

# Komplex vegyületek

**Központi atom + ligandumok,**

**Kovalens kötés - datív (koordinatív kötés)**

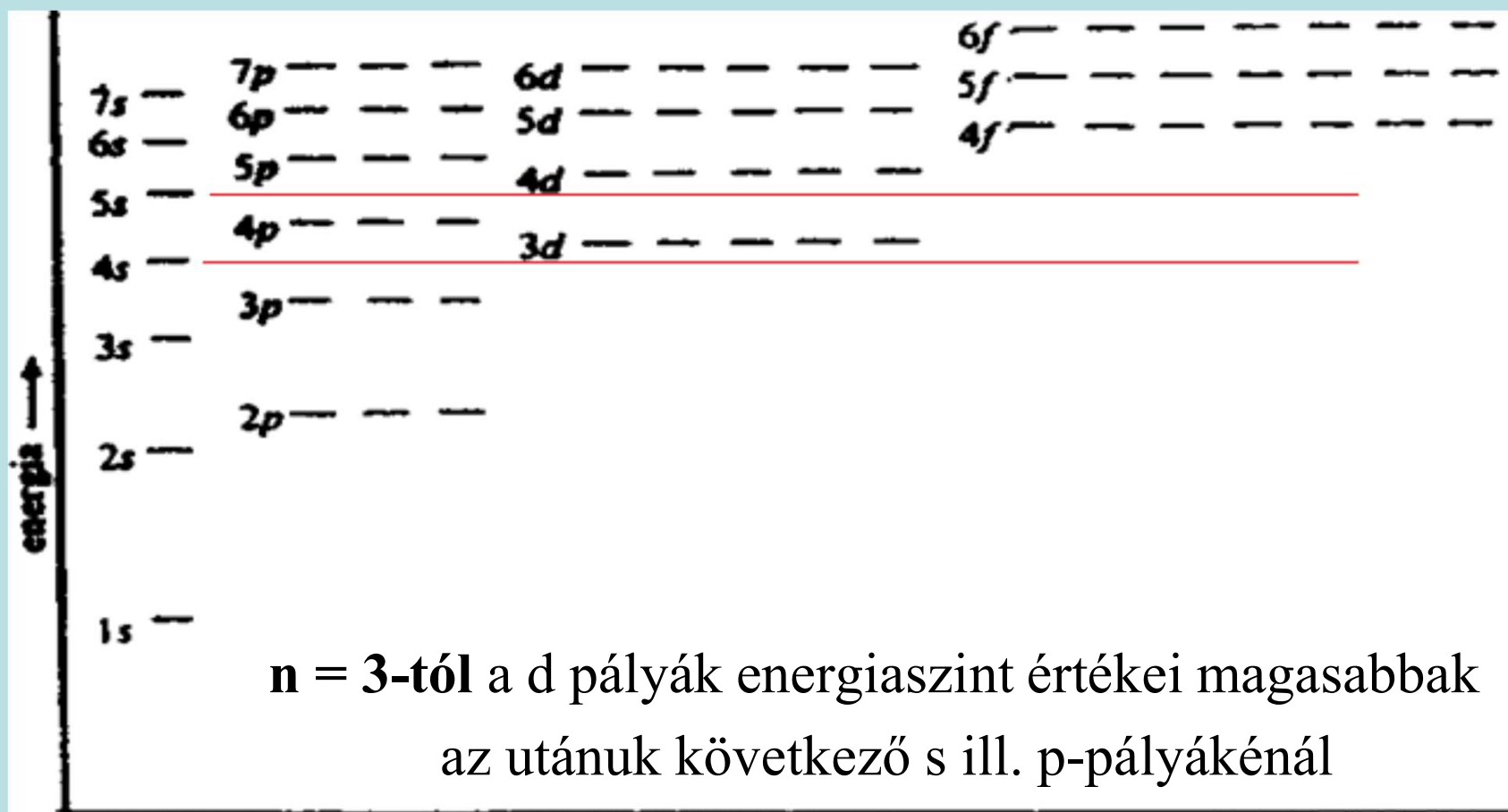
## Központi atom, ion

- Elektronhiányos atom vagy ion
- Szabad elektronpályák
- Relatív nagy magtöltés
- Elsősorban fémes vegyületek
- Főleg D-mező elemei (átmeneti fémek)  
s elektronok „alá” beépülő,  
az előző héjhoz tartozó d pályák feltöltődése

# Az atomok elektronhéjának felépítése

Külső elektronhéj elektronszerkezete dönti el a kémiai kötések számát és módját → **vegyértékhéj**

**Nemesgáz-konfiguráció:  $1s^2$  ill.  $ns^2p^6$**  a legstabilabb elektronszerkezet, melynek elérése után új héj kezd feltöltődni, tehát az elektronhéjak kiépülése periodikus.





