

## 7. A sav-bázis egyensúlyok, a pH

Tanulási célok	<ul style="list-style-type: none"><li>- ismeri a kémhatás és az oxónium/hidroxidionok koncentrációja közötti kapcsolatot</li><li>- meg tudja állapítani mely anyagok viselkednek savként/bázisként Arrhenius illetve Brønsted szerint</li><li>- felismeri a konjugált sav-bázis párokat</li><li>- fel tudja írni a víz autoprotolitikus reakcióját</li><li>- ismeri és érti a pH definícióját</li><li>- ismeri a pH és pOH közötti kapcsolatot</li><li>- tud erős/gyenge savak és bázisok oldatában pH-val kapcsolatos számításokat végezni</li><li>- képes kiszámolni egy anyagfajta disszociációfokát, ismeri annak hígítással történő változását</li><li>- meg tudja becsülni sóoldat kémhatását</li><li>- ismeri a konjugált sav-bázis párok savi és bázikus disszociációállandóinak kapcsolatát</li><li>- tud pufferoldatokkal kapcsolatos számításokat végezni</li></ul>
Fogalmak	savas/semleges/lúgos oldat, indikátor, Arrhenius-féle sav-bázis elmélet, Brønsted–Lowry sav-bázis elmélet, protolitikus reakció, konjugált sav-bázis párok, relatív savelősség, Lewis sav-bázis elmélet, autoprotolízis, vízionszorzat, pH, pOH, disszociációfok, savi disszociációállandó, a bázikus disszociációállandó, Ostwald-féle hígítási szabály, só hidrolízis, pufferoldat, pufferképlet
Kapcsolódó feladatok	Példatár 19. fejezet

**savas oldat:** nagyobb az oxóniumion koncentrációja, mint a hidroxidioné

**semleges oldat:** az oxóniumionok és hidroxidionok koncentrációja megegyezik

**lúgos oldat:** kisebb az oxóniumion koncentrációja, mint a hidroxidioné

### az indikátorok

a kémhatás vizuális kimutatására használt anyagok

működésük: protonált és protonátlan formáinak színe jól észlelhetően eltér

pl. metilvörös: savas oldatban: vörös, lúgos oldatban: sárga

fenolftalein: savas oldatban színtelen, lúgos oldatban élénk vörös-lila

## Az Arrhenius-féle sav-bázis elmélet

(1890)

sav, ami a vizes oldat hidrogén-ion koncentrációját növeli

bázis, ami a vizes oldat hidroxid-ion koncentrációját növeli

ez sok esetben jól használható: hétköznapi savak, bázisok (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>)

példák olyan esetekre, amelyekre ez nem ok:

NH<sub>3(g)</sub>+HCl<sub>(g)</sub>-> NH<sub>4</sub>Cl<sub>(sz)</sub> (nincs vizes oldat)

CH<sub>3</sub>COONa oldódása: az oldat lúgos, tehát ez bázis.

Ugyanakkor Arrhenius szerint sav+bázis egymással reagálva **sót** és **vizet** ad: ecetsav+nátrium-hidroxid=nátrium-acetát+víz.

A nátrium-acetát tehát só és bázis is egyben.

problémák az Arrhenius-féle definícióval:

savak – bázisok külön definiálva

csak vizes oldatokra értelmez

szabad H<sup>+</sup>-ionok nincsenek vizes oldatban

ez a tulajdonság nem abszolút, hanem relatív

## A Brønsted–Lowry sav-bázis elmélet

(1923)

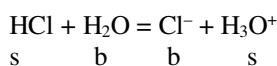
**sav:** az az anyag, amely egy folyamatban protont ad le

**bázis:** az az anyag, amely egy folyamatban protont vesz fel

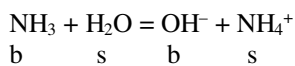
protolitikus reakció

nagyok jó, hogy nemcsak vizes oldatokra használható, szerves bázisokra is alkalmazható

mindig sav – bázis párok!



HCl és Cl<sup>-</sup> konjugált sav-bázis párok (a H<sub>2</sub>O és H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> szintén)



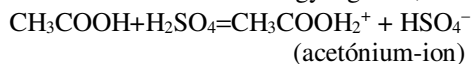
b s b s  
konjugált párok megmutatása

a víz sav vagy bázis? mindkettő lehet

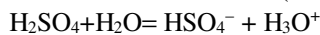
Azt szokták mondani, hogy amfoter anyag. Igazából szinte bármilyen anyag viselkedhet savként illetve bázisként a partnertől függően.

### a sav-bázis karakter relatív!

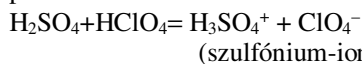
az ecetsav vízzel szemben gyenge sav, de kénsavval szemben bázis:



a kénsav vízzel szemben (első lépésben) erős sav:

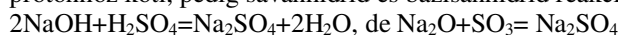


perklórsavval szemben viszont bázis!



problémák a Brønsted–Lowry elmélettel:

protonhoz köti, pedig savanhidrid és bázisanhidrid reakciójából ugyanúgy só keletkezik, mint sav és bázis reakciójából



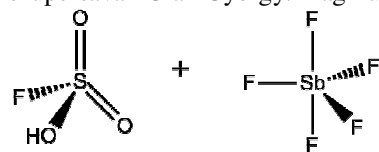
## Lewis

hangsúlyozottan nincs oldószer

a lényeg az elektronpár átadása:  $\text{O}^{2-} + \text{SO}_3 = \text{SO}_4^{2-}$

komplexek képződésénél lesz nagyon fontos

szupersavak Oláh György: mágikus sav:  $\text{SbF}_5$  és  $\text{HSO}_3\text{F}$  elegye



szénhidrogéneket, például metánt protonálja



### A víz autoprotolízise

A vízben kismértékben megtörténik saját disszociációja / saját magával lép protolitikus reakcióba: autodisszociáció, autoprotolízis



(egyszerűsített jelöléssel:  $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ , ha tudjuk miről van szó használható!)

