

**Élelmiszer-kémia**  
**MSc**

**Dr. Csapó János**  
**2009**

## A víz és a vizes oldatok

A sejtekben az anyagcsere-folyamatok vizes közegben játszódnak le.

Nukleinsavak, fehérjék szerkezete vízzel kölcsönhatásban alakul ki.

**A vízmolekula szerkezete és tulajdonságai:**

Oxigén vegyérték-elektronhéja:  $2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$

Hidrogéné:  $1s$

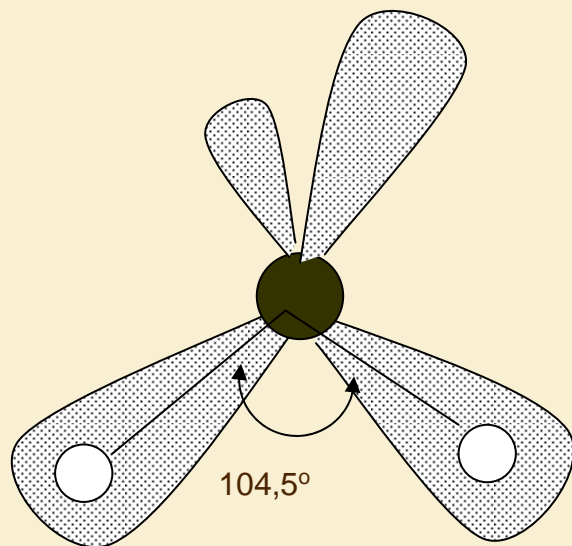
O-H kötés:  $2p_y$  és  $2p_z$  párosítatlan elektronokkal

## A folyékony víz és a jég szerkezete

Folyékony állapotban részleges rendezetlenség:

molekulaasszociátumok  $\rightleftharpoons$  szabad vízmolekulák  
köztük dinamikus egyensúlyi állapot.

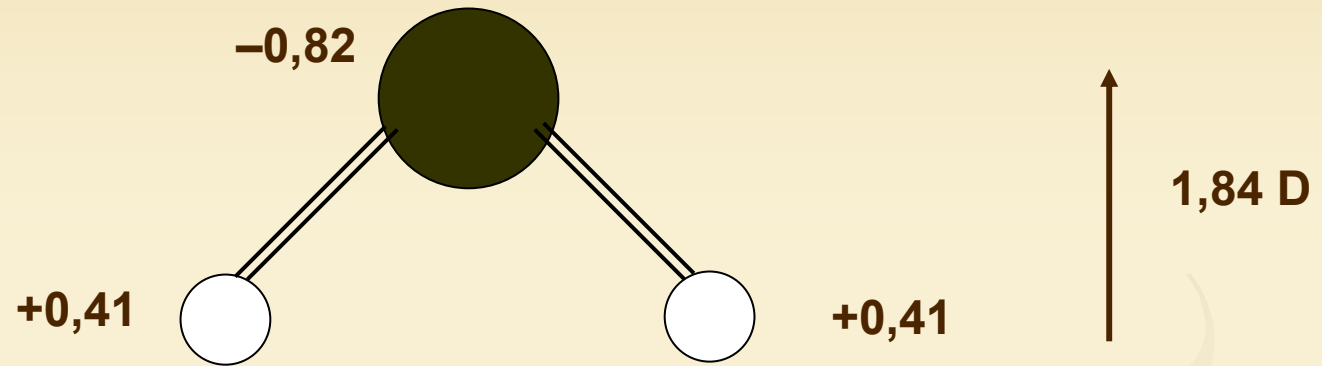
### A vízmolekula geometriája



Ez egy nem kötő hibridorbitál. Taszítják egymást és a kötő elektronokat. Ezért a kötésszög  $90^\circ$  helyett  $104,5^\circ$ .

