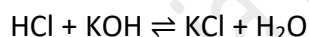


Sav-bázis II.: Sav-bázis reakciók, sók hidrolízise, titrimetria (16. fejezet)

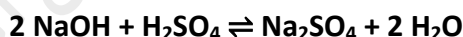
Sav-bázis reakciók

A sav-bázis reakciók **protonátmenettel** járó reakciók. **A sav átadja protonját a bázisnak.** Erről már szó esett, csak az előzőekben mindig, általában a víz volt az egyik reakciópartner. Amikor egy sav és egy bázis reagál (egyikük sem a víz), akkor a megfelelő só és víz keletkezik, ezt a folyamatot nevezzük **KÖZÖMBÖSTÉS**nek:



A közömbösítés során, **ha a savat és a bázist sztöchiometrikus** (azaz egyenlet szerinti) arányban reagáltattuk csak a só marad az oldatban mint oldott anyag.

Nátrium hidroxid és kénsav esetén akkor van közömbösítés, ha a nátrium-hidroxid anyagmennyisége a kénsavénak a duplája, mert sztöchiometriai arányuk 2:1.



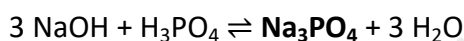
A SEMLEGESÍTÉS olyan reakció ahol sav és bázis olyan arányban reagálnak egymással hogy a keletkező oldat semleges kémhatású legyen. Erős savak és bázisok reakciója esetén ez pont a reakcióegyenletben feltüntetett sztöchiometriai arány.

Sók tulajdonságai és hidrolízise

A „só” kifejezés a kémiában nem csak a kősóra, azaz az NaCl-re, hanem egy egész vegyületcsaládra vonatkozik. **Minden olyan vegyületet sónak nevezünk, ami fémből és/vagy ammóniumionból és savmaradékionból épül fel**

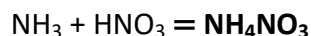
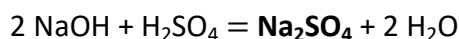
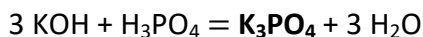
Például: CuSO_4 ; NH_4Cl ; $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$; $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ etc...

Ha foszforsav és nátrium-hidroxid reagál egymással, akkor a képződő só a trinátrium-foszfát, köznapi nevén trisó:



Felmerülhet bennünk a kérdés, hogy miért adja le a foszforsav az összes protonját, amikor nem is olyan rég még arról olvastunk épp a foszforsav kapcsán, hogy a második és harmadik savállandója olyan kicsi, hogy a második és harmadik disszociációs lépcsőben képződő protonok száma elhanyagolható. A megoldás az, hogy ha egy gyenge savhoz egy erős bázist adunk, akkor a sav hiába gyenge, vagyis nem szeret 100%-osan disszociálni, az erős bázis kényszeríteni fogja őt erre, mivel az erős bázis attól erős, hogy minden lehetséges protont felvesz. Ugyanez a helyzet fordított esetben is, vagyis erős sav és gyenge bázis között. Az erős sav „rá fogja tukmálni” az összes protont a gyenge bázisra.

További példák:

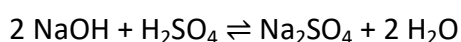


Ha trisót (Na_3PO_4) vízben oldunk és megmérjük a keletkező oldat pH értékét, akkor azt tapasztaljuk, hogy 7-nél magasabb érték, azaz az oldat lúgos kémhatású. Nátrium-klorid esetében azonban semleges kémhatást tapasztalunk, míg pl. az ammónium-klorid (NH_4Cl) vizes oldata savas kémhatású.

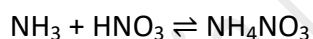
Erre a sók hidrolízisének nevezett jelenség ad magyarázatot.