Írjuk fel az egyensúlyi állandót erre a reakcióra is!

$$K' = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

az autoprotolízis nagyon kismértékű, így  $[\text{H}_2\text{O}]$  gyakorlatilag állandó (kb.  $1000\text{ g/dm}^3 / 18,0\text{ g/mol} = 55,56\text{ mol/dm}^3$ ), szorozzuk meg az egyenletet koncentrációjának négyzetével:

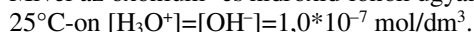
$$K' \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2 = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_v$$

Ez az érték is állandó, neve a **vízionszorzat**.

Pontos értéke függ a hőmérséklettől,  $25\text{ °C-on } K_v = 1,0 \cdot 10^{-14}\text{ mol}^2/\text{dm}^6$ .

Ha a hőmérséklet nő, akkor  $K_v$  nő!

Mivel az oxónium- és hidroxid-ionok ugyanabban a reakcióban keletkeznek 1:1 arányban, koncentrációjuk megegyezik:



A víz autoprotolízise is egyensúly! Ha valamilyen folyamat megváltoztatja az egyik ion koncentrációját, akkor a másiké ennek megfelelően megváltozik, mert az autoprotolitikus egyensúly eltolódik.

Az oxónium- illetve a hidroxid-ion koncentrációja igen könnyen megnövelhető akár  $1\text{ mol/dm}^3$ -re (vagy még ennél is nagyobb értékre!), de lecsökkenthető akár  $10^{-14}\text{ mol/dm}^3$ -re is. Ez legalább 14 nagyságrend változást jelent!

A könnyebb kezelhetőség miatt bevezették a pH-t:

$$\text{pH} = -\log_{10}([\text{H}^+] / \text{mol/dm}^3)$$

(a hidrogénion mol per köbdeciméterben kifejezett koncentrációja tízes alapú logaritmusának mínusz egyszerese)

$$\text{Ezzel analóg módon definiáljuk a pOH-t: } \text{pOH} = -\log_{10}([\text{OH}^-] / \text{mol/dm}^3)$$

A későbbi tanulmányok során ehhez hasonlóan a kis p betűt közvetlenül követő kémiai képlet, vegyjel az adott anyagfajta anyagmennyiség koncentrációjának mol per köbdeciméterben kifejezett értéke tízes alapú logaritmusának mínusz egyszerese.  
Pl.  $\text{pCa} = -\log_{10}([\text{Ca}^{2+}] / \text{mol/dm}^3)$

## A pH

A pH számítása a matematikai **logaritmus művelet** legfontosabb kémiai alkalmazása.

emlékeztető: nagyon kicsi és nagyon nagy értékeket is felvehetnek egyes mennyiségek mértékegységeknél bevezették a prefixumokat ennek kezelésére

Vegyük az anyagmennyiség koncentrációt. Általában  $0,001-1 \text{ mol/dm}^3$  nagyságrendben van.

De sok anyagfajtnál ennél jelentősen kisebb. Mondjuk az oxóniumionok koncentrációja  $c = 2,314 \cdot 10^{-12} \text{ mol/dm}^3$ . Vagy mondjunk  $c = 2,314 \text{ pmol/dm}^3$ ? Matematikailag helyes, de kémikusok nem nagyon szeretik használni.

Hogyan tudnánk egyszerűbben kezelni ezeket a kis koncentrációkat?

A logaritmus matematikai művelet segítségével.

Mi a logaritmus?

Kezdjük a hatványozással: hányszor szorzunk össze egy számot önmagával

Négyzetemelés:  $4^2 = 4 \cdot 4 = 16$

Köbre emelés:  $4^3 = 4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$

Általánosan:  $a^b = c$ , ahol a az alap, b a kitevő, a művelet a hatványozás.

Milyen szám lehet b? 2, 3 pozitív egész számok

De b nem csak pozitív szám lehet!

Elő a számológépeket, próbáljuk ki:  $4^{-2} = 0,0625$ . Ez meg hogyan jön ki?

$$4^{-2} = 1/(4^2) = 1/16 = 0,0625$$

Általánosan:  $a^{-b} = 1 / a^b$

Lehet b nulla? Igen!  $4^0 = 1$ .

Bármely szám nulladik hatványa 1.

Lehet esetleg tört szám is? Igen, az is lehet!

Nézzük:  $4^{0,5} = 2$ . Nagyon érdekes eredmény! Pont olyan, mint amikor négyzetgyököt vonunk.  $0,5 = 1/2$

Próbáljuk ki: 8 köbgyöke 2.  $8^{1/3} = 2$ .

Megállapíthatjuk: a gyökvonás speciális hatványozás.

$$\sqrt[k]{c} = c^{1/k}$$

Még egy példa:  $\sqrt[3]{100} = 100^{1/3} = 10$

Egészen egyszerű.

Mi a helyzet, ha a kérdést kicsit másképpen tesszük fel: A 100-at hányadik hatványra kell emelni, hogy 10-et kapjunk?

Itt könnyű a válasz, de legyen kérdés b értéke a  $10^b = 316.227766$  feladatban.

Ilyen típusú feladatokat (keressük a kitevőt) logaritmus segítségével oldunk meg:

$$\log_{10}316.227766 = 2.50$$

$$\log_a c = b$$

Kiejtés: a alapú logaritmus c egyenlő b. Azaz milyen kitevőre kell emelni a-t, hogy c-t kapjunk eredményül.