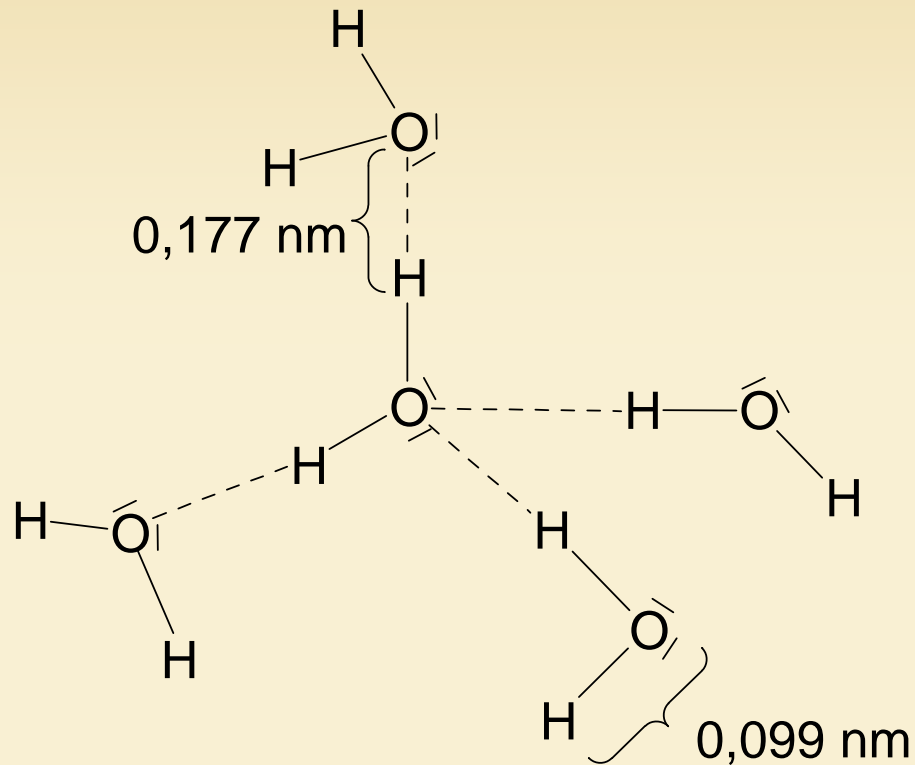
Az O 2s- és három 2p-orbitálja  $sp^3$ -hibridorbitállá alakul át.

# A vízmolekula poláris kötése



**Az O nagyobb elektronegativitása miatt részlegesen pozitív és negatív töltések  $\longrightarrow$  állandó dipólusmomentum.**

# A hidrogénkötések kialakulása a vízmolekulák között



Az O atom részleges negatív töltése és nemkötő elektronpárjai vonzzák a másik vízmolekula pozitív töltésű hidrogénatomjait. A H-kötés a molekula geometriája szerint irányított → erős kötés.

Egy vízmolekula másik négy vízmolekulával létesít hidrogénkötést.

