

Egyensúlyi reakció



$$v_1 = k_1 [\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]$$

$$v_2 = k_2 [\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$$

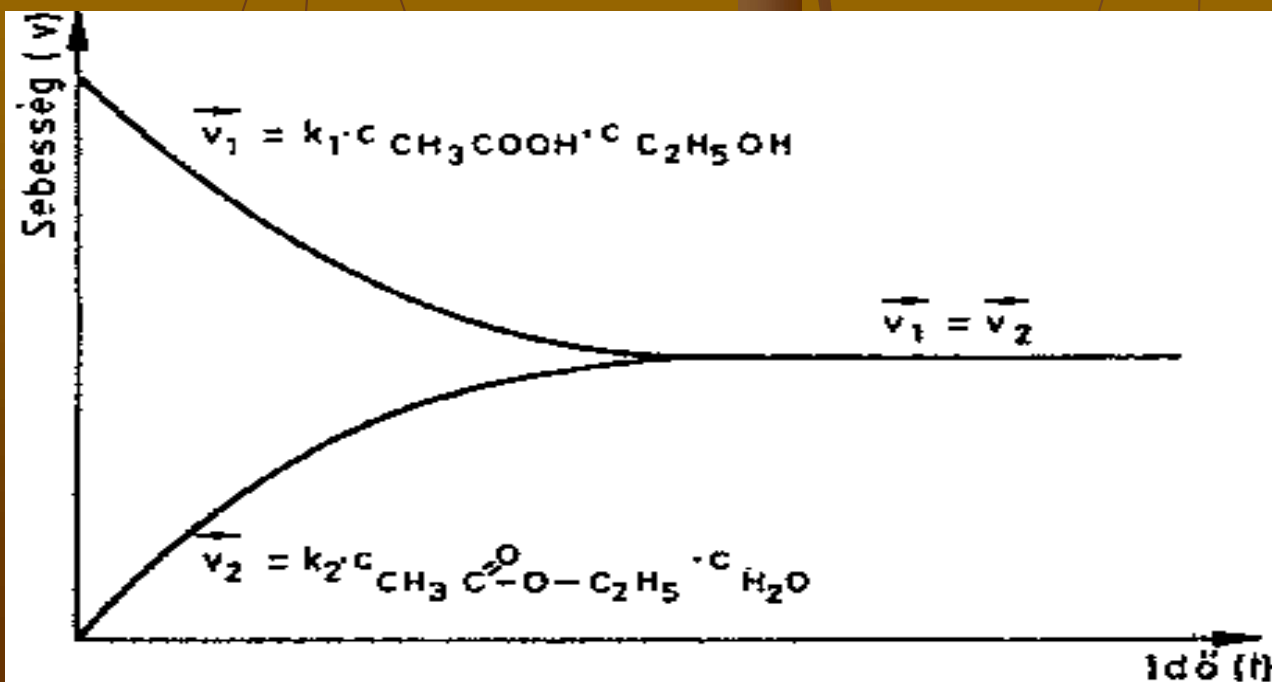
Egyensúlyban: $v_1 = v_2$ azaz

$$k_1 [\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] = k_2 [\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$$

$$K = k_1 / k_2 = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

K: egyensúlyi állandó

Tömeghatás törvénye



Sav bázis egyensúlyok vizes oldatban

Disszociációs egyensúlyi állandó



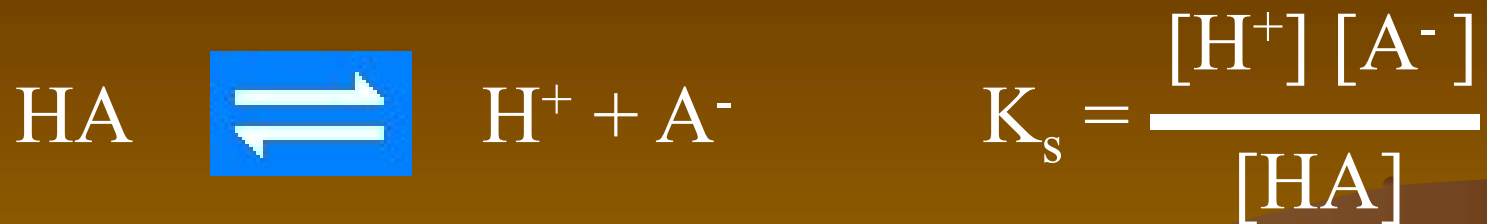
$$K_{\text{sav}} = \frac{[\text{H}^+] [\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}$$



$$K_{\text{bázis}} = \frac{[\text{NH}_4^+] [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