A hidrolízis vízzel való reakciót jelent. Tehát minden olyan kémiai reakciót nevezhetünk – bizonyos határok között – hidrolízisnek, ahol a víz mint reakciópartner megjelenik. A sók vizes oldatának kémhatása, tehát, hogy reakcióba lépnek-e a vízzel vagy sem attól függ, hogy milyen „alkotóelemekből” tevődnek össze, vagyis, hogy eredetileg milyen (erős vagy gyenge) savból és bázisból jöhetett létre:

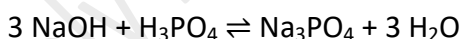
- **erős sav és erős bázis** sójának vizes oldata **semleges kémhatású**, nem hidrolizál:



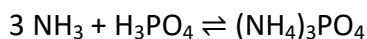
- **erős sav és gyenge bázis** sója savasan hidrolizál, vagyis **savas kémhatású** a vizes oldata:



- **gyenge sav és erős bázis** sója lúgosan hidrolizál, vagyis a vizes oldata **lúgos kémhatású**:



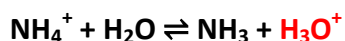
- **gyenge sav és gyenge bázis** sójának vizes oldata **semleges kémhatású**, nem hidrolizál¹:



Nézzük elsőként az ammónium-nitrát esetét! Az ammónium-nitrátban a salétromsav konjugált bázispárja, a nitrátion található. Korábban már szó volt arról, hogy a **konjugált sav-bázis párok annál gyengébbek, minél erősebb sav-bázisból keletkeztek**. Ezt nézve a nitrátion egy nagyon gyenge bázis, mivel egy erős savból, a salétromsavból keletkezett,

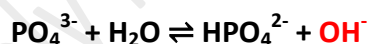
¹ Valójában a só anionjának és kationjának jóvoltából is történik hidrolízis, tehát az ilyen sók vizes oldatának kémhatását a gyenge sav és bázis sav- illetve bázisállandójának egymáshoz viszonyított nagysága szabja meg. Pl. az ammónium-acetát ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) valóban közel semleges kémhatású, ha vízben oldjuk, de az $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ oldata már lúgos kémhatású.

vagyis ő a víztől nem lesz hajlandó protont felvenni (azaz nem hidrolizál). Az ammónia konjugált savi párja **az ammóniumion viszont eléggé savas karakterű**, mert egy gyenge bázisból, az ammóniából keletkezett. Ő már képes protont átadni a víznek, az ammóniumion tehát hidrolizál:



Innen már érthető, hogy az ammónium-nitrát vizes oldata miért savas kémhatású. A folyamatot célszerű, sőt érettségin a pontszerzés érdekében szükségszerű, ionegyenlettel felírni. **Az ionegyenletben csak a reakcióban fontos és ténylegesen részt vevő ionokat tüntetjük fel, ugyanis a folyamat így egyszerűbben felírható és könnyebben átlátható.**

A trisó (nátrium-foszfát, Na_3PO_4) lúgosan hidrolizál. A bázis és a sav, amiből ő „létre hozható” az NaOH és a H_3PO_4 . A nátrium-hidroxid, közelebbről **a hidroxidion egy erős bázis, a konjugált bázispárja, a víz igen gyenge sav**. A foszforsavból képződött konjugált bázis, a foszfátion azonban vízzel szemben bázikus karakterű, mert a foszforsav gyenge sav. A folyamat ionegyenlettel a következőképpen néz ki:

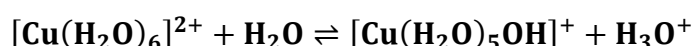


A fémsók erős savval alkotott sóinak a vizes oldatai általában savas kémhatásúak (nem mindegyik!!!). Ezért vannak olyan esetek, amikor a **sóban lévő fémion hidrolizál (elvileg)**. Ilyen például az alumínium-szulfát vagy réz(II)-szulfát esete. Mind a két só savas kémhatású (mert erős sav és gyenge bázis sói), tehát a fémionoknak kell savasan hidrolizálnia. Nyilvánvalóan az úgy nem lehetséges, hogy a fémion önmagában lead egy proton, hiszen nincs is neki. **Ilyen esetekben valójában a fém akva komplexe hidrolizál és** a folyamat a következő (szeretik kérdezni, érdemes megjegyezni):

alumínium-szulfát:



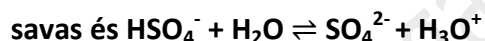
réz(II)-szulfát:



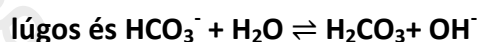
Savanyú sók esete

A savanyú só olyan só, melyben a fémion mellett hidrogénionok is megtalálhatóak. A savanyú sók egyértelműen amfoter jellegűek, ugyanis a negatív töltésük miatt (mely a proton hiányából jön) elvben tudnak felvenni protont, azonban van bennük elvben leadható proton is.