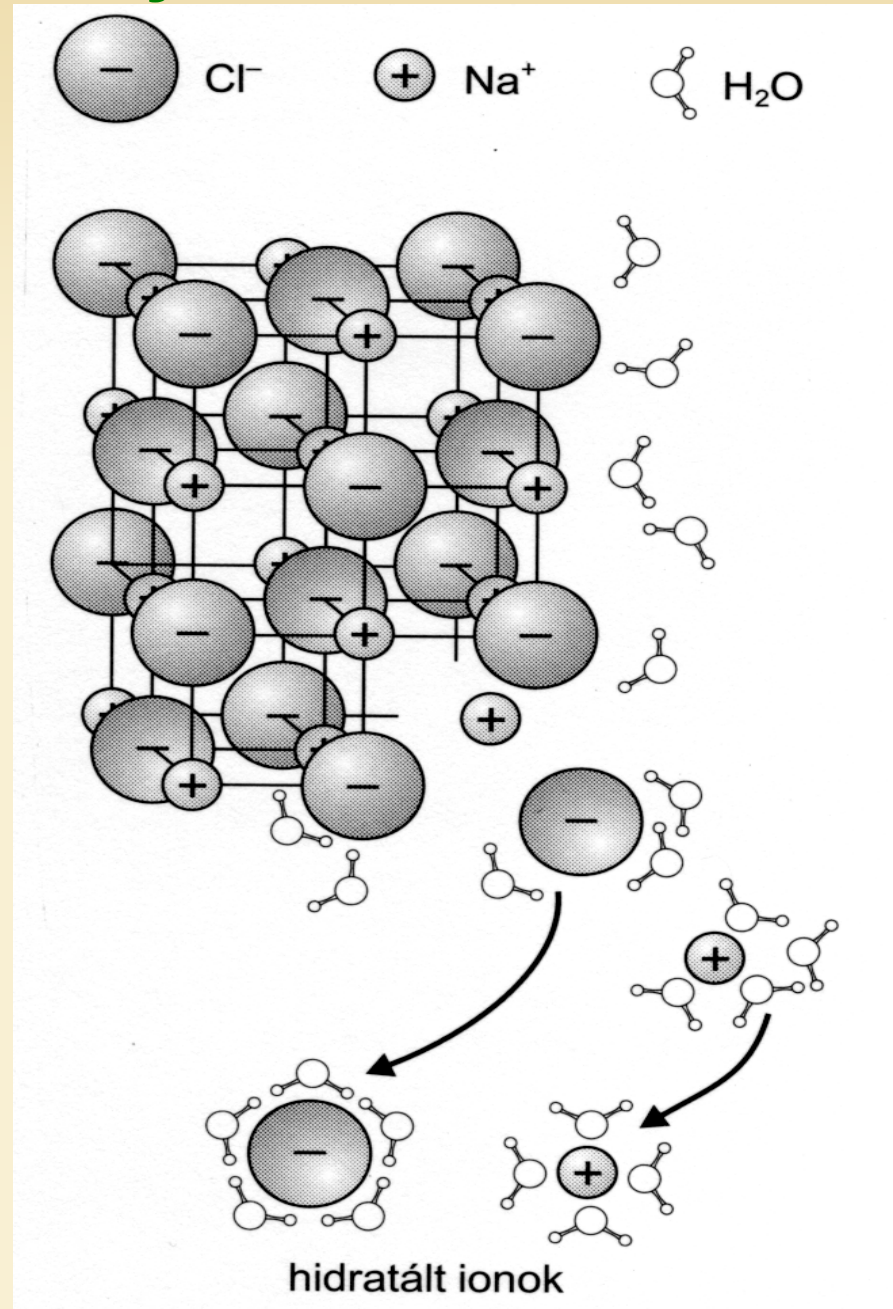
## A víz néhány jellemző tulajdonsága

Olvadáspont		0,0 °C
Forráspont (0,1 MPa)		100,0 °C
Sűrűség g/cm <sup>3</sup>	0,0 °C jég	0,9168
	0,0 °C víz	0,9984
	3,98 °C víz	0,99997
	25,0 °C víz	0,99704
Dipólusmomentum		1,84 D
Hőkapacitás		75,2 J/K·mol
Olvadáshő		6,02 kJ/mol
Párolgáshő		40,70 kJ/mol

Hasonló szerkezetű, de hidrogénkötést nem tartalmazó vegyületek: H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>Se, H<sub>2</sub>Te.

Forráspontjuk lényegesen alacsonyabb, mint a vízé.

# Konyhasó oldódása vízben



## A vizes oldatok

A víz poláros  $\longrightarrow$  apoláros anyagot nem old.

↓  
Poláros anyagok (különösen, ha hidrogénhíd kialakításra van lehetőség) jól oldódnak benne.

Oldódás a dipólus-dipólus kölcsönhatások kialakításával.

Oldódás  $\longrightarrow$  mindig endoterm!

Az oldott anyag solvatációja (vagy víz esetén hidratációja) mindig exoterm.

Az oldáskor felszabaduló vagy elnyelődő hőmennyiséget a két folyamat együttesen határozza meg.