*Ammóniumhidroxid
disszociációja*

Savak disszociációja vizes oldatban



Sav

K_s

$\text{p}K_s = -\lg(K_s)$

Sósav

∞

Kénsav

∞

Salétromsav

∞

→ Erős savak

Triklórecetsav

$3,0 \cdot 10^{-1}$

0,52

Ecetsav

$1,8 \cdot 10^{-5}$

4,75

→ Gyenge savak

Kénessav

$1,6 \cdot 10^{-2}$

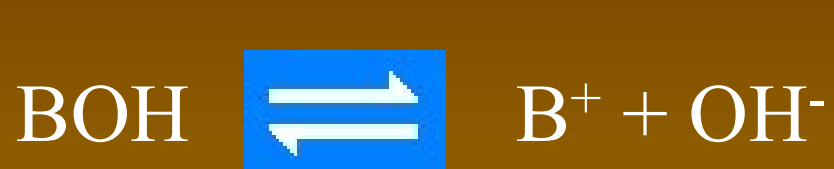
1,79

Szénsav

$4,4 \cdot 10^{-7}$

6,37

Bázisok disszociációja vizes oldatban



$$K_b = \frac{[\text{B}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]}$$

Bázis

 K_b $\text{p}K_b = -\lg(K_b)$

Nátrium-hidroxid

 ∞

Lítium-hidroxid

 ∞

Kálium-hidroxid

 ∞

Etilamin

 $6,5 \cdot 10^{-4}$

3,19

Ammónia

 $1,8 \cdot 10^{-5}$

4,74

Piridin

 $1,8 \cdot 10^{-9}$

4,75

Erős bázisok

Gyenge bázisok

Víz disszociációja és a pH fogalma



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

$$[\text{H}_2\text{O}] = \text{konstans}$$

*Mert az elbomlás mértéke
elhanyagolható*

$$1000\text{g} / 18(\text{g/mol}) = 55,6 \text{ mol / l}$$

$$K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

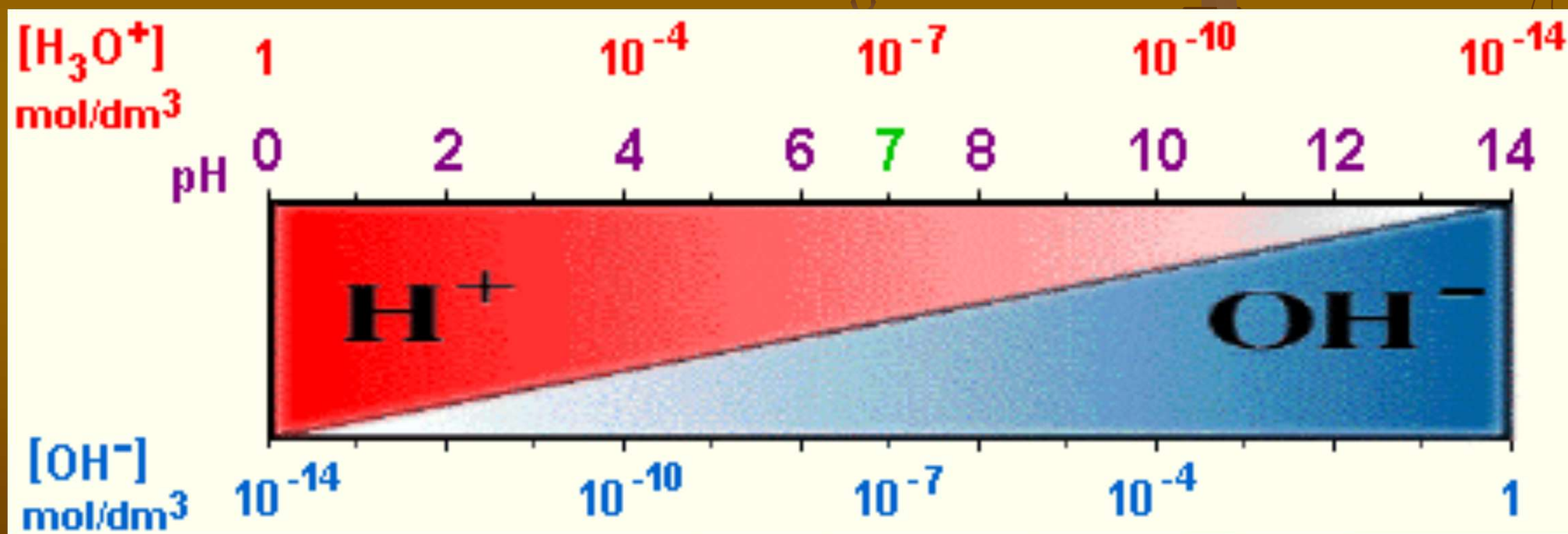
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \text{ és } \text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$$

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

$0 \leq \text{pH} < 7$ savas tartomány, savas jelleg a pH csökkenésével nő

$\text{pH} = 7$ semleges oldat

$7 < \text{pH} \leq 14$ lúgos tartomány, lúgos jelleg nő a pH növekedésével



$$\text{pK}_v = \text{pH} + \text{pOH} = 14,00$$

Erős savak és bázisok pH-ja

disszociáció – 100%

$$[\text{H}^+] = [\text{sav}]$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg [\text{sav}]$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{bázis}] \quad \text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg [\text{bázis}]$$

$$[\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

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

$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / [\text{bázis}]$$

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

1.a	Hány %-os az a HCl oldat, amelynek pH-ja 1?									
	$[H^+] =$	0,1	$[HCl] =$	0,1	mol/l =	0,01	mol/100ml =	0,365 % (g/100ml)	M =	36,5 g/mol
1.b	1%-os HCl pH=?									
	1 g/100 ml =	10 g/l =	0,274	mol/l HCl	$[H^+] = [HCl] =$	0,274	pH =	0,562		
1.c	Hány %-os az a NaOH oldat, amelynek pH-ja 13?									
	pOH =	1	$[OH^-] =$	0,1	= [NaOH] =	0,1	mol/l =	0,01	mol/100ml =	0,4 % (g/100ml)
									M =	40 g/mol
1.d	1%-os NaOH pH=?									
	1 g/100 ml =	10 g/l NaOH =	0,25	mol/l NaOH	= $[OH^-] =$	0,25	pOH =	0,602		
								pH = 14 - pOH =	13,398	

2. 10 m^3 13 pH -jú szennyvízhez hány dm^3 37% -os HCl -t kell adnunk, hogy a pH 8 legyen?

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

$$10\text{ m}^3 =$$

$10\,000$ liter szennyvíz

$$\text{pH} = 13$$

$$\text{pOH} = 1$$

$$[\text{OH}^-] =$$

$0,1$ mol/liter

$1\,000$

mol $[\text{OH}^-]$

$$\text{pH} = 8$$

$$\text{pOH} = 6$$

$$[\text{OH}^-] =$$

$0,000001$ mol/liter

$0,010$

mol $[\text{OH}^-]$

közömbösítendő:

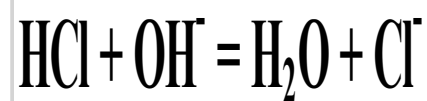
$999,990$

mol $[\text{OH}^-]$

kerekítve:

$1\,000$

mol $[\text{OH}^-]$



1 mol OH^- -hoz kell 1 mol HCl

A reakcióhoz kell:

$1\,000$

mol HCl

$$M(\text{HCl}) =$$

$36,5\text{ g/mol}$

$36\,500$

g HCl

$$1\text{ dm}^3$$

$37\%\text{ HCl}$

370 g HCl

$$x$$

$36\,500\text{ g HCl}$

$$x =$$

$98,65\text{ dm}^3\text{ }37\%\text{-os HCl kell}$

Gyenge savak pH-ja



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

$$x = [\text{H}^+] = [\text{A}^-] \ll [\text{HA}]$$

$$[\text{HA}]_{\text{egyens.}} \approx [\text{HA}]_{\text{kiind.}} = [\text{sav}]$$

$$K_s = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{[x]^2}{[\text{sav}] - x}$$

$$x = [\text{H}^+] \approx \sqrt{K_s [\text{sav}]}$$

Pl.: ha $K_s = 1,8 \cdot 10^{-5}$ és $[\text{sav}] = 1$ $x = 0,004243$ $\text{pH} = 2,372$

$$x^2 + K_s \cdot x - K_s \cdot [\text{sav}] = 0$$

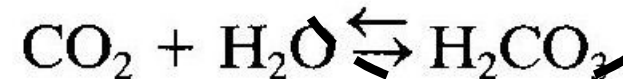
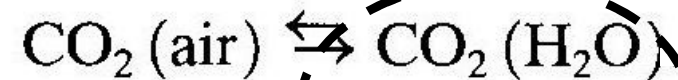
$$x = [\text{H}^+] = \frac{-K_s + \sqrt{K_s^2 + 4 \cdot K_s \cdot [\text{sav}]}}{2}$$

Pl.: ha $K_s = 1,8 \cdot 10^{-5}$ és $[\text{sav}] = 1$ $x = 0,004234$ $\text{pH} = 2,373$

