

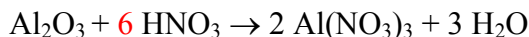
- Írjuk fel a reagáló anyagok Al₂O₃, HNO₃ és a termékek Al(NO₃)₃, H₂O helyes képletét (sav-bázis reakció, cserebomlás történik):



b) Egyeztessük az egyes elemek atomjait egymás után a legnagyobb indexűvel, illetve a nagyobb oxidációs számmal kezdve: Al (bal: 2 és jobb: 1)!, O (bal: 3 és jobb: 1)! írjuk be a megfelelő együtthatókat:

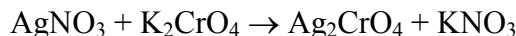


c) Ekkor a jobb oldalon 6 H-atom és 6 NO₃-csoport lett, így a helyes egyenlet:

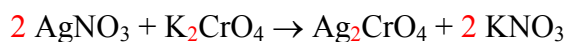


2. Írjuk fel az ezüst-nitrát és kálium-kromát között lejátszódó csapadékképződési reakciót!

a) Írjuk fel a reagáló anyagok AgNO₃, K₂CrO₄ és a cserebomlásban keletkező termékek Ag₂CrO₄, KNO₃ helyes képletét:



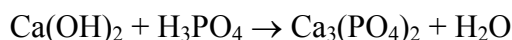
b) Egyeztessük az egyes elemek atomjait egymás után! Mivel a reakció felfogható, mint az ezüst és a kálium cseréje, ezekkel az atomokkal kell az egyeztetést elkezdni:



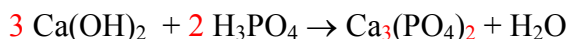
c) A további atomcsoportok száma ezzel önmagától rendeződött!

3. Írjuk fel a kalcium-hidroxid és a foszforsav reakcióját! (sav-bázis reakció, de egyben csapadék is keletkezik)

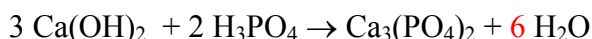
a) Írjuk fel a reagáló anyagok Ca(OH)₂, H₃PO₄ és a cserebomlásban keletkező kalcium-foszfát és víz - Ca₃(PO₄)₂, H₂O - helyes képletét:



b) Egyeztessük az egyes elemek atomjait egymás után a legnagyobb indexűvel, illetve a nagyobb oxidációs számmal kezdve: Ca (bal: 1 és jobb: 3) PO₄-csoport (bal: 1 és jobb: 2), majd írjuk be a megfelelő együtthatókat:



c) Ekkor a bal oldalon 6 H-atom és 6 OH-csoport lett, ami 6 H₂O-t eredményez:



Feladatok

1. Írjuk fel az alábbi sav-bázis folyamatok rendezett egyenletét!

- a. kalcium-hidroxid + perklórsav b. kálium-nitrit + kénsav c. nátrium-szulfid + salétromsav
d. kálium-hidrogénkarbonát + sósav e. alumínium-klorid + nátrium-hidroxid

2. Írjuk fel a következő csapadékképződési reakciók sztöchiometriai egyenletét!

- a. kalcium-klorid + nátrium-szulfát b. alumínium-nitrát + kálium-karbonát
c. ólom(II)-nitrát + kalcium-klorid d. réz(II)-szulfát + nátrium-szulfid
e. nátrium-klorid + ezüst-nitrát

3. Írjuk fel az alábbi gázfejlődéssel járó reakciók egyenletét!

- a. magnézium-karbonát + sósav b. nátrium-szulfid + perklórsav c. ezüst-szulfid + salétromsav
d. ammónium-klorid + nátrium-hidroxid e. magnézium-karbonát + foszforsav

4. Írja le a következő reakciók ionegyenletét!

- a. ammónium-szulfid + ólom(II)-nitrát b. vas(III)-nitrát + kálium-hidroxid
c. réz(II)-szulfát + nátrium-szulfid d. perklórsav + kalcium-hidroxid
e. nikkel(II)-nitrát + nátrium-karbonát

Feladatmegoldások