**Oldáshő:** az egységnyi tömegű vagy mólnyi anyag oldásakor felszabaduló vagy elnyelődő hőmennyiség.

Vegyület	Rács-energia (kJ/mol)	Hidratáció-hő (kJ/mol)	Oldáshő (kJ/mol)	
			számított	mért
LiCl	834	-884	-50	-37,1
NaCl	769	-769	0	3,9
KCl	701	-685	16	17,2
KF	808	-827	-19	-17,7
KBr	671	-658	13	20
KI	632	-617	15	20,5

**Exoterm oldás:** az oldat felmelegszik

**Endoterm oldás:** az oldat lehűl

**Rácsenergia – hidratációhő = Oldáshő**

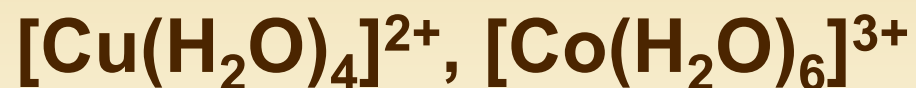
**Számított és mért érték különbsége: megváltozik a vízmolekulák közti kölcsönhatás.**

## A hidratációhő függése az iontöltéstől és az ionsugártól

Ion	Ionsugár (nm)	Töltés/ ionsugár	Hidratációhő (kJ/mol)
F <sup>-</sup>	0,136	7,35	-483
I <sup>-</sup>	0,220	4,35	-273
Li <sup>+</sup>	0,068	15	-543
Mg <sup>2+</sup>	0,066	30	-1021

**Minél nagyobb a töltés/ionsugár → annál nagyobb hő szabadul fel hidratációkor.**

Ionok vízmolekulákat kötnek meg → vízmolekulákkal együtt mozognak → a koordinált molekulák számát az ionképletben is jelöljük:



## Hidrátok

$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  réz(II)-szulfát-pentahidrát

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  K-Al-szulfát dodekahidrát

$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  vas(II)-szulfát heptahidrát

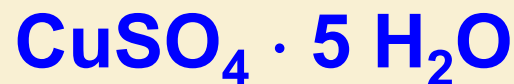
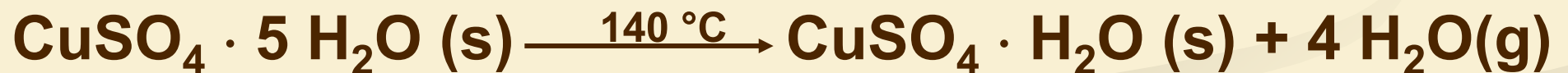
Higroszkópos anyagok:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$