Többértékű savak disszociációja: szénssav

CO₂ oldódása vízben:

reakció a vízmolekulával



„oldott széndioxid”

szénssav disszociáció



disszociációs állandó 1.

$$K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-] [\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.41 \times 10^{-7} \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

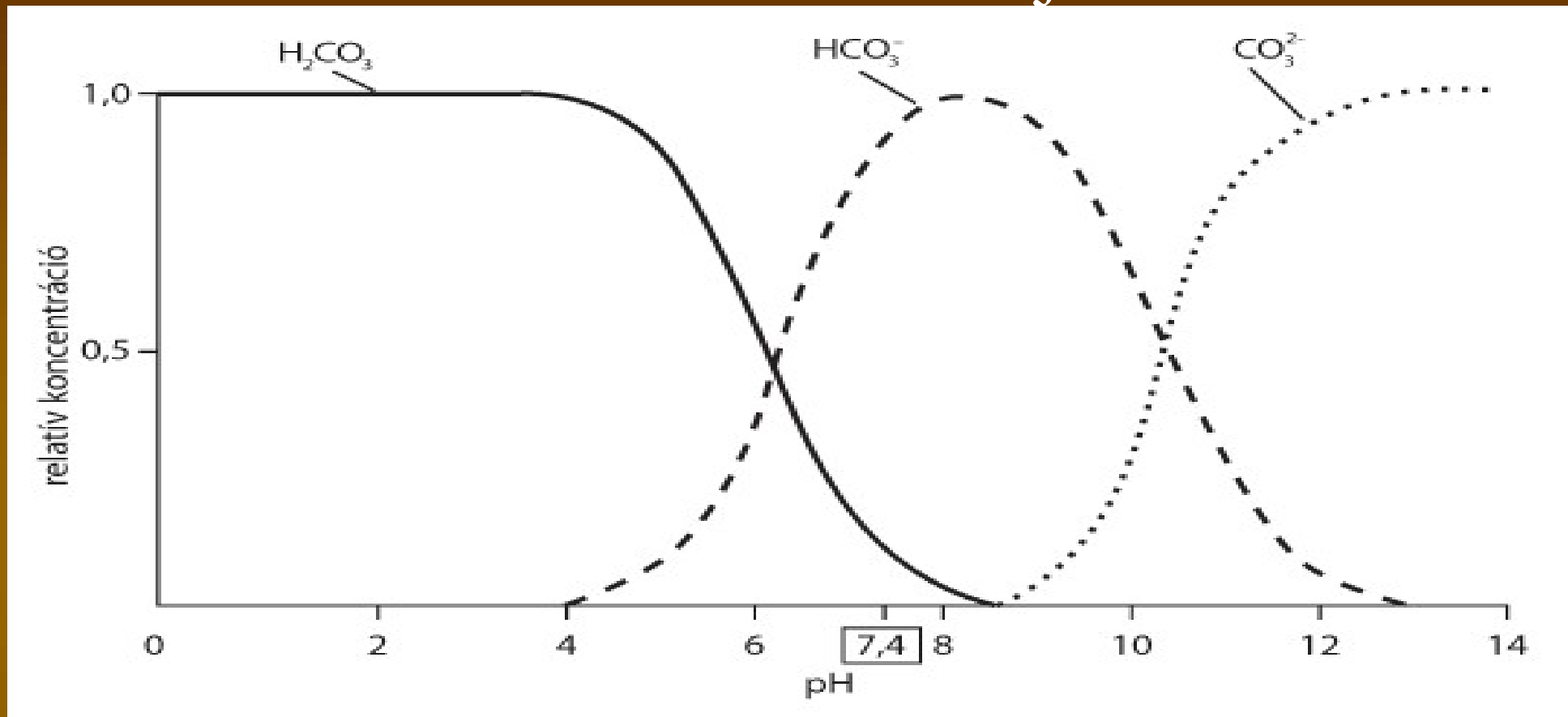
további disszociáció



disszociációs állandó 2.

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+] [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.7 \times 10^{-11} \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

Többértékű savak disszociációja: szénssav



egyensúly



pK_a értéke

$$\text{pK}_{a1} = 6,36$$

$$\text{pK}_{a2} = 10,33$$

Ha az egyes pK -k között a különbség kb. négynél több, akkor minden egyes termék önálló savnak tekinthető.

KHCO_3 faktorozás

NaHCO_3 szóda bikarbóna
 Na_2CO_3 mosószóda (lúgos!)

Karbonát – hidrogénkarbonát egyensúly



Barlang-képződés

Cseppkőképződés

Vízkő képződés

Változó keménység

Vízkő eltávolítás



Vizes sóoldatok sav-bázis tulajdonságai

Disszociáció

A vizes sóoldatok pH értéke sokszor lényeges a korrózió szempontjából

Semleges oldatokat képező sók

Erős sav (pl. HCl) + erős bázis (pl. NaOH)



Na^+

OH^-

H^+

Cl^-

Erős sav és erős bázis teljesen disszociál

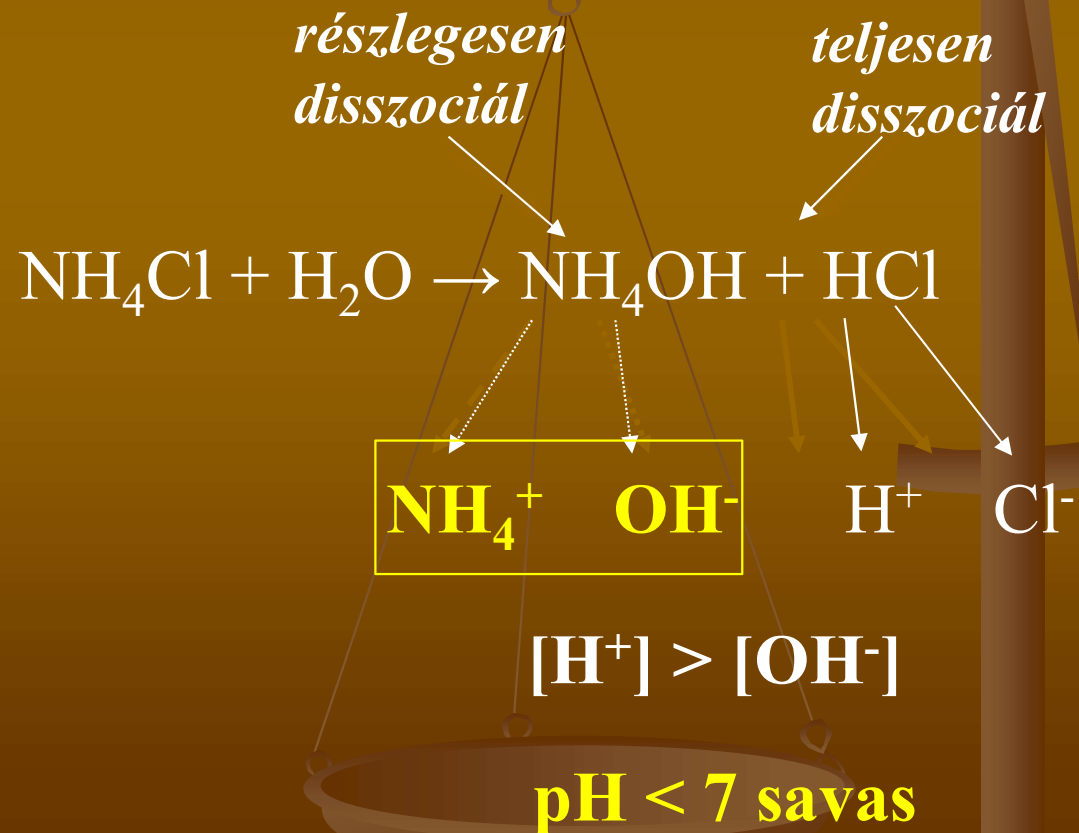
$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ pH=7 semleges