Miért hasznos ez? Egy szám 10-es alapú logaritmusán rögtön látszik a nagyságrend:

Félév eleji példák:

$$12541,53 = 1,254153 \cdot 10^4$$

$$0,004214 = 4,214 \cdot 10^{-3}$$

$$31,04 = 3,104 \cdot 10^1$$

$$46,14=4,614 \cdot 10^1$$

Nézzük meg ezek 10-es alapú logaritmusát!

$$\log_{10} 12541,53 = 4,098$$

$$\log_{10} 0,004214 = -2,375$$

$$\log_{10} 31,04 = 1,492$$

$$\log_{10} 46,14 = 1,664$$

A tízes alapú logaritmus esetén sokszor elhagyják az alap jelét és csak lg-t (rosszabb esetben log-t) írnak.

Térjünk vissza példánkra!  $c = 2,314 \cdot 10^{-12} \text{ mol/dm}^3$ .

$$\log_{10}(2,314 \cdot 10^{-12}) = -11,636$$

Sokkal kényelmesebb  $-11,6$ -el dolgozni, mint  $2,314 \cdot 10^{-12}$ -el. Ezen kívül jól látszik rajta a nagyságrendi változás (1 pH egység változás 1 nagyságrend koncentráció változás az oxónium- és hidroxid-ionokra nézve).

A  $25^\circ\text{C}$ -on semleges oldat pH-ja ezek szerint  $-\log_{10}(1,0 \cdot 10^{-7}) = 7,0$ .

Ez alapján szokták mondani, hogy ha a  $\text{pH} < 7$ , akkor savas, ha  $\text{pH} > 7$ , akkor lúgos egy oldat.

gyomor: normálisan 1–3 között

bél: 6–7

vér: 7,4

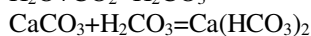
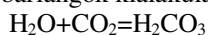
egészséges bőr: 5,5

ezért a jó tusfürdő oldatának is 5,5 a pH-ja

a szappan oldat pH-ja kb. 9-11

savas esők: szén-dioxid oldódása miatt a pH eleve 5,5-6 közötti, csak ez alatt beszélünk savas esőről. pH-ja általában 4,5 körül van, de mértek pH 3 alatti értéket is!

cseppkőbarlangok kialakulása



$K_v = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$  / vegyük mindkét oldal tízes alapú logaritmusát!

$$\log_{10}(K_v) = \log_{10}([\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-])$$

$$-14 = \log_{10}([\text{H}_3\text{O}^+]) + \log_{10}([\text{OH}^-]) \quad / *(-1)$$

$$14 = -\log_{10}([\text{H}_3\text{O}^+]) - \log_{10}([\text{OH}^-])$$

Így:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

### Példák pH számításra erős savak, bázisok oldatában

**Számítsa ki  $2,30 \text{ dm}^3$ ,  $0,001 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú sósav pH-ját!**

A sósav erős sav, tehát teljesen disszociál. Az oldatban az oxónium-ion koncentrációja  $0,001 \text{ mol/dm}^3$ .

$$\text{pH} = -\log([\text{H}^+]/(\text{mol/dm}^3)) = -\log(0,001) = 3,00$$

Az oldat térfogata fölösleges adat, azzal vagy az anyagmennyiséggel pH-t számítani hiba!

**Számítsa ki  $1,5 \text{ dm}^3$ ,  $0,03 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú sósav pH-ját!**

A sósav erős sav, tehát teljesen disszociál. Az oldatban az oxónium-ion koncentrációja  $0,03 \text{ mol/dm}^3$ .

$$\text{pH} = -\log([\text{H}^+]/(\text{mol/dm}^3)) = -\log(0,03) = 1,52$$

Az oldat térfogata fölösleges adat, azzal vagy az anyagmennyiséggel pH-t számítani hiba!

**Számítsa ki az alábbi hidrogén-klorid-oldatok pH-ját, amelyek koncentrációja rendre  $10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-8} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-9} \text{ mol/dm}^3$ ,  $10^{-10} \text{ mol/dm}^3$ !**

Láttuk, hogy ilyen egyszerű esetben csak a kitevő  $-1$  szeresét kell venni, azaz 3, 4, 5, 6, 7 (???), 8 (???), 9 (???), 10 (???). (azaz híg oldatoknál sav hozzáadására lúgos lett az oldat?)

Mi a hiba? Savat adunk az oldathoz, ezért az nem lehet lúgos! pH 8, 9 és 10 viszont már az. Igen kis koncentrációban már nem hanyagolhatjuk el a víz autoprotolíziséből származó hidrogén-ionokat. Ezek fogják az utolsó esetekben meghatározni az oldat pH-ját, tehát ezekben az esetekben a helyes érték:  $\text{pH}=7$ .

**Számítsa ki 0,30 dm<sup>3</sup>, 0,01 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú nátrium-hidroxid pH-ját!**

A nátrium-hidroxid erős bázis, tehát teljesen disszociál. Az oldatban a hidroxid-ion koncentrációja 0,01 mol/dm<sup>3</sup>.

$$pOH = -\log([OH^-]/(\text{mol/dm}^3)) = -\log(0,01) = 2,00, \quad pH = 14 - pOH = 12,00$$

Az oldat térfogata fölösleges adat, azzal vagy az anyagmennyiséggel pH-t számítani hiba!

**Számítsa ki 1,0 dm<sup>3</sup>, 0,004 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú nátrium-hidroxid pH-ját!**

A nátrium-hidroxid erős bázis, tehát teljesen disszociál. Az oldatban a hidroxid-ion koncentrációja 0,004 mol/dm<sup>3</sup>.

$$pOH = -\log([OH^-]/(\text{mol/dm}^3)) = -\log(0,004) = 2,40, \quad pH = 14 - pOH = 11,60$$

Az oldat térfogata fölösleges adat, azzal vagy az anyagmennyiséggel pH-t számítani hiba!