## A kristály-alkotórész és a víz kötődése:

Víz O nemkötő elektronpár  $\downarrow$  fémion

ion-dipólus kötés

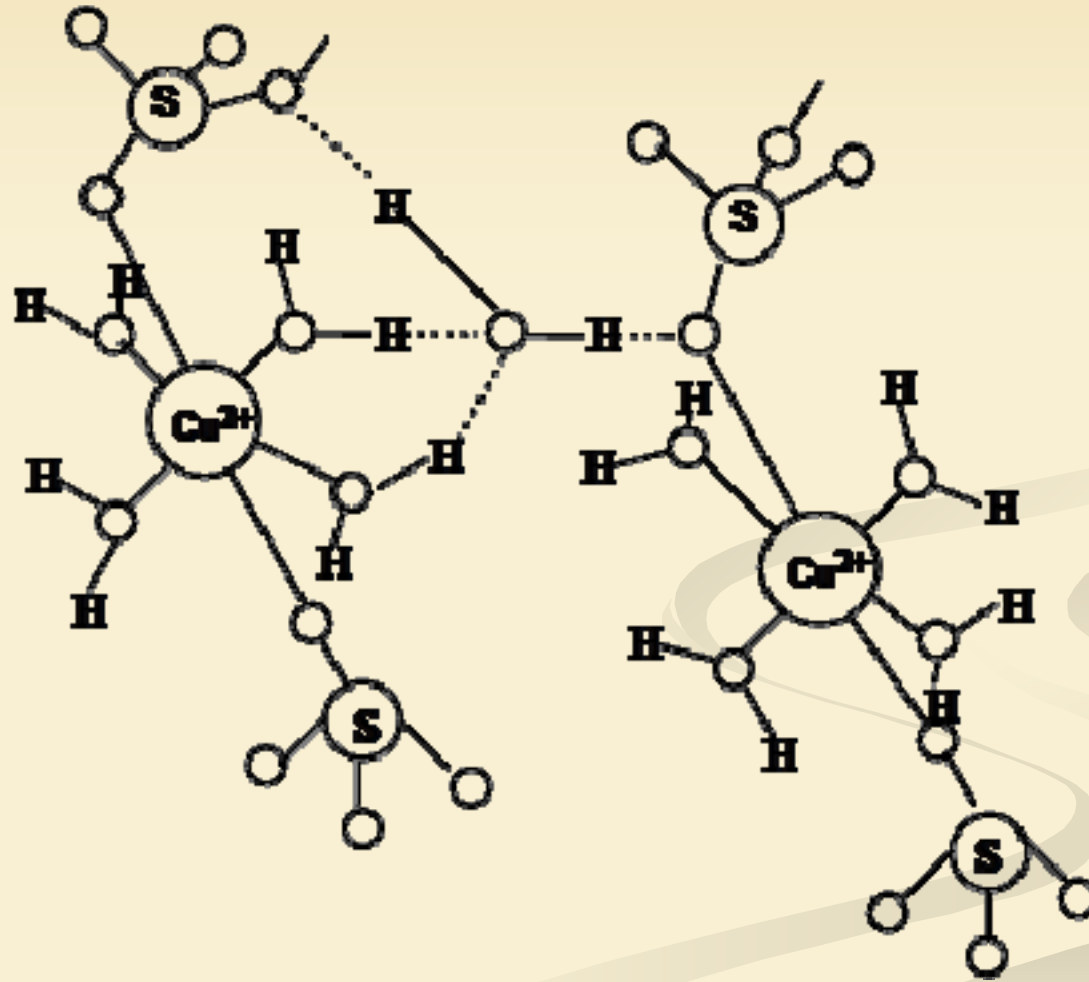
datív kovalens kötés



4  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ -hoz kötődik (datív) kovalens kötéssel

1  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}$  atomjához hidrogénkötéssel

## A réz(II)-szulfát pentahidrát szerkezete



## A víz disszociációs egyensúlya, a víz ionszorzata, a pH és a pOH

Kémiai szempontból legtisztább víz is vezeti valamennyire az elektromos áramot.

Ok: autoprotolízis révén ionokat is tartalmaz.



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

**K** = a folyamat egyensúlyi állandója,

**[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]** = oxóniumion koncentrációja,

**[OH<sup>-</sup>]** = hidroxidion koncentrációja.

**A víz disszociációjának mértéke nagyon csekély**



**A víz ionszorzata:**



$$K_v = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-14} \quad (25 \text{ °C-on}).$$

**A víz öndisszociációja azonos koncentrációjú  $\text{H}_3\text{O}^+$ -  
és  $\text{OH}^-$ -ionokat eredményez**



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3.$$



$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \longrightarrow$  semleges  
vagy neutrális oldat

$[\text{H}_3\text{O}^+] > 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \longrightarrow$  savas oldat

$[\text{H}_3\text{O}^+] < 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \longrightarrow$  lúgos oldat

Túl kis számok  $\longrightarrow$  praktikus meggondolás alapján  
vezették be a pH és a pOH fogalmát.

**Definíció híg oldatok esetén:**

a **pH** a hidroxóniumion-koncentráció negatív  
logaritmus,

a **pOH** pedig a hidroxidion-koncentráció negatív  
logaritmus.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = \log \frac{1}{[\text{H}_3\text{O}^+]},$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = \log \frac{1}{[\text{OH}^-]}.$$