Vizes sóoldatok sav-bázis tulajdonságai

Savas hidrolízis

Savas oldatokat képező sók

Erős sav (pl. HCl) + gyenge bázis (pl. NH_4OH) $\rightarrow$ ammónium-klorid

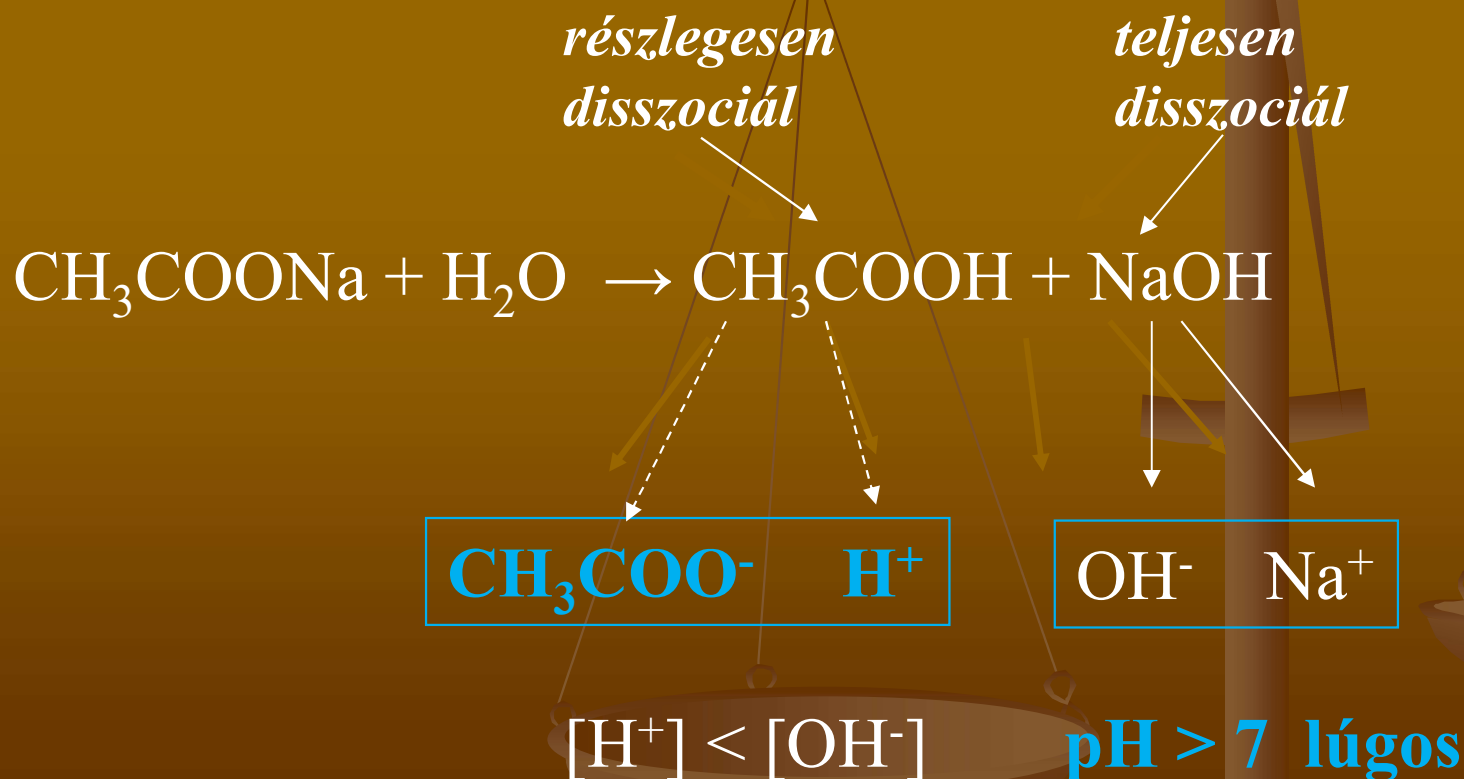


Vizes sóoldatok sav-bázis tulajdonságai

Lúgos hidrolízis

Bázikus oldatokat képező sók

Erős bázis (pl. NaOH) + gyenge sav (pl. CH₃COOH) → nátrium-acetát



Erős sav kiszorítja a gyenge savat sójából



Az oldatba kerülő ionok: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$



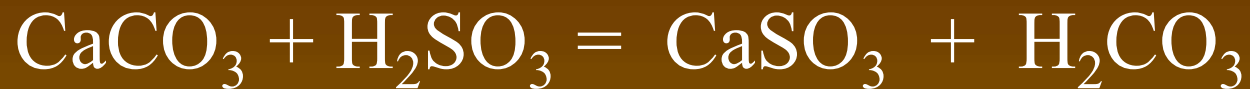
$$K_s = \frac{[\text{H}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Az oldat összetétele: $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{CH}_3\text{COOH}$

és egy kevés $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$

1 mólos oldatok esetén $\sim \text{gyök}(1,8 \cdot 10^{-5}) = \mathbf{0,004 \text{ mol}}$