**Számítsa ki 2,6 dm<sup>3</sup>, 0,004 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú bárium-hidroxid pH-ját!**

A bárium-hidroxid erős bázis, tehát teljesen disszociál. Az oldatban a hidroxid-ion koncentrációja  $2 \cdot 0,004 \text{ mol/dm}^3 = 0,008 \text{ mol/dm}^3$ , mert a bárium-hidroxid kétértékű bázis!

$$pOH = -\log([OH^-]/(\text{mol/dm}^3)) = -\log(0,008) = 2,10, \quad pH = 14 - pOH = 11,90$$

Az oldat térfogata fölösleges adat, azzal vagy az anyagmennyiséggel pH-t számítani hiba!

**Sósavunk pH-ja 2,60. Számítsa ki a koncentrációját!**

Az oldatban az oxónium-ion koncentrációja a pH-ból az alábbi módon számítható:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 0,00251 \text{ mol/dm}^3$$

A sósav erős sav, tehát teljesen disszociál, ezért a sósav koncentrációja megegyezik az oxónium-ionok koncentrációjával, 0,00251 mol/dm<sup>3</sup>.

**Lehetséges-e, hogy egy erős sav oldatának és egy erős bázis oldatának összeöntéséből nem semleges oldat keletkezik?**

Igen! Csak akkor lesz semleges az oldat, ha a sav és a bázis anyagmennyisége megegyezik. Minden más esetben az anyagmennyiségek függvényében savas vagy bázisos oldatot kapunk.

**Egy elég összetett pH számításos feladat, de csak erős savval és bázissal:**

Sóoldatot készítünk több lépésben:

- Első lépésben 2-es pH-jú 36,46 g HCl-t tartalmazó sósavat 100-szorosára hígítunk. Mennyi lesz a hígított oldat pH-ja?
- Második lépésben 12-es pH-jú 40 g nátrium-hidroxid-ot tartalmazó oldatot 10-szeresére hígítunk. Mennyi lesz a hígított oldat pH-ja?
- Mennyi lesz az oldat pH-ja ha a két oldatot összeöntjük?
- Mennyi konyhasó keletkezik?
- Hány liter sóoldat keletkezett?

**Megoldás:**

a,  $m_{HCl} = 36,46 \text{ g}$

$$n_{HCl} = m_{HCl} / M_{HCl} = 36,46 \text{ g} / 36,46 \text{ g/mol} = 1,000 \text{ mol}$$

a HCl erős sav, ezért teljesen disszociál, így  $n_{H_3O^+} = 1,000 \text{ mol}$

$$pH = 2 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

$$c = n / V$$

$$10^{-2} \text{ mol/dm}^3 = 1,000 \text{ mol} / V_{HCl}$$

$$V_{HCl} = 100 \text{ dm}^3$$

$$100\text{-szoros hígítás után: } V_{HCl, \text{ új}} = 100 \cdot 100 \text{ dm}^3 = 10000 \text{ dm}^3$$

$$[H_3O^+] = 1,000 \text{ mol} / 10000 \text{ dm}^3 = 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

$$pH = 4$$

b,  $m_{NaOH} = 40 \text{ g}$

$$n_{NaOH} = m_{NaOH} / M_{NaOH} = 40 \text{ g} / 40 \text{ g/mol} = 1,0 \text{ mol}$$

a NaOH erős bázis, ezért teljesen disszociál, így  $n_{OH^-} = 1,0 \text{ mol}$

$$pH = 12 \Rightarrow pOH = 14 - 12 = 2 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

$$10^{-2} \text{ mol/dm}^3 = 1,000 \text{ mol} / V_{NaOH}$$

$$V_{NaOH} = 100 \text{ dm}^3$$

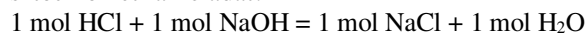
$$10\text{-szoros hígítás után: } V_{NaOH, \text{ új}} = 10 \cdot 100 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

$$[OH^-] = 1,0 \text{ mol} / 1000 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$pOH = 3 \Rightarrow pH = 14 - 3 = 11$$

c,  $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

sztoichiometriai feladat!



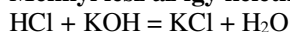
az erős sav és az erős bázis teljes mértékben közönbösítette egymást, a képződött só nem hidrolizál, így  $pH = 7,0$

d,  $m_{NaCl} = 1 \text{ mol} \cdot M_{NaCl} = 58,46 \text{ g}$

e, Ezek az oldatok hígak, ezért a térfogatokat összeadódónak tekinthetjük, így

$$V = V_{\text{HCl, új}} + V_{\text{NaOH, új}} = 10000 \text{ dm}^3 + 1000 \text{ dm}^3 = 11000 \text{ dm}^3$$

**Összeöntünk 1205 cm<sup>3</sup> 0,10 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú sósavat 0,077 liter 2,0 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú kálium-hidroxid oldattal. Mennyi lesz az így keletkezett oldat pH-ja? (A számítás során az oldatok sűrűségváltozásától tekintünk el.)**



Ismét sztöchiometriai feladat, számoljuk ki az anyagmennyiségeket!

$$n_{\text{HCl}} = 1,205 \text{ dm}^3 * 0,10 \text{ mol/dm}^3 = 0,1205 \text{ mol}$$

$$n_{\text{KOH}} = 0,077 \text{ dm}^3 * 2,0 \text{ mol/dm}^3 = 0,154 \text{ mol}$$

A reakcióegyenlet szerint a két anyag 1:1 mólarányban reagál, tehát a kálium-hidroxid van feleslegben. A reakció során elfogy 0,1205 mol HCl és KOH, marad 0,0335 mol KOH és keletkezik 0,1205 mol KCl (amivel nem kell számolni, mert nem hidrolizál, lásd később).

$$\text{Az új oldat térfogata } V_{\text{új}} = 1,205 \text{ dm}^3 + 0,077 \text{ dm}^3 = 1,282 \text{ dm}^3.$$

$$\text{A kálium-hidroxid koncentrációja az új oldatban: } c_{\text{KOH, új}} = 0,0335 \text{ mol} / 1,282 \text{ dm}^3 = 0,02613 \text{ mol/dm}^3.$$

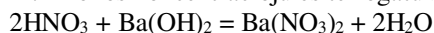
$$\text{Tehát } \text{pOH} = -\lg(0,02613) = 1,58, \text{ pH} = 14 - \text{pOH} = 12,42$$

**Összeöntünk azonos koncentrációjú és térfogatú erős sav és erős bázis oldatát. Mindig semleges lesz az oldat?**

Csak abban az esetben, ha a sav és bázis értékűsége megegyezik, azaz mindkettő egyértékű, kétértékű, háromértékű...