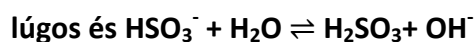
Itt két esetet kell vizsgálni emelt szinten, erős sav és erős bázis savanyú sója (pl.: NaHSO_4) illetve gyenge sav és erős bázis savanyú sója (pl.: NaHCO_3 , NaHSO_3)



Erős sav és erős bázis savanyú sója savas kémhatású. Ennek oka, hogy a kénsav az első protonjától nagyon könnyedén képes megszabadulni, így a keletkezett hidrogén-szulfát ionok elvileg felvenni és leadni is képesek protont. Mivel a kénsav második savi állandója is elég nagy, azaz a második protonjától is szívesen megszabadul, így a hidrogén-szulfát ionok protont fognak átadni a víznek és emiatt lesz az oldat kémhatása savas.



Gyenge sav és erős bázis savanyú sója lúgos kémhatású. Ennek oka, hogy a szénsav már az első protonját is eléggé kismértékben képes leadni (kicsi a savi állandója). Mint tanultuk a második proton leadása még kisebb mértékben megy végbe, mint az elsőé, így a hidrogén-karbonát ion protont fog tudni felvenni a víztől és ezért lesz lúgos kémhatású a vizes oldata.

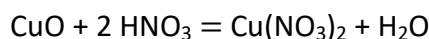
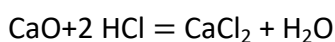


A sóhidrolízisről találsz a YouTube csatornámon két videót, melyeket érdemes megnézni. A YouTube csatornám neve: LenartChem.

1. videó linkje: <https://www.youtube.com/watch?v=-dYwtb8JwLI&t=293s>
2. videó linkje: <https://www.youtube.com/watch?v=NlpDMbVvTB0&t=381s>

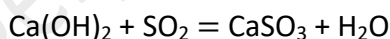
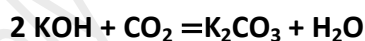
Egyéb sav-bázis reakciók

Sav-bázis reakciók nem csak savak és bázisok esetén értelmezhetők. Ha egy fém-oxidot savban oldunk, akkor a fém-oxid tulajdonságaitól és a sav erősségétől függően létrejöhet kémiai reakció:

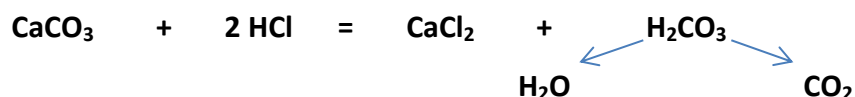


Ha egy nemfém-oxidot lúgban oldunk, akkor a nemfém-oxid tulajdonságaitól és a bázis erősségétől függően létrejöhet kémiai reakció:

Ezzel magyarázathó, hogy miért oldódik a CO₂-gáz lúgoldatokban, pl. KOH-oldatban.



Ha egy sóra savat csepegtetünk, akkor a sav erősségétől függően létrejöhet reakció. Például ha kalcium-karbonátra sósavat csepegtetünk, akkor pezsgést tapasztalunk. A pezsgés a fejlődő szén-dioxid miatt van, amely a szénsav bomlásából keletkezik:

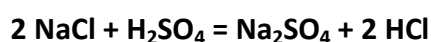


Általános szabályként kijelenthető, hogy az erősebb sav kiszabadítja a gyengébbet sójából. Az állítás azt jelenti, hogy ha egy sóra egy olyan savat csepegtetünk, amely erősebb

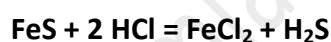
² Ezekben a folyamatokban a fém-oxidban lévő oxidion a bázis, melynek konjugált savi párja a keletkező víz.

a sóban lévő savmaradékionból képezhető savnál, akkor az erősebb anionja átveszi a gyengébbik helyét a sóban, a gyengébb savat szabaddá téve. Az előző példában a **kalcium-karbonát a szénsav sója, mert a karbonátion a szénsav savmaradékionja**. Mivel a sósav jóval erősebb sav, mint a szénsav, ezért a sósav kiszorítja sójából a szénsavat. A szénsav lévén bomlékony, CO₂ és H₂O keletkezése mellett elbomlik, ezért tapasztaljuk a pezsgést. Sok anyag előállítható ily módon, ezért ez a reakció típus kiemelt gyakorlati jelentőségű.