Füstgáz tisztítás



Kénessav $K_s = 1,6 \cdot 10^{-2}$

Szénsav $K_s = 4,4 \cdot 10^{-7}$

Erősebb sav kiszorítja a gyengébb savat sójából



Oxidáció ↓



el is távozik a rendszerből

Sav-bázis indikátorok működése

Indikátor-H: egy gyenge sav

indikátor-H



Indikátor⁻ + H⁺

Metilvörös

**piros színű
molekuláris forma**

**sárga színű
ionos forma**

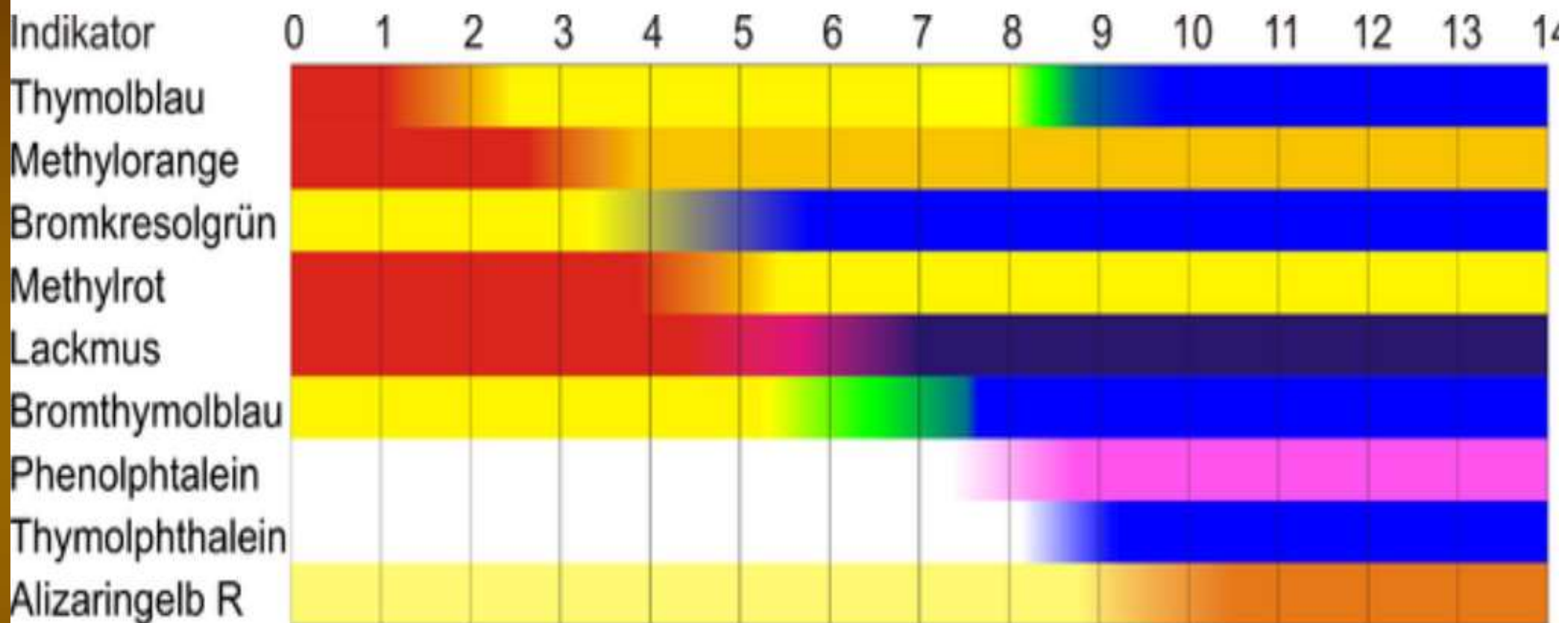
Sav hozzáadására az egyensúly balra tolódik: piros lesz az oldat

Lúg hozzáadására a (a lúg elfogyasztja a H⁺ ionokat) az egyensúly jobbra tolódik : az oldat sárga lesz

Semleges állapotban narancs színű az oldat

Sav-bázis indikátorok

Néhány mesterséges indikátor átcsapási pH - és színtartománya [szerkesztés]



- Metilbolya – átcsapási pH tartománya: 0,1-1,5 ; átcsapási színtartománya: sárga-ibolya
- Metilnarancs – átcsapási pH tartománya: 3,1-4,4 ; átcsapási színtartománya: vörös-narancs
- Metilvörös – átcsapási pH tartománya: 4,4-6,2 ; átcsapási színtartománya: vörös-sárga
- **Lakmusz** – átcsapási pH tartománya: 5,0-8,0 ; átcsapási színtartománya: vörös-kék
- **Fenolftalein** – átcsapási pH tartománya: 8,2-10,0 ; átcsapási színtartománya: színtelen-vörös

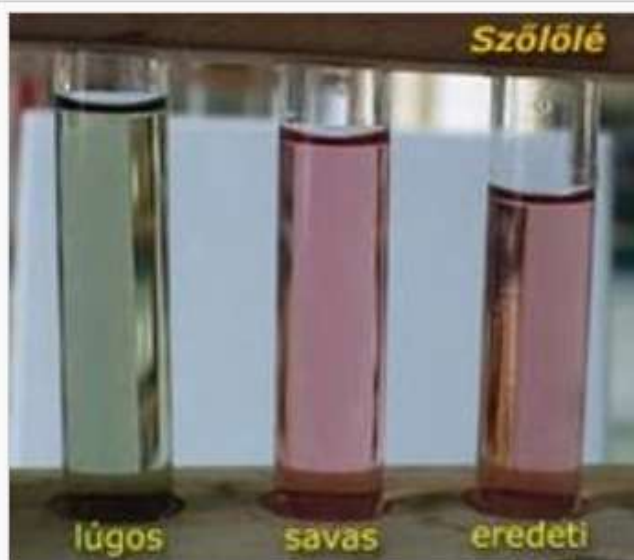
Sav-bázis titrálások

Sav-bázis indikátorok

Legfontosabb természetes indikátorok



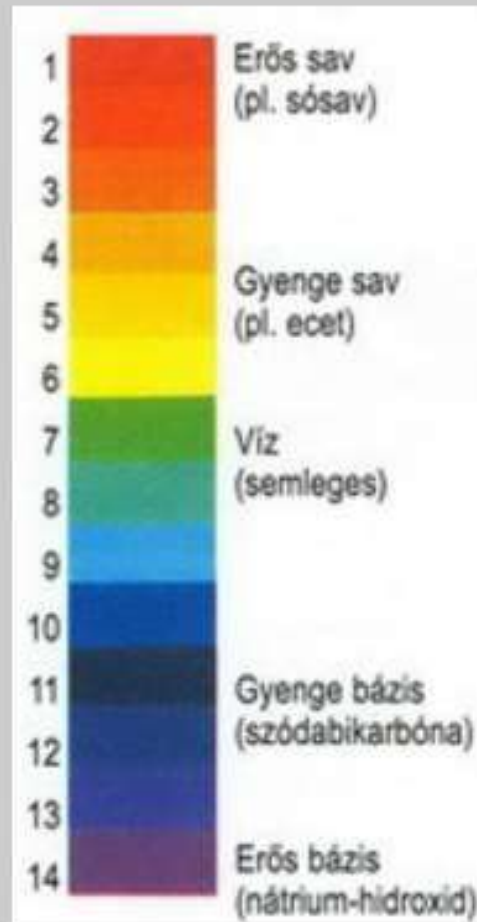
A vöröskáposzta leve különböző pH értékű oldatokban



A szőlőlé is használható indikátorként...

sav-bázis indikátorok

(keverékindikátorok, univerzális indikátorpapír, metilnarancs)