Ha ez nem áll fenn a keletkezett oldat nem lesz semleges!

Pl. Azonos koncentrációjú és térfogatú salétromsav és bárium-hidroxid oldatok összeöntése.



A keletkezett oldat lúgos lesz, mert a reakció során a bárium-hidroxidnak csak a fele fogy el.

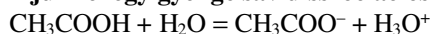
## Gyenge savak / gyenge bázisok

*Emlékeztető:*

Bizonyos anyagok teljesen disszociálnak, ezek az erős elektrolitok. Savak, bázisok esetén ezeket erős savaknak illetve erős bázisoknak hívjuk.

Más anyagok csak részben disszociálnak, ezek a gyenge elektrolitok. Savak, bázisok esetén ezeket gyenge savaknak illetve gyenge bázisoknak hívjuk.

**Írjuk fel egy gyenge sav disszociációs egyensúlyára az egyensúlyi állandót!**



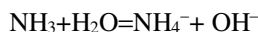
$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] * [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] * [\text{H}_2\text{O}]}$$

a szokásos módon szorozzuk át a gyakorlatilag állandó vízkoncentrációval:

$$K_s = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] * [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \text{ez a sav disszociációállandója, vagy a **savi disszociációállandó**}$$

$$K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 * 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

bázisokra hasonló módon felírható:



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] * [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \text{ez a bázis disszociációállandója, vagy a **bázikus disszociációállandó**}$$

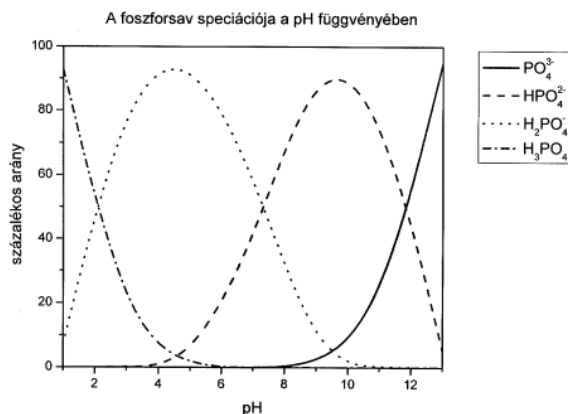
$$K_b(\text{ammónia}) = 1,85 * 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

**többértékű savak-bázisok:**

lépésenként disszociálnak, ezekre külön-külön felírható a disszociációállandó (mindig egyre kisebbek)

foszforsav:  $K_s(1) = 1,10 * 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ ,  $K_s(2) = 2,00 * 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ,  $K_s(3) = 3,60 * 10^{-13} \text{ mol/dm}^3$

az oldatban mindegyik foszfát-ion jelen van, csak a pH-tól függően más-más koncentrációban (speciáció)



**a disszociációállandó és a disszociációfok közötti kapcsolat:**

írjuk fel az általános  $HA = H^+ + A^-$  reakcióra a savi disszociációállandót!

$$K_s = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

Az egyensúlyi koncentrációk meghatározására készítsünk táblázatot! Jelölje  $c$  a sav bemérési koncentrációját,  $x$  az átalakult anyag koncentrációját (ha a térfogat nem változik, amit nyugodtan feltételezhetünk ebben az esetben, akkor az anyagmennyiség helyett koncentráció-változásban is gondolkozhatunk):

	HA	=	H <sup>+</sup>	+	A <sup>-</sup>
kezdetben	$c$		0		0
átalakult	$-x$		$x$		$x$
egyensúlyban	$c-x$		$x$		$x$

$$K_s = \frac{x \cdot x}{c - x} = \frac{x^2}{c - x}$$

A disszociáció fok az átalakult anyag mennyisége osztva a teljes anyagmennyiséggel:

$$\alpha = \frac{n_{\text{átalakult}}}{n_{\text{összes}}}$$

Ha a térfogat nem változik (amit nyugodtan feltételezhetünk ebben az esetben), akkor a disszociációfok felírható az anyagmennyiség

koncentrációk segítségével is:  $\alpha = \frac{c_{\text{átalakult}}}{c_{\text{összes}}}$

Átírva:  $\alpha \cdot c_{\text{összes}} = c_{\text{átalakult}}$

$x = c_{\text{átalakult}} = \alpha \cdot c_{\text{összes}}$

A koncentrációk:

	HA	=	H <sup>+</sup>	+	A <sup>-</sup>
kezdetben	$c$		0		0
átalakult	$-\alpha \cdot c$		$\alpha \cdot c$		$\alpha \cdot c$
egyensúlyban	$c - \alpha \cdot c = (1 - \alpha) \cdot c$		$\alpha \cdot c$		$\alpha \cdot c$

Azaz:

$[H^+] = [A^-] = \alpha \cdot c$

$[HA] = c - \alpha \cdot c = (1 - \alpha) \cdot c$

behelyettesítve:

$$K_s = \frac{\alpha \cdot c \cdot \alpha \cdot c}{(1 - \alpha) \cdot c} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} c \quad \text{Ez az Ostwald-féle hígítási szabály.}$$

A bemérési koncentráció és a savi disszociációállandó ismeretében a disszociációfok számítható, amiből az oxóniumionok koncentrációja, illetve a pH megadható.