**semleges kémhatású vizes közeg esetén:**

$$\text{pH} = \text{pOH} = 7,$$

**savas és lúgos oldatok esetén pedig:**

$$\text{pH} < 7, \text{ illetve } \text{pH} > 7.$$

**A pH jelentése hidrogénkitevő.**

**A hidroxóniumion-koncentráció 10-szeres változása  
1 pH-egységnek felel meg.**

# Savas, semleges és lúgos vizes oldatok pH és pOH értékei 25 °C-on

[H <sup>+</sup> ] mol/dm <sup>3</sup>	pH		pOH	[OH <sup>-</sup> ] mol/dm <sup>3</sup>	
10 <sup>1</sup>	-1	↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑	15	10 <sup>-15</sup>	
10 <sup>0</sup>	0		14	10 <sup>-14</sup>	
10 <sup>-1</sup>	1		13	10 <sup>-13</sup>	
10 <sup>-2</sup>	2		Savas	12	10 <sup>-12</sup>
10 <sup>-3</sup>	3		11	10 <sup>-11</sup>	
10 <sup>-4</sup>	4		10	10 <sup>-10</sup>	
10 <sup>-5</sup>	5		9	10 <sup>-9</sup>	
10 <sup>-6</sup>	6		8	10 <sup>-8</sup>	
10 <sup>-7</sup>	7		semleges	7	10 <sup>-7</sup>
10 <sup>-8</sup>	8		6	10 <sup>-6</sup>	
10 <sup>-9</sup>	9		5	10 <sup>-5</sup>	
10 <sup>-10</sup>	10		4	10 <sup>-4</sup>	
10 <sup>-11</sup>	11		lúgos	3	10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-12</sup>	12		2	10 <sup>-2</sup>	
10 <sup>-13</sup>	13		1	10 <sup>-1</sup>	
10 <sup>-14</sup>	14	0	10 <sup>0</sup>		
10 <sup>-15</sup>	15	-1	10 <sup>1</sup>		

## A természetes vizek és az ivóvíz

A föld vízkészlete  $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$

97,3% óceánokban

2,7% édesvíz → legnagyobb része sarkvidéki jéghegyekben, földalatti folyókban, tavakban.

A föld összes vízkészletének 0,003%-a alkalmas emberi fogyasztásra.

A tengervíz ásványi anyagai: ( $\text{g/dm}^3$ )

$\text{Cl}^-$ : 19;

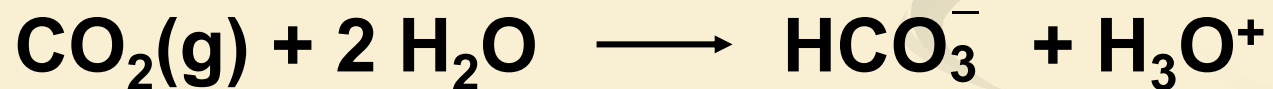
$\text{Na}^+$ : 10,6;

$\text{Mg}^{2+}$ : 1,39.