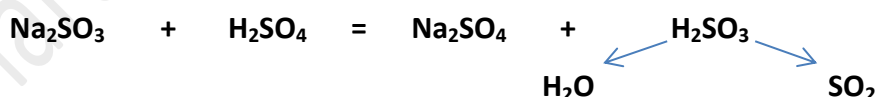
Hidrogén-kloridot szilárd NaCl-ból állítanak elő tömény kénsavval, mivel a kénsav erősebb sav, mint a hidrogén-klorid, és az NaCl-ban a hidrogén-klorid sója:



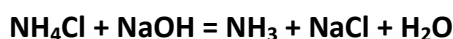
Ha valamilyen szulfidra erős savat csepegtetünk, akkor undorító, záptojásszagú gáz képződését tapasztaljuk, ami nem más, mint a nagyon gyenge sav, a kén-hidrogén:



Kén-dioxid előállítható szulfit sóból, mert a képződő kénessav bomlik. A kénsav a kénessavnál jóval erősebb sav.



Bázisoknál is igaz az, hogy az erősebb bázis kiszabadítja a gyengébbet a sójából. Ammóniát laboratóriumban például ezen az elven állítanak elő tömény nátrium-hidroxid-oldat vagy szilárd kalcium-oxid és víz segítségével, szilárd ammónium-kloridból. Mivel a nátrium-hidroxid erősebb bázis az ammóniánál.



Titrimetria

A titrimetria térfogat elemzéses koncentráció meghatározást jelent. Ezt úgy kell érteni, hogy egy ismeretlen koncentrációjú oldat koncentrációját úgy határozzuk meg, hogy egy olyan oldattal reagáltatjuk (titráljuk), melynek tudjuk a pontos koncentrációját. Akit titrálunk (ennek nem ismerjük a koncentrációját) mérendő oldatnak, akivel titrálunk (ennek ismerjük a koncentrációját) mérőoldatnak nevezzük. Nagyon fontos, hogy a titrálás olyan reakción alapuljon, amely egyértelmű (nincsenek mellékreakciók) és sztöchiometrikus.

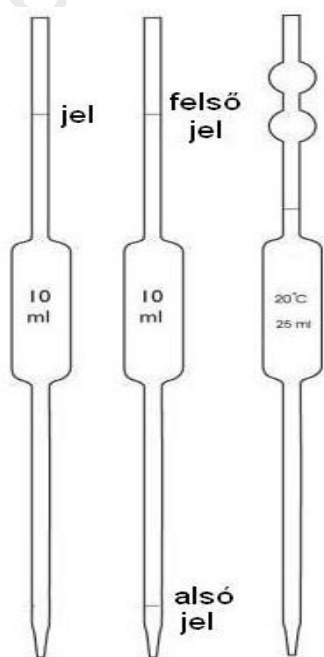
Titraláshoz szükséges anyagok:

- mérőoldat: ezzel titrálunk és ismerjük a pontos koncentrációját, valamint fontos kritérium, hogy a mérendő oldattal egyértelműen és sztöchiometrikusan reagáljon
- mérendő oldat: ez az ismeretlen koncentrációjú oldatunk, aminek szeretnénk meghatározni a töménységét. Ismert térfogatot mérünk be belőle.
- indikátor: olyan anyag, amely arra szolgál, hogy színváltozással jelezze a titrálás végpontját, azaz azt a pontot, amikor a mérőoldat hatására a titráló lombikban a mérendő oldat elfogy.

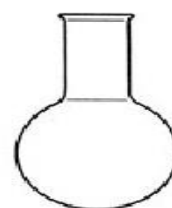
Titraláshoz szükséges alapeszközök:



büretta



pipetta



**gömb lombik
(titráló lombik)**

A bürettába töltjük a mérőoldatot és segítségével fogjuk tudni megállapítani, hogy mennyi kell majd belőle a mérendő oldat elfogyasztásához.

A pipetta segítségével a mérendő oldatból ismert mennyiséget (térfogatot) tudunk kimérni a titráló lombikba. Ez elengedhetetlen a sikeres titrálás végrehajtásának szempontjából. Kétfajta hasas pipetta létezik. Az egyik az egyjeles, melynek fent egyetlen jele van. Ez azt jelenti, hogy ha a fenti jelig felszívunk az oldatból, akkor pontosan akkora térfogatot mértünk ki, mint amennyi rá van írva a pipettára. A másik fajta a kétjeles pipetta. Ebben az esetben fent és lent is találunk 1-1 jelet és a két jel közötti folyadék térfogata akkora, mint amennyit ráírnak a pipettára.