Gyenge savaknál a disszociáció fok általában sokkal kisebb, mint egy, ezért a nevezőben lévő átalakult anyag koncentráció ( $x$ ) illetve  $\alpha$  elhanyagolható:

$$K_s = \frac{x^2}{c} \text{ illetve } K_s = \alpha^2 c$$

**Számítsa ki a 0,03 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú ecetsav pH-ját!  $K_s=1,78 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup>**

<p>Használjuk az alábbi képletet:</p> $K_s = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} c$ $1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} 0,03 \text{ mol/dm}^3$ <p>Másodfokú egyenlet, ha lehet ne ezt oldjuk meg!</p> <p>Tegyük fel hogy a disszociációfok (<math>\alpha</math>) kicsi, így elhanyagolható 1-hez képest! (Ennek a feltételnek a teljesülését utólag mindig ellenőrizni kell!)</p> $K_s = \alpha^2 c$ $1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \alpha^2 \cdot 0,03 \text{ mol/dm}^3, \alpha = 0.0243584$ <p>(<math>\alpha = 0.0243584 \ll 1</math>, rendben)</p> $[H^+] = \alpha \cdot c = 0,0243584 \cdot 0,03 \text{ mol/dm}^3 = 7,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3,$ <p>pH = 3,14</p> <p>A pontos megoldáshoz meg kell oldani a másodfokú egyenletet:</p> $K_s \cdot (1 - \alpha) = \alpha^2 c$ $K_s - K_s \cdot \alpha = \alpha^2 c$ $0 = c\alpha^2 + K_s \cdot \alpha - K_s$ $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ <p>Figyelem, itt a másodfokú egyenlet megoldóképletében szereplő c nem koncentráció, hanem az <math>\alpha</math>-t nem tartalmazó, nulladfokú tag!</p> $\alpha_{1,2} = \frac{-K_s \pm \sqrt{K_s^2 + 4cK_s}}{2c}$ <p>A két gyök közül az egyik negatív. A másik gyök:</p> $\alpha = \frac{-K_s + \sqrt{K_s^2 + 4cK_s}}{2c}$ <p>Behelyettesítve:</p> $\alpha = 0.0240636$ $[H^+] = \alpha \cdot c = 0,0240636 \cdot 0,03 \text{ mol/dm}^3 = 7,22 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ <p>pH = 3,14</p>	<p>Használjuk az alábbi képletet:</p> $K_s = \frac{x^2}{c - x}$ $1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \frac{x^2}{0,03 \text{ mol/dm}^3 - x}$ <p>Másodfokú egyenlet, ha lehet ne ezt oldjuk meg!</p> <p>Tegyük fel hogy az átalakult anyag koncentráció (<math>x</math>) kicsi, így elhanyagolható a bemérési koncentrációhoz (<math>c</math>) képest! (Ennek a feltételnek a teljesülését utólag mindig ellenőrizni kell!)</p> $K_s = \frac{x^2}{c}$ $1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \frac{x^2}{0,03 \text{ mol/dm}^3},$ $x = 7,3075 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 (7,3075 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \ll 0,03 \text{ mol/dm}^3, \text{ rendben})$ $[H^+] = x = 7,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3,$ <p>pH = 3,14</p> <p>A pontos megoldáshoz meg kell oldani a másodfokú egyenletet:</p> $K_s \cdot (c - x) = x^2$ $K_s c - K_s \cdot x = x^2$ $0 = x^2 + K_s \cdot x - K_s c$ $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ <p>Figyelem, itt a másodfokú egyenlet megoldóképletében szereplő c nem koncentráció, hanem az <math>x</math>-et nem tartalmazó, nulladfokú tag!</p> $x_{1,2} = \frac{-K_s \pm \sqrt{K_s^2 + 4K_s c}}{2}$ <p>A két gyök közül az egyik negatív. A másik gyök:</p> $x = \frac{-K_s + \sqrt{K_s^2 + 4K_s c}}{2}$ <p>Behelyettesítve:</p> $x = 7,22 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ $[H^+] = x = 7,22 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ <p>pH = 3,14</p>
--	---

**Számítsa ki egy sav ( $K_s=6,23 \cdot 10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup>) a 0,2 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú oldatának pH-ját!**

Először kiszámoljuk a disszociációfokot:

$$K_s = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} c$$

$$6,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} 0,2 \text{ mol/dm}^3$$

Tegyük fel hogy  $\alpha$  kicsi, így elhanyagolható 1-hez képest! (Ennek a feltételnek a teljesülését utólag ellenőrizni kell!)

$$6,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 = \alpha^2 \cdot 0,2 \text{ mol/dm}^3$$

$$\alpha = 0,55812$$

2020.04.11.

tema07\_20200411.docx

8



Nem teljesül a feltétel, meg kell oldani az  $\alpha$ -ra nézve másodfokú egyenletet. (Ha mégis ebből számolnánk a pH-t, akkor 0,952-t kapnánk.)

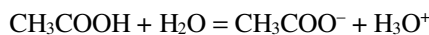
A másodfokú egyenlet megoldásaként  $\alpha = 0,2204$ -t kapunk.

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c = 0,2204 \cdot 0,2 \text{ mol/dm}^3 = 0,04408 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = 1,356$$

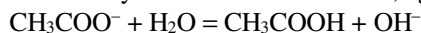
(Ez 0,4-es eltérés a hibás elhanyagolással kapott értéktől.)

### A savi és bázikus disszociációállandó kapcsolata:



$$\text{felírtuk a savi disszociációállandót: } K_s = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

A fenti folyamat során az acetát-ion, egy bázis keletkezett. Ez is egyensúlyi reakcióba léphet vízzel:



Írjuk fel erre a bázikus disszociációállandót!