Csoport	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa		
Periódus	<b>Az elemek periódusos rendszere</b>																		
1	1 H																	2 He	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg	3	4,3	5,4	6,3	7,6	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Uns	108 Uno	109 Une										
Lantanidák			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
Actinidák			90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

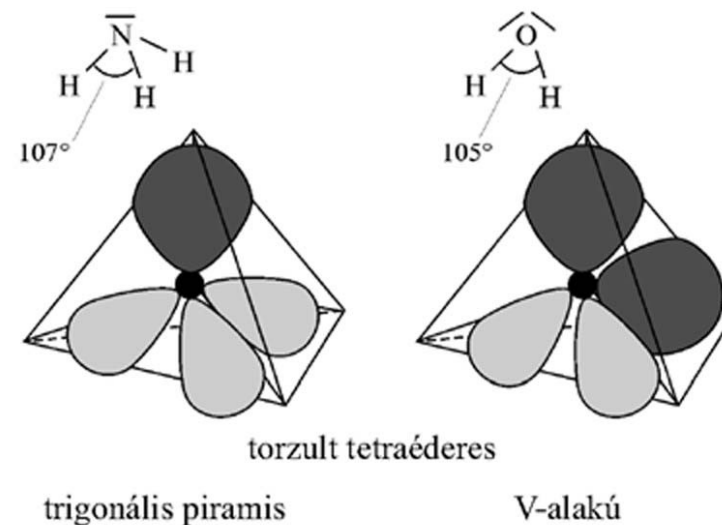
- Fémek
- Nemesgázok
- Félfémek
- Átmeneti fémek
- Nemfémek
- f elemek