Az eső természetes savassága és a savas eső

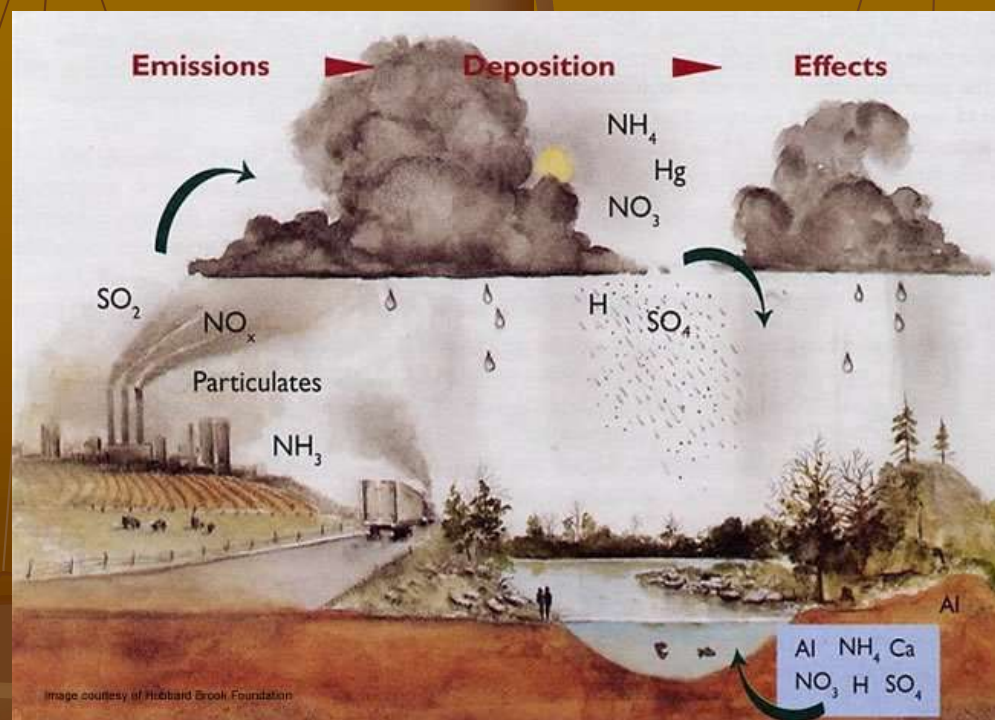
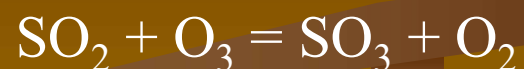
Természetes savasság:



pH $\approx$ 5, mészkő, oldódása:



Savas eső:



Heterogén kémiai egyensúly

Legalább egy résztvevő a többitől eltérő fázisban



A homogén egyensúlyi összefüggés itt is érvényes, ha minden komponensnek a gázfázisbeli koncentrációjával számolunk.



A gázfázisbeli egyensúlyi koncentráció függhet a hőmérséklettől és a nyomástól, de a szilárd anyag mennyiségétől nem. (Egyensúly!)

Szilárd fázis egyensúlyban a gázfázissal: $[\text{CaO}(\text{g})] = K_O$
 $[\text{CaCO}_3(\text{g})] = K_K$

$$K_{(\text{g})} = \frac{[\text{CaO}(\text{g})] [\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3(\text{g})]} = \frac{K_O * [\text{CO}_2]}{K_K}$$

$$K_c = [\text{CO}_2]$$

Heterogén kémiai egyensúly

Amíg CaCO_3 és CaO is jelen van, addig CO_2 koncentrációja, vagy parciális nyomása állandó.

(állandó hőmérsékleten, mert a K hőmérsékletfüggő)



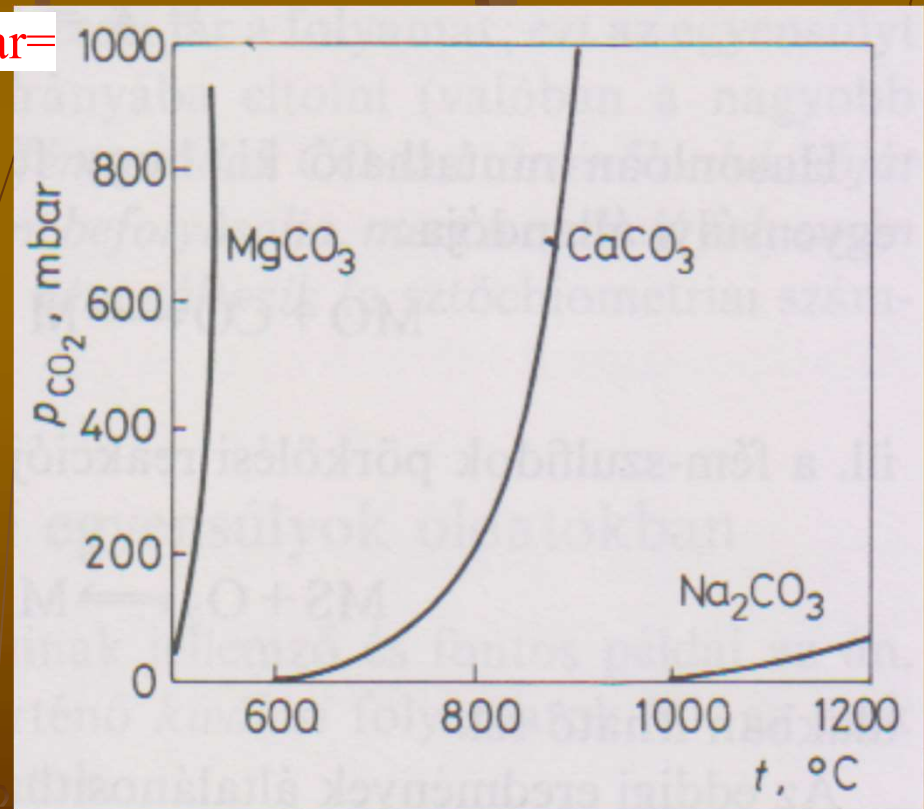
1 bar =

$$K_c = [\text{CO}_2] \quad \text{vagy} \quad K_p = p_{\text{CO}_2}$$

Karbonátok hőbomlása



Potenciális széndioxid
megkötés füstgázból



Széndioxid – karbonát egyensúly

1. Széndioxid-szénsav egyensúly



Híg oldat – A víz mennyisége gyakorlatilag nem változik

2. Karbonát-hidrogénkarbonát egyensúly



Heterogén egyensúly ($[\text{CaCO}_3] = \text{konstans}$, ha van jelen szilárd)

$$K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{CO}_2]} \quad K_2 = \frac{[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]}{[\text{H}_2\text{CO}_3] \cdot [\text{CaCO}_3]}$$



Amíg mészkő van, addig a CO_2 koncentrációja arányos (áll.hőm.!)
a tengervíz hidrogénkarbonát-tartalmával (0,05%). (Puffer!)