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

Ezt szokták hidrolízisállandónak nevezni.

Nagyon hasonlít a két állandó egymásra!

Vegyük a kettő szorzatát:

$$K_s \cdot K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_v$$

Így a savi/bázikus disszociációállandó ismeretében a hidrolízisállandó kiszámítható:

$$K_h = \frac{K_v}{K_s}, \text{ illetve } K_h = \frac{K_v}{K_b}$$

Mennyi az acetát-ion hidrolízisállandója, ha az ecetsav savi disszociációállandója  $K_s = 1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ?

$$K_{h, \text{acetát-ion}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{1,78 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}^2}{\text{dm}^6}} = 5,62 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Az Ostwald-féle hígítási szabály ebben az esetben is érvényes:  $K_h = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} c_{s0}$

### Próbáljuk megbecsülni az anyagok oldhatóságát a bennük található kémiai kötése, azok esetleges polaritása és az oldáskor vagy az oldódás után lehetséges kémiai reakciók alapján!

Fémek fizikai oldódása sem poláris, sem apoláris oldószerekben nem jelentős, de sok esetben lehetőség van kémiai oldódásra.

Atomrácsos anyagok sem poláris, sem apoláris oldószerekben nem oldódnak fizikai oldódással.

A molekulákat alkotó anyagok hasonló polaritású oldószerekben oldódnak jól (apoláris anyagok apoláris oldószerben, polárisak polárisban).

Ionos vegyületek poláris oldószerekben oldódnak jobban, de az oldhatósága csak az alkálifém-, ammónium- és halogenid-ionokat tartalmazó vegyületeknek jó. A foszfát- és karbonát-ionokat tartalmazó vegyületek gyakran oldhatatlanok és a legtöbb hidroxid is rosszul oldódik.

#### Sók hidrolízise

A legtöbb só vízben, híg oldatban teljesen disszociál. Az oldat kémhatását, így pH-ját a keletkezett ionok vízzel való reakciója (hidrolízisének mértéke), azaz sav-bázis tulajdonságaik szabják meg.

A keletkező oldat kémhatását a következő gondolatmenettel állapíthatjuk meg (a nátrium-acetát (NaAc) példáján keresztül bemutatva):

1. **Írjuk fel milyen ionokra disszociál a só vízben!**  $\text{Na}^+$  és  $\text{Ac}^-$ .
2. **Írjuk fel a kation lehetséges sav-bázis reakcióját/reakcióit vízzel!** A nátrium-ion protont sem felvenni, sem leadni nem képes ( $\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} \neq$ ), azaz nem reagál vízzel.
3. **Írjuk fel az anion lehetséges sav-bázis reakcióját/reakcióit vízzel!**  $\text{Ac}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{HAc} + \text{OH}^-$ . Az acetát-ion gyenge bázis, azaz a fenti reakció megy végbe.

Nem minden só vizes oldatának semleges a kémhatása!

<p>4. <b>Döntsük el, mely ion sav-bázis reakciója tolja el a víz autoprotolitikus egyensúlyát és ez milyen kémhatást jelent!</b> Ebben az esetben csak az acetát-ion lép reakcióba a vízzel (hidrolizál), ezért ez határozza meg az oldat kémhatását. Mivel hidroxid-ionok keletkeznek az oldat kémhatása lúgos lesz.</p> <p>Ez alapján általánosságban megállapíthatjuk, hogy az erős bázisból keletkezett kation (<math>\text{Na}^+</math>) nem hidrolizál, míg a gyenge savból keletkezett anion (<math>\text{Ac}^-</math>) igen, így az erős bázisból és gyenge savból keletkezett só (<math>\text{NaAc}</math>) vizes oldata lúgos. Hasonlóképpen végiggondolva:</p> <p>Erős sav erős bázissal képzett sójának vizes oldata: semleges, mert a keletkezett ionok számottevően nem hidrolizálnak, pl. nátrium-klorid</p> <p>Gyenge sav erős bázissal képzett sójának vizes oldata: lúgos, mert csak az anion hidrolizál számottevően, pl: nátrium-acetát</p> <p>Erős sav gyenge bázissal képzett sójának vizes oldata: savas, mert csak a kation hidrolizál számottevően, pl: ammónium-klorid</p> <p>Gyenge sav gyenge bázissal képzett sójának vizes oldata: mindkét ion számottevően hidrolizál, a pH-t együtt határozzák meg, a hidrolízisállandók egymáshoz képesti értéke szerint, pl: ammónium-cianid: az ammónia erősebb bázis, mint amilyen erős sav a HCN, tehát lúgos lesz az oldat; ammónium-acetát, semleges, mert az ammónia és az ecetsav kb. egyforma erősek</p> <p>Nem túl szakszerűen, de könnyen megjegyezhető módon: a só oldatának kémhatását úgy találhatjuk ki, ha kigondoljuk, hogy a kation illetve az anion melyik bázisból illetve savból származik és megnézzük, hogy ezek milyen erősek. Az "erősebb" határozza meg az oldat kémhatását.</p> <p>A nátrium-karbonát példáján: a nátrium-ion a nátrium-hidroxidból származtatható, ami erős bázis. A karbonát-ion a szénsavból, ami gyenge sav. A nátrium-hidroxid erősebb bázis, mint amilyen erős sav a szénsav, ezért a nátrium-karbonát oldat kémhatása lúgos lesz.</p>	<p>Erős bázisból és erős savból képződött só vizes oldata semleges kémhatású.</p> <p>Gyenge sav erős bázissal képzett sójának vizes oldata lúgos.</p> <p>Erős sav gyenge bázissal képzett sójának vizes oldata savas.</p>
--	---