3d pálya 3,2 2 4,3,2 lehetséges ox.szám

# Ligandumok

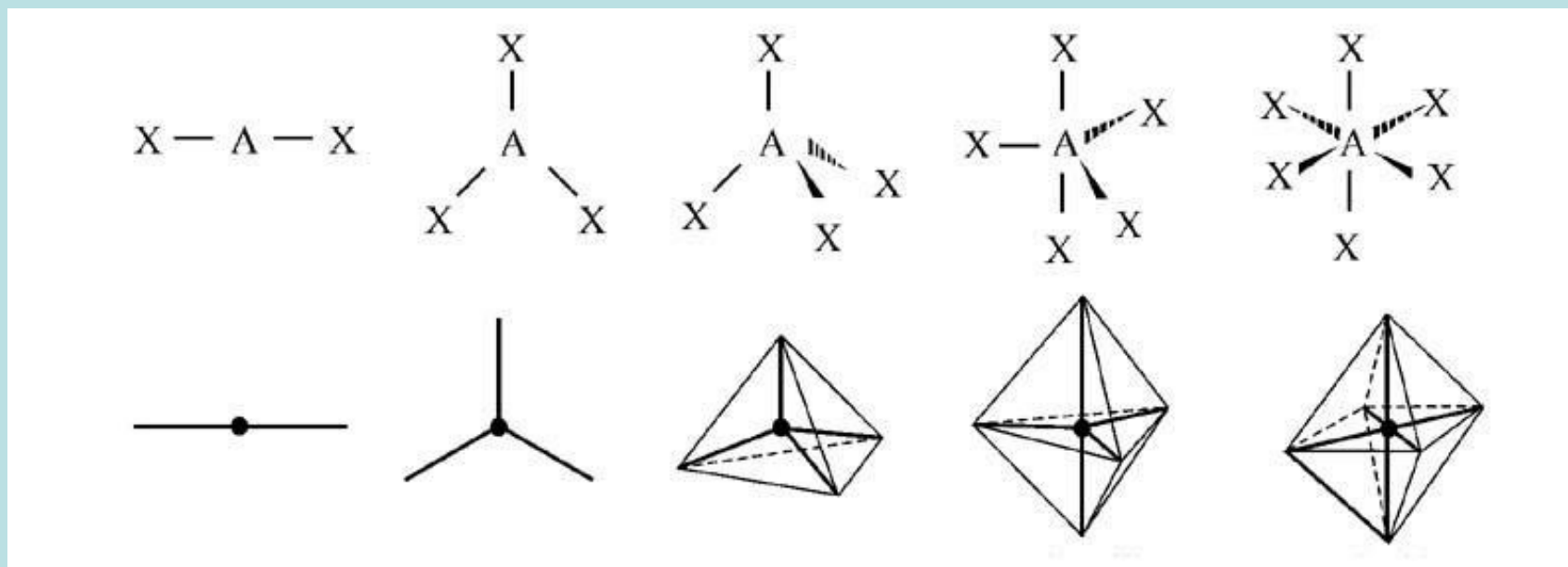
- Szabad elektronpár

pl.:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{F}^-$



## Komplexek térszerkezete

(A: központi atom, X: ligandum)



Solutions of **five ligands** are poured in glasses,  
and  $\text{Cu}^{2+}$  solution is added



**(en)**

Etilén-diamin



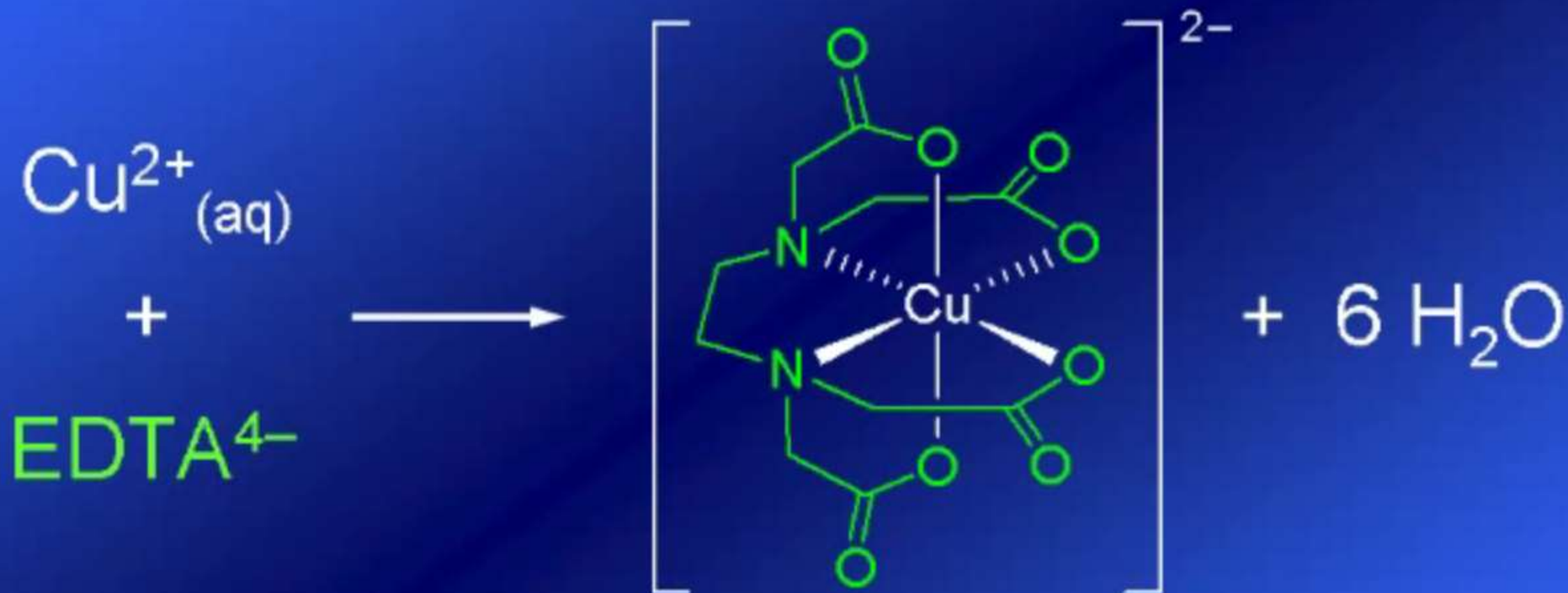
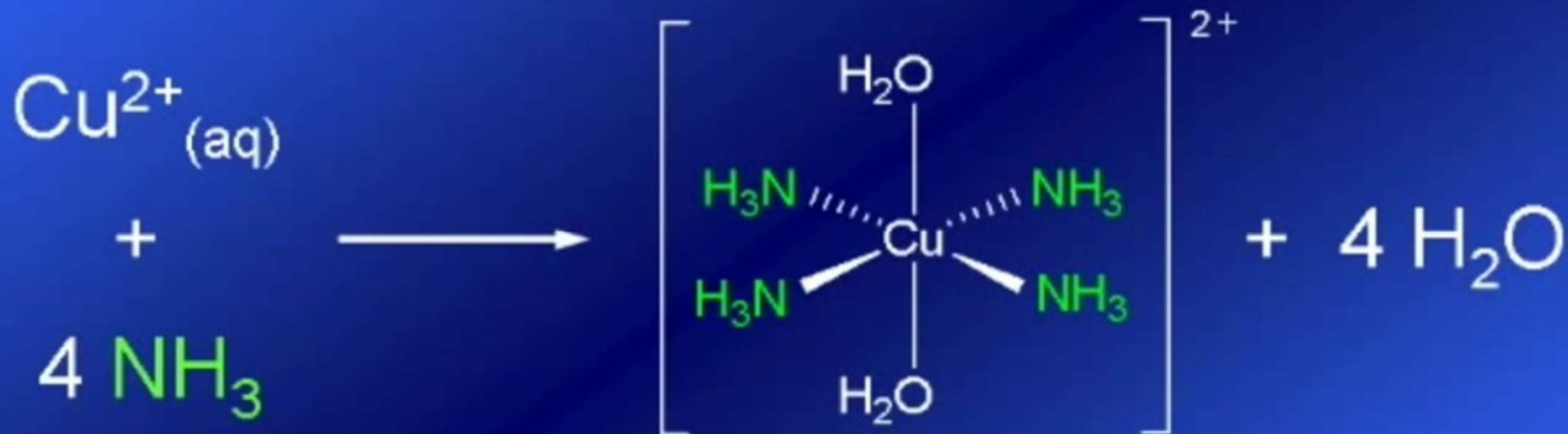
**(EDTA)**