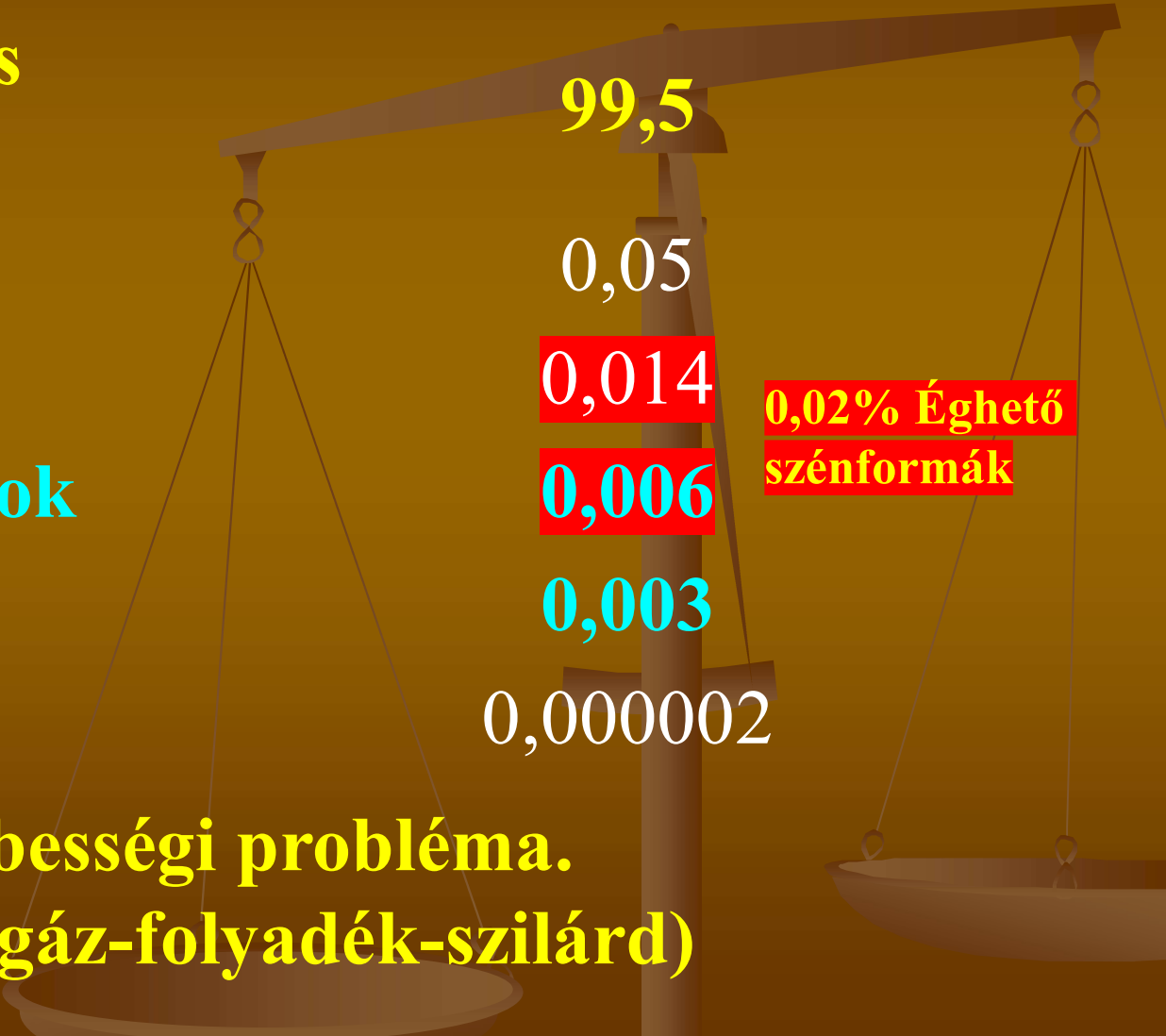
(égethető szénformák (0,02%), karbonát kőzetek (99,5%))!
egyensúlyi rendszerben !

A szén a Föld tömegének mintegy 0,034%-át teszi ki.
Teljes szén mennyiség kb. 76×10^{15} tonna

Rezervoár	Százalékos megoszlás (%)
Litoszféra (kőzetek és üledékek)	99,5
Óceánok	0,05
Metán hidrátok	0,014
Fosszilis tüzelőanyagok	0,006
Szárazföldi bioszféra	0,003
Vízi bioszféra	0,000002

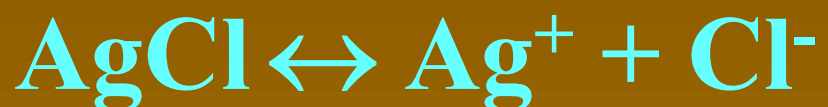
**Reakció sebességi probléma.
(fázishatárok: gáz-folyadék-szilárd)**

0,02% Éghető szénformák



Szilárd anyagok oldódása folyadékokban

- A rosszul oldódó anyagok oldhatóságát - az oldódási egyensúlyból származtatható **oldhatósági szorzattal (L)** jellemezzük



$$[\text{AgCl}] = \text{konst.}$$

$$K \cdot \text{konst} = L = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$$

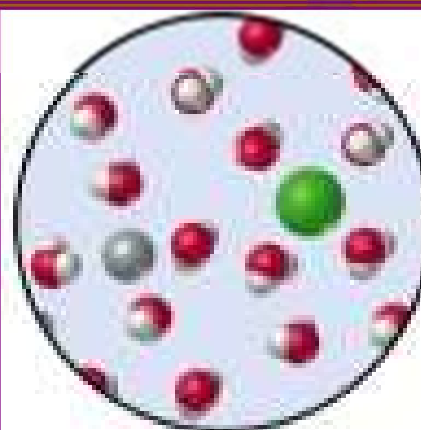
$$1,77 \cdot 10^{-10} = 1,33 \cdot 10^{-5} \cdot 1,33 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{mol/dm}^3 \quad \text{mol/dm}^3$$