## A természetes vizekben előforduló ionok

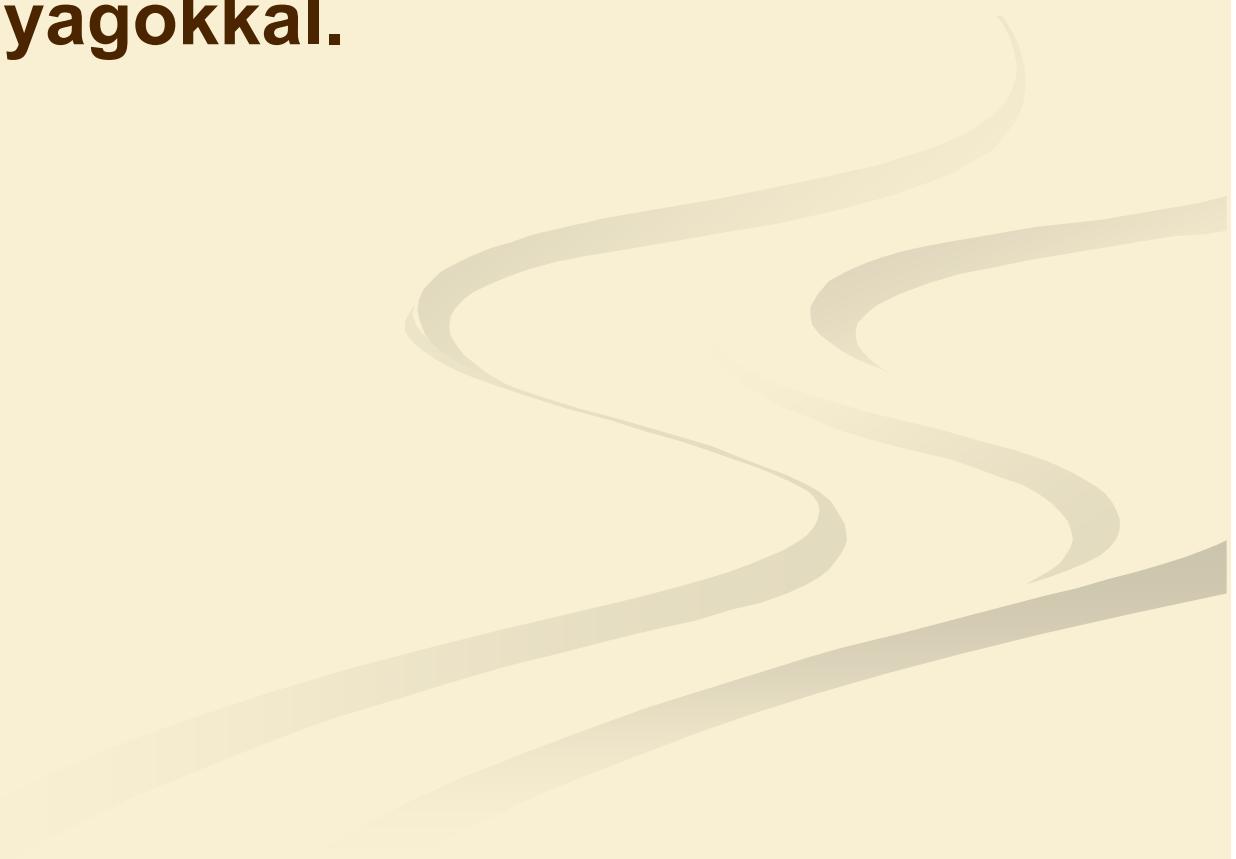
Kation	Anion
$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{NH}_4^+$	$\text{HCO}_3^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{OH}^-$ $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{F}^-$ $\text{PO}_4^{3-}$

Az oldott  $\text{CO}_2$  a vizet enyhén savassá teszi.



A víz öntisztulása: levegő (oxigén) illetve mikroorganizmusok segítségével.

## A víz sómentesítése:

- **desztillálással,**
  - **elektrolízissel,**
  - **ionszelektív membránokkal (fordított ozmózis),**
  - **ioncserélő anyagokkal.**
- 

## A víz keménysége

**Ca<sup>2+</sup>-, Mg<sup>2+</sup>-ionok okozzák.**

**Kazánkö és vízkőképződés.**

**Szappanok csökkent habzása.**

**Változó keménység:**

**Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> és Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> okozzák.**

**Forralással megszüntethető:**



## Állandó keménység:

Nem  $\text{HCO}_3^-$  -hoz kötődő  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok okozzák.  
(DE!  $\text{CaSO}_4$  oldhatósága a hőmérséklet növelésével csökken!)

## Vízlágyítás:

- csapadékképző reagensekkel:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  (szóda),  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (trisó)
- komplexképzőkkel – nem csapják ki a szappanokat és detergenszeket
- ioncserélő anyagokkal
  - műgyanták
  - természetes ioncserélők



## Műgyanta

- kationcserélő, negatív töltésű funkciós csoport ( $-\text{SO}_3^-$ )
- Anioncserélő, pozitív töltésű funkciós csoport ( $-\text{N}^+\text{R}_3$ )

A víz kationjai hidrogén-, anionjai hidroxidionokra cserélhetők.

**Zeolit** természetes ioncserélő.

Háromdimenziós szerkezetű Na-Al-szilikát →  
Ca<sup>2+</sup>-, Mg<sup>2+</sup>-, Fe<sup>2+</sup>-ionokat Na<sup>+</sup>-ra cserél.