Etilén-diamin-tetra-ecetsav

HCl

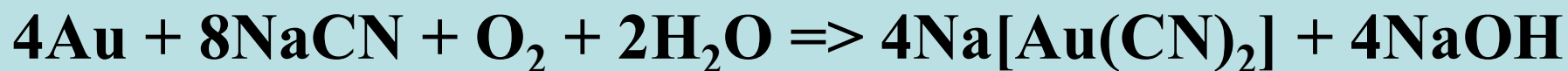
HBr

## A réz ammónia és EDTA (etilén-diamin-tetra-ecetsav) komplexei

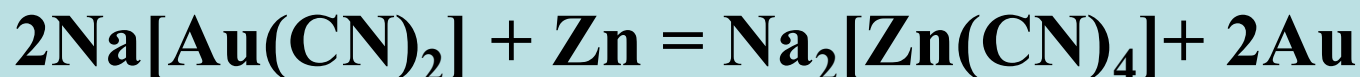


## Bányászat környezetszennyezése

Aranytartalmú kőzetekből leggyakrabban ciánlúgozással nyerik az aranyat. Az aranyszemcséket levegő jelenlétében híg nátrium-cianid-oldattal oldják ki,

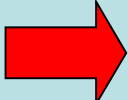


Az így nyert oldatból az aranyat cinkkel vagy elektrolízissel választják ki.



A korábbi technológiában higanyt használtak.

Ez még veszélyesebb volt

**Egy aranygyűrű elkészítése  20 tonna bányahulladék**

# Aranybánya Cianid Üzem Új-Zéland 1912



2018





2018



A cianid lebomlott, a nehézfémzennyezés maradt

# Nagybánya Iparterület (Google maps 2020)



NaCN tartalmú zagy  
nehezen ülepedik –  
tároló tavak.

