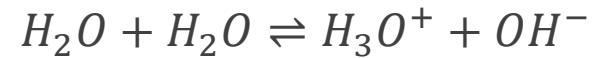


Reaktiot ja tasapaino

Vesiliuoksen pH-arvon laskeminen

Vesiliuos ja sen pH

- Vesi pystyy toimimaan happona tai emäksenä, eli se on **amfoteerinen aine**.



$$K_c = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

$$K_c \cdot [H_2O]^2 = K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

- K_w on veden ionitulo. Tämä on lämpötilasta riippuva vakio, joka ei muutu veden happamuuden mukaan.

pH-asteikon määritelmä

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

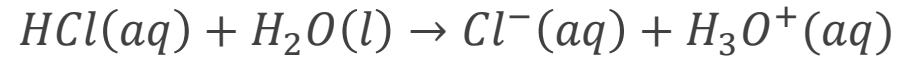
- +25 °C veden ionitulon arvo on noin 10^{-14} , eli

$$pK_w = -\log 10^{-14} = 14$$

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

Vahvan hapon ja emäksen vesiliuoksen pH

- ▶ Laske sellaisen liuoksen pH, jossa HCl-konsentraatio on 0,017M.



- ▶ Suolahappo on vahvahappo, eli se protoloituu täydellisesti.
 - ▶ $\Rightarrow [H_3O^+] = [HCl]$

$$pH = -\log 0,017 = 1,7695 \dots$$
$$pH \approx 1,8$$

- Laske liuoksen pH, kun NaOH:n konsentraatio on 0,0005M.

$$[OH^-] = [NaOH] = 5 \cdot 10^{-4} M$$

$$pOH = -\log(5 \cdot 10^{-4}) = 3,301 \dots \approx 3,3$$

$$pH = pK_w - pOH$$

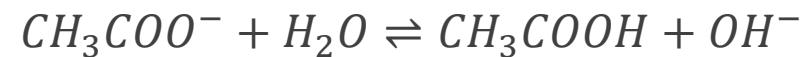
$$pH = 14 - 3,3$$

$$pH = 10,7$$

Heikon hapon tai emäksen vesiliuoksen pH

- ▶ Koska heikkojen happojen ja emästen kohdalla vesiliuokseen muodostuu tasapainoreaktio, emme voi päätellä oksoniumionien konsentraatiota suoraan lähtöaineiden määrästä.
- ▶ Heikkojen happojen ja emästen kohdalla on myös muistettava, että niiden suolojen vesiliuokset voivat olla myös happamia tai emäksisiä. Esimerkiksi ammoniumkloridin (suolahapon ja ammoniakin suola) NH_4Cl vesiliuos on hapan, koska ammoniumionin happovakio on $5,6 \cdot 10^{-10}$, joka on suurempi kuin veden vastaava $1,8 \cdot 10^{-16}$.
 - ▶ Kloridi-ioneilla ei ole juurikaan emäsluonnetta, koska suolahappo on vahva happo.
 - ▶ Vastaavasti natriumnitriitin vesiliuos on emäksinen, koska nitriitti-ionien (typpihapokkeen vastinemäs) emäs vakio $1,4 \cdot 10^{-11}$ on suurempi kuin veden.

- ▶ Laske sellaisen vesiliuoksen pH, johon on liuotettu 0,25M natriumasetaattia.
- ▶ Natriumasetaatin (CH_3COONa) liuetessa veteen muodostuu natrium- ja asetaatti-ioneja. Natriumioneilla ei ole happo-emäsluonnetta, mutta asetaatti-ionin emäsvakio on $5,6 \cdot 10^{-10}$, eli suolaliuoksen pH-arvo tulee nousemaan.



	CH_3COO^-	H_2O	CH_3COOH	OH^-
Alussa	0,25M	-	0	0
Δ	-x	-	+x	+x
Lopussa	0,25M-x	-	x	x

$$K_b = \frac{x^2}{0,25 - x} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

$$\Rightarrow x_1 = -0,0000118324 \text{ ja } x_2 = 0,0000118319$$

- Vain positiivinen juuri kelpaa, koska asetaatti-ionien konsentraation ei voi kasvaa.

$$pH = 14 - pOH = 14 - (-\log[0,0000118319]) = 9,0730$$

$$pH \approx 9,1$$

Moniarvoisten happojen pH

- ▶ Jotkin hapot, kuten rikkihappo voi luovuttaa useamman kuin yhden protonin. Tällaisen hapon vesiliuoksen pH-arvon laskemissa on teoriassa huomioitava kaikkien mahdollisten protolyysireaktioiden vaikutus pH-arvoon, mutta käytännössä vesiliuoksen pH-arvo tulee määräytymään lähes kokonaan ensimmäisen reaktion perusteella.
- ▶ Esim. Määritä 0,17M vahvuisen rikkihappoliuoksen pH.
- ▶ Koska rikkihappo on vahva happo, kaikki rikkihappomolekyylit luovuttavat ainakin yhden protonin vesiliuokseen.

- ▶ 1. reaktio: $H_2SO_4 + H_2O \rightleftharpoons HSO_4^- + H_3O^+$
 - ▶ $c(H_3O^+) = c(H_2SO_4) = 0,17M$
- ▶ 2. reaktio: $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$
 - ▶ $c(HSO_4^-) = c(H_2SO_4) = 0,17M$
- ▶ 2. Reaktion vetysulfaatti-ionin happovakion arvo on $1,1 \cdot 10^{-2}$

	HSO_4^-	H_2O	SO_4^{2-}	H_3O^+
Alussa	0,17M	-	0	0,17M
Δ	-x	-	+x	+x
Lopussa	0,17M-x	-	x	0,17M+x

- Huomaa, että liuoksessa on jo oksoniumioneja 1. reaktion jäljiltä.

$$K_a = \frac{x \cdot (0,17 + x)}{0,17 - x} = 1,1 \cdot 10^{-2}$$

$$x = 0,00980 \dots M$$

- ▶ 1. reaktion seurauksena oksoniumionien konsentraatio on 0,17M, mikä vastaa pH-arvoa $-\log(0,17) \approx 0,77$.
- ▶ 2. reaktion jälkeen oksoniumionien konsentraatio on noussut 0,00980M verran, jolloin sen pH-arvo on $-\log(0,17 + 0,00980) \approx 0,75$.
- ▶ Tämä pieni pH-arvon muutos johtuu siitä, että rikkihapon ensimmäinen protolyysireaktio on laskenut pH-arvoa jo merkittävästi. Heikkona happona vetysulfaatti ei näin ollen kykene luovuttamaan protoniaan happamaan liuokseen.
- ▶ Jos rikkihapon konsentraatio olisi ollut huomattavasti pienempi, 2. protolyysireaktion vaikutus olisi ollut merkittävämpi, koska oksoniumionien alkukonsentraatio olisi pienempi.