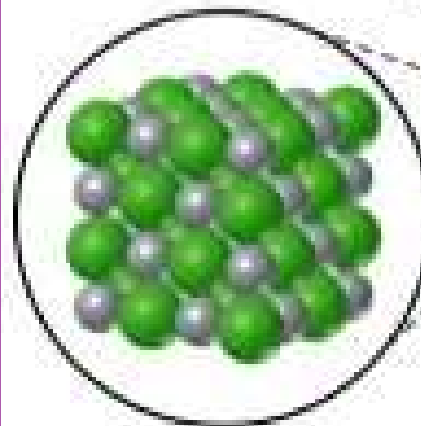


$$[\text{Ag}^+] = 1,77 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

$$K = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]}$$



AgCl
oldott



AgCl
csapadék

Oldhatóság

Vegyület	Oldhatósági szorzat	Vegyület	Oldhatóság g/100g víz)
<u>AgCl</u>	$1,77 \cdot 10^{-10}$	<u>AgNO₃</u>	220
<u>BaSO₄</u>	$1,08 \cdot 10^{-10}$	<u>CuSO₄</u>	21
<u>CaCO₃</u>	$3,36 \cdot 10^{-9}$	<u>FeCl₃</u>	92
<u>CaSO₄</u>	$4,93 \cdot 10^{-5}$	<u>KMnO₄</u>	6,5
<u>HgS</u>	$2,00 \cdot 10^{-54}$	<u>KNO₃</u>	32
<u>PbSO₄</u>	$1,58 \cdot 10^{-8}$	<u>NH₄NO₃</u>	192
<u>FePO₄</u>	$1,3 \cdot 10^{-22}$	<u>NaCl</u>	<u>36</u>
		<u>NaOH</u>	109

$$L = 1,3 \cdot 10^{-22} = [\text{Fe}^{+++}] \cdot [\text{PO}_4^{---}]$$

$$[\text{PO}_4^{---}] = \sim 10^{-11} \text{ mol/dm}^3 \sim 10^{-9} \text{ g/dm}^3 = 10^{-6} \text{ mg/dm}^3 \text{ (ppm)}$$

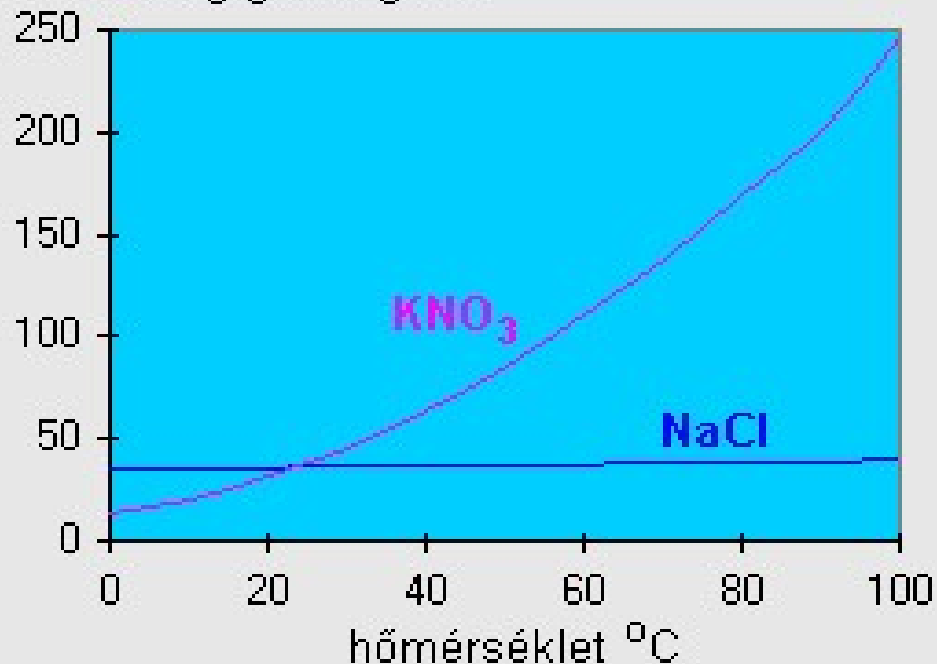
Szennyvíz foszfátmentesítése

koncentrációja	100 ppm.	Hány ppm lesz, ha	0,2 kg FeCl ₃ -at adunk hozzá?
L(FePO ₄)= 1,30E-22	Atomtömegek: Fe-56, Cl-35,5, P-31, O-16)		
= 95 g/mol	M(vasklorid)=	162,5	
00 mg/l =	0,1 g/l =	0,001053 mol/l	különbség:
2 kg/m ³ =	0,2 g/l =	0,001231 mol/l	0,000178
$+ 3*Cl^- = 3*Cl^- + FePO_4 + Fe^{+++} + PO_4^{---}$			
31	0,001053-x	0,001231-0,001053+x	x
	0,000178	+ x	
$[PO_4^{---}] = (0,00018+x)*x = x^2 + 0,00018x = 1,30E-22$			
$x^2 + 0,000178x - 1,3E-22 = 0$			
$x = 7,32E-19 \text{ mol/l}$			
$mg/dm^3 PO_4^{---} = 1000*x*M(\text{foszfát}) = 6,95E-14 \text{ ppm}$			

Szilárd anyagok oldódása

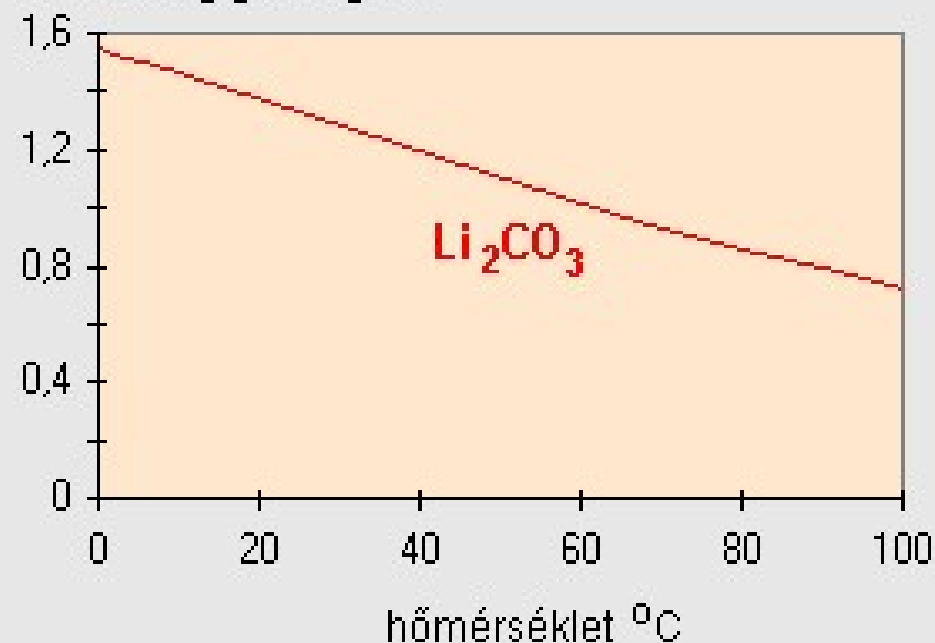
- Az oldhatóság hőmérsékletfüggése - növekvő és csökkenő - az oldáshő előjelétől függően
- Oldáshő = szolvatációs hő – rácsenergia
(víznél – **hidratációs hő**)
- A nyomás gyakorlatilag nem változtat az oldhatóságon

oldhatóság g/100 g víz



pozitív oldáshő (lehül)

oldhatóság g/100 g víz



negatív oldáshő (felmelegszik)