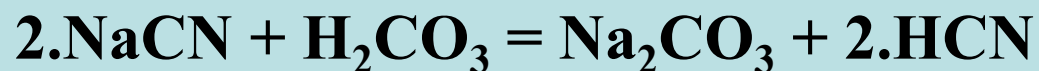
Sok csapadék –  
gátszakadás 2000.

# Cianidok veszélyessége

- **Toxicitás** LD<sub>50</sub> 4-15 mg/kg

**nehézfém oldatba vitel, enzimekből fémionok elvonása**

Lúgos közegben oldatban marad, de semleges közegben légszennyezés!



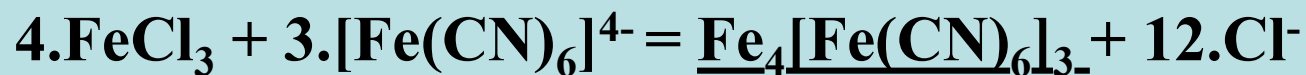
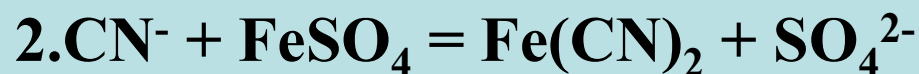
A HCN a szénsavnál is gyengébb sav.

## Ártalmatlanítás

Környezetben természetes (lassú), illetve mesterséges oxidációval



Laborban



**Berlini kék:** oldhatatlan vas-cián komplex vegyület

# Nem veszélyes cianid komplexek

## Stabil cianid komplexek:

### **Kálium-hexaciano-ferrát(II) $K_4(Fe(CN)_6)$**

régebbi nevén: Kálium-ferrocianid (**Sárgavérlúgsó**)

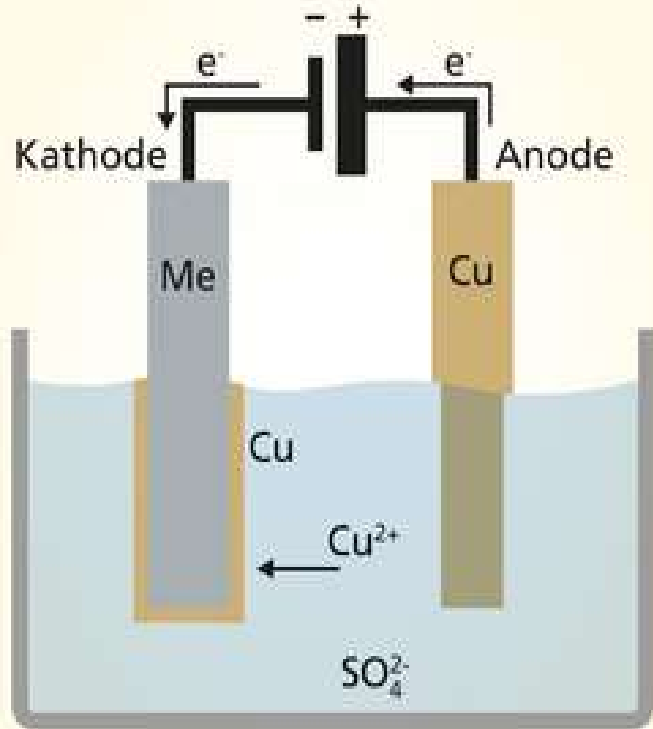
Elsősorban a bor derítésére (kékderítés) alkalmazzák. Ezzel a szőlő permetezésére használt gombaölő rézvegyületek maradékát távolítják el. Engedélyezett csomósodásgátló élelmiszeradalék: **E536**.