Képlete	Az anyag neve	Oldószere* (A, V,)	A vizes oldat kémhatása** (S,N,L,-)
$\text{Cl}_2$	klór	A, V	S
$\text{P}_4$	fehérfoszfor	A	-
$\text{CO}_2$	szén-dioxid	A, V	S
$\text{CaO}$	kalcium-oxid	V	L
$\text{HNO}_3$	salétromsav	V	S
$\text{HCl}$	hidrogén-klorid	V	S
$\text{NaCl}$	nátrium-klorid, konyhasó	V	N
$\text{NH}_4\text{Cl}$	ammónium-klorid/szalmiáksó	V	S
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	nátrium-karbonát/szóda	V	L
$\text{SiO}_2$	szilícium-dioxid	-	-
$\text{C}_2\text{H}_6$	etán	A	-
$\text{CCl}_4$	szén-tetraklorid	A	-
$\text{CH}_3\text{OH}$	metanol	A, V	N
$\text{HCOOH}$	hangyasav	V	S
$\text{C}_6\text{H}_6$	benzol	A	-

\* apoláris (pl. szerves oldószere: hexán, szén-tetraklorid stb.): **A**, ha vízben oldódik: **V**

\*\* savas: **S**, semleges (neutrális): **N**, lúgos: **L** vagy nem értelmezett: -

$\text{Cl}_2$ :	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HOCl} + \text{HCl}$	mindkét termék sav, ezért savas
$\text{CO}_2$ :	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$	a szénsav sav, ezért savas
$\text{CaO}$ :	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$	a kalcium-hidroxid bázis, ezért lúgos
$\text{HNO}_3$ :	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$	erős sav, ezért savas
$\text{HCl}$ :	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$	erős sav, ezért savas
$\text{NaCl}$ :	$\text{NaCl}_{(sz)} = \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$	egyik ion sem hidrolizál, így semleges
$\text{NH}_4\text{Cl}$ :	$\text{NH}_4\text{Cl}_{(sz)} = \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$	csak az ammónium-ion hidrolizál (savasan), így savas
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ :	$\text{Na}_2\text{CO}_3_{(sz)} = 2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$	csak a karbonát-ion hidrolizál (lúgosan), így lúgos
$\text{CH}_3\text{OH}$ :		gyakorlatilag nem reagál vízzel, ezért semleges
$\text{HCOOH}$ :	$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCOO}^-$	gyenge sav, ezért savas

#### A pufferek (pufferoldatok)

pufferoldat: konjugált sav-bázis párt tartalmazó oldat, a pH változást okozó külső hatást képes tompítani

konjugált sav-bázis pár: egymástól egy protonban különböző, sav-bázis reakcióban egymásba alakulni képes részecskék.

az élet ezen alapul! a vér pH-ját ezen az alapon tudja a szervezet állandó értéken tartani

## pufferoldat pH-ja

ecetsav/acetát puffer

Ecetsav-oldatban nátrium-acetátot oldunk, ami teljes mértékben disszociál, és visszaszorítja az ecetsav disszociációját.

A koncentrációk:

	HA	=	H <sup>+</sup>	+	A <sup>-</sup>
kezdetben	$c_{\text{sav}}$		0		$c_{\text{só}}$
átalakult	-x		x		x
egyensúlyban	$c_{\text{sav}} - x$		x		$c_{\text{só}} + x$

Elég nagy koncentrációknál  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = c_{\text{sav}}$ ,  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = c_{\text{só}}$ , mivel a sav és a bázis hidrolízise visszaszorítja egymást, és sav hidrolízise elhanyagolható a bemérési koncentrációkhoz képest.

$$K_s = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$K_s = \frac{c_{\text{só}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{c_{\text{sav}}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{c_{\text{sav}}}{c_{\text{só}}} K_s$$

Ez az úgynevezett pufferképlet.

Pufferoldat készítése:

Készítsünk 1,2 liter pH=5,20 ecetsav/acetát puffert úgy, hogy 0,22 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú ecetsavban oldunk fel szilárd nátrium-hidroxidot. Mennyi ecetsav oldatra és nátrium-hidroxidra van szükség?  $K_s = 1,78 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup>

Tételezzük fel, hogy a szilárd anyag hozzáadása során nem változik az oldat térfogata, így 1,2 dm<sup>3</sup> ecetsav oldatra lesz szükség. pH=5,20 oldatban az oxóniumion-koncentráció  $10^{-5,20}$  mol/dm<sup>3</sup> =  $6,310 \cdot 10^{-6}$  mol/dm<sup>3</sup>

$$\frac{c_{\text{sav}}}{c_{\text{só}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_s} = \frac{6,310 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3}{1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3} = 0,3545$$

Ennek eléréséhez az ecetsav egy részét át kell alakítanunk acetát-ionná:

	CH <sub>3</sub> COOH	+ NaOH	=	CH <sub>3</sub> COONa + H <sub>2</sub> O
kezdetben	0,22 mol/dm <sup>3</sup>	x		0 mol/dm <sup>3</sup>
átalakult	-x	-x		x
a reakció után	0,22 mol/dm <sup>3</sup> -x	0 mol/dm <sup>3</sup>		x

$$c_{\text{sav}}/c_{\text{só}} = (0,22 \text{ mol/dm}^3 - x)/x = 0,3545$$

$$x = 0,1624 \text{ mol/dm}^3$$

Az ehhez szükséges nátrium-hidroxid anyagmennyisége:

$$n_{\text{NaOH}} = 0,1624 \text{ mol/dm}^3 \cdot 1,2 \text{ dm}^3 = 0,1949 \text{ mol}$$

$$\text{ami } m_{\text{NaOH}} = 0,1949 \text{ mol} \cdot 40 \text{ g/mol} = 7,80 \text{ g}$$

A pufferkapacitás megadja, hogy hány mól sav vagy lúg hatására változik egységnyit 1 liter pufferoldat pH-ja.