NaCl oldattal regenerálható, a vízlágyítás többször ismételhető.

# Szennyvizek és szennyvíztisztítás

## A szennyező anyagok:

- betegséget okozó vírusok és baktériumok,
- szerves anyagok,
- ipari melléktermékek (nehézfém-ionok, gomba- és rovarölő-szerek, műtrágyák, detergenssek).


## Szerves szennyeződések lebomlása:

Oxigén és mikroorganizmusok  $\rightarrow$   $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{3-}$  aerob lebontás.

Oxigénhiány és mikroorganizmusok  $\rightarrow$   $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{PH}_3$  anaerob bomlás.

$\rightarrow$  kellemetlen szagúak, az élővilág kipusztul.

## **Szennyvíztisztítás:**

- **szilárd szennyezések szűrése, ülepitése,**
  - **szerves szennyezések lebontása O<sub>2</sub>-feleslegben,**
  - **további specifikus tisztító módszerek, pl. nehézfémekre.**
- 

# Ásványvizek és gyógyvizek

## Természetes vizek

- melegforrások, 20 °C-nál melegebb,
- egyszerű savanyú vizek, nagy szénsavtartalom,
- alkalikus és meszes szénsavas forrásvizek,  
 $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  
szabad szénsav
- konyhasós forrásvizek,
- glaubersós forrásvizek,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,
- keserűvizek,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  és  $\text{MgSO}_4$ ,
- kénes vizek  $\text{H}_2\text{S}$  és  $\text{COS}$  (karbonil-szulfid).

## Mesterséges ásványvizek

- Szódavíz (ivóvíz +  $\text{CO}_2$ )

## A víz kötése az élelmiszerekben

### Kémiai vízmegkötés:

Fővegyértékkel vagy mellékvegyértékkel.  
Rendkívül erős → új vegyület is képződhet.

### Fizikai-kémiaailag kötött víz:

Adszorpcióval, ozmózissal.

### Mechanikailag kötött víz:

Szerkezeti víz, kapilláris nedvesség ( $10^{-5}$  cm).  
Nedvesítési víz felületi adhézióval.

Oldóképességben, mozgékonyágban nincs korlátozva	korlátozott
<b>szabad víz</b>	<b>kötött víz</b>

## Víztartalom-változás:

mechanikai hatás (prézelés),  
melegítés (párolgás),  
fagyasztás (jégkiválás),  
liofilezés (fagyasztva szárítás).

## Abszolút és relatív páratartalom:

Abszolút: g víz/1 m<sup>3</sup> levegő

Relatív: a telítetthez viszonyított mennyiség

$$RP\% = \frac{AP}{TP} \cdot 100,$$

ahol:  $RP$  = a relatív páratartalom,  
 $AP$  = az abszolút páratartalom,  
 $TP$  = a telített levegő páratartalma.

**ERP** (egyensúlyi relatív páratartalom) zárt rendszer,  
élelmiszer és környezete közti egyensúly

$$a_w = \frac{ERP}{100}, \quad a_w = \frac{P}{P_o}$$

ahol:  $a_w$  = a vízáktivitás

$P$  = a vízgőz parciális nyomása az  
élelmiszerben adott hőmérsékleten,

$P_o$  = a tiszta levegő gőznyomása telített térben,  
azonos hőmérsékleten.

A vízáktívítást a víz kötési módja, a szabad és a kötött víz aránya szabja meg.

Vízaktívítás mérés **kristályelfolyósítási módszerrel:**

Néhány kristályos anyag telített vizes oldatának egyensúlyi relatív páratartalma:

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (18 °C) = 96,2

$\text{KNO}_3$  = 95,0

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  = 98,8

$\text{K}_2\text{SO}_4$  = 99,7

$\text{ZnSO}_4$  = 90,0



## Relatív páratartalom az élethez:

- **baktériumok: 90%**
- **élesztők: 80%**
- **penészek: 75%**

## Vízvándorlás:

**Nagyobb víztartalmú hely → szárazabb**  
**Magasabb hőmérséklet → alacsonyabb**  
**(a nedvesség termodiffúziója)**