Természetesen ezeken az eszközökön kívül még számos eszközre szükség lehet egy titrálás során, jelen jegyzetben csupán a legfontosabbakat soroltam fel.

Titrálás kivitelezése

Nézzük meg hogyan is zajlik egy átlagos sav-bázis titrálás egy konkrét példán keresztül. Ismeretlen koncentrációjú kénsav-oldat érkezett a laborba és a hallgató azt a feladatot kapta a vegyésztől, hogy határozza meg a kénsav-oldat pontos koncentrációját $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es NaOH oldat segítségével.

- A hallgató előméréseket végzett, mely során megállapította, hogy a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es NaOH oldatnál a kénsav oldat jóval töményebb így első lépésként az ismeretlen kénsavból törzsoldatot készített. Törzsoldat készítés során egy 20 cm^3 -es pipetta segítségével kivett 20 cm^3 térfogatot a kénsavból majd ezt 25-szeres térfogatra hígította, azaz 500 cm^3 térfogatra.
- Következő lépésként a hallgató feltöltötte a bürettát NaOH oldattal és a törzsoldatból kimért 3 darab titráló lombikba $10\text{-}10 \text{ cm}^3$ térfogatot belőle.
- Ezután mind a három lombikhoz adott desztillált vizet és 1-1 csepp fenolftleint. (Ennek a hígításnak pusztán annyi szerepe van, hogy a titrálás végpontjában bekövetkező színváltozást jobban lássuk.)
- Az első lombikot a büretta alá rakta, majd szépen finoman megnyitotta bürettát (enyhén csepegjen az NaOH ne túl gyorsan) és elkezdte a titrálást. Ahogy egyre több

NaOH kerül a titráló lombikba, úgy egyre nehezebben tűnik el a fenolftalein lúgos kémhatás esetén megfigyelhető rózsaszínes színe. A titrálást addig folytatjuk, amíg a lombikban lévő oldatnak állandósult rózsaszínes színe nem lesz. Ennek az az oka, hogy a fenolftalein savas és semleges kémhatás esetén színtelen, azonban pH=7,5 körül átvált rózsaszínes színre. A rózsaszínes szín azt jelzi nekünk, hogy a savas kémhatást okozó kénsav elfogyott, tehát vége a titrálásnak.

- Utolsó lépésként a hallgató leolvassa a bürettáról, hogy a 10 cm^3 kénsavhoz mennyi NaOH fogyott, majd elvégzi a fenti folyamatot újra minimum kétszer.

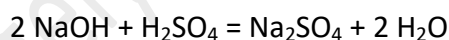
Nézzük meg, hogyan kell kiszámolni az ismeretlen kénsav oldat koncentrációját. Tudjuk, hogy 10 cm^3 térfogatot mértünk be a hígított 500 cm^3 kénsavból a titráláshoz. Először számoljuk ki ennek a koncentrációját, majd a töményét.

$$V_{\text{kénsav}} = 10 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{átlagfogyás}} = 12 \text{ cm}^3 \text{ (a három mérés átlaga)}$$

$$c_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ mol/dm}^3$$

Fontos mindig felírni a lejátszódó reakció egyenletét:



Az fenti egyenletből jól látszik, hogy 1 mól kénsavval 2 mól NaOH reagál, tehát:

$$\frac{2}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{kénsav}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{kénsav}} * V_{\text{kénsav}}}$$

Ha fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni a kénsav koncentrációját. A térfogatokat most nem szükséges átváltani dm^3 -re csak akkor, ha az anyagmennyiséget is ki szeretnénk számolni:

$$\frac{2}{1} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} * 12 \text{ cm}^3}{c_{\text{kénsav}} * 10 \text{ cm}^3}$$

$$c_{\text{kénsav}} = 0,06 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A híg oldatot úgy készítettük a tömény oldatból, hogy 25-szeresre hígítottuk az oldatot, tehát a tömény oldat 25-ször töményebb, mint a híg. A tömény oldat töménysége:

$$c_{\text{tömény oldat}} = 25 * 0,06 = 1,50 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Lénárt Gergely kémia magánoktató