### **Vas(III)-hexaciano-ferrát(II) $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$**

**Berlini kék:** oldhatatlan vas-cián komplex vegyület  
(Ferri-ferrocianid), festék és vaskimutatás

# Galvanizálás

**Cianid komplexek**, kisebb fémion-koncentráció -  
- egyenletesebb bevonat



**CuCN**, **CuSO<sub>4</sub>**

**NiSO<sub>4</sub>**, **Ni(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>**, **NiCl<sub>2</sub>**

**CrO<sub>3</sub>**, **Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>**

**ZnSO<sub>4</sub>**, **Zn(CN)<sub>2</sub>**

Sárgaréz bevonathoz: **CuCN** + **Zn(CN)<sub>2</sub>**

**SnSO<sub>4</sub>**, **Na<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub>**, **SnCl<sub>2</sub>**

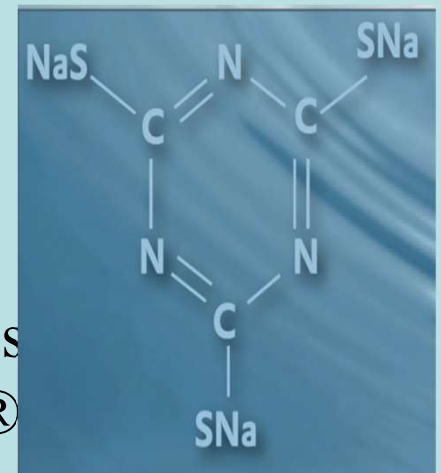
**AgCN**

**KAu(CN)<sub>2</sub>**

Környezeti probléma: toxikus nehézfém oldhatóság

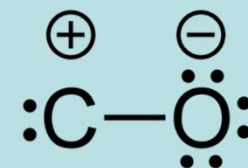
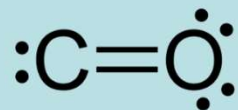
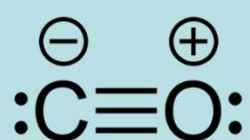
**toxikus komplexképző**

Ipari szennyvíztisztítás: Oxidáció, lúgosítás, majd erős  
csapadékképző **komplex**: Trimercapto-s-triazin tmt 15®

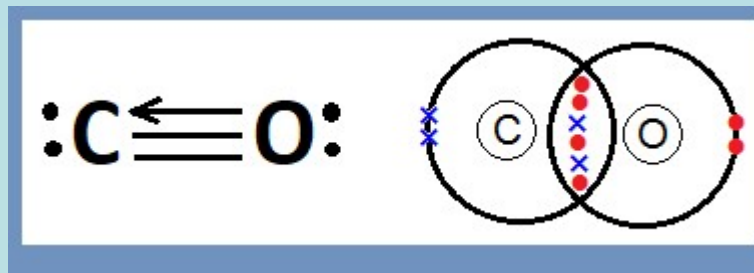


# Szénmonoxid mérgezés:

# Karbonilok

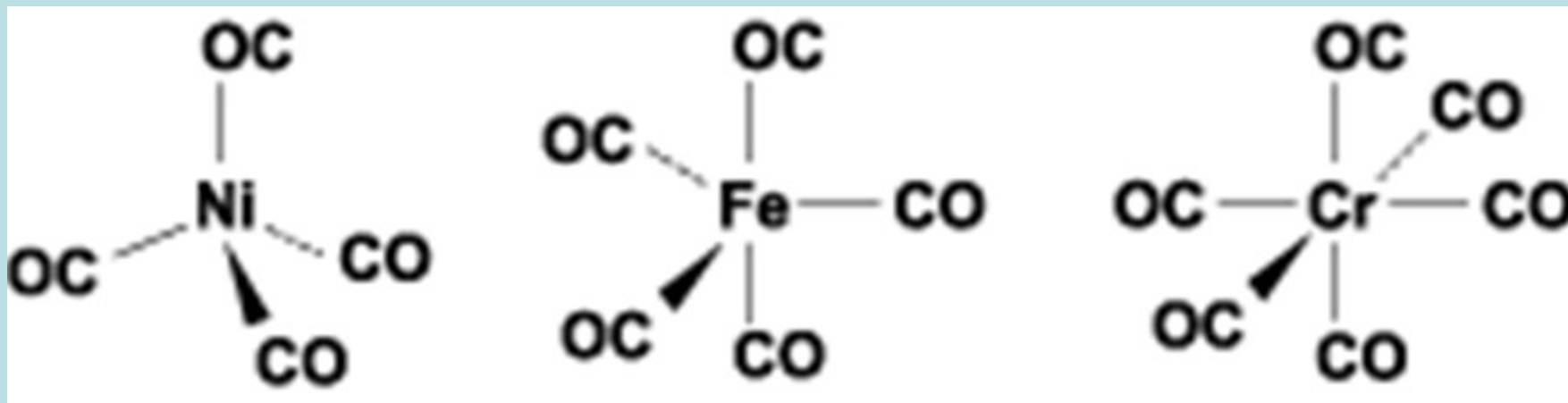


legvalószínűbb  
kötéshossz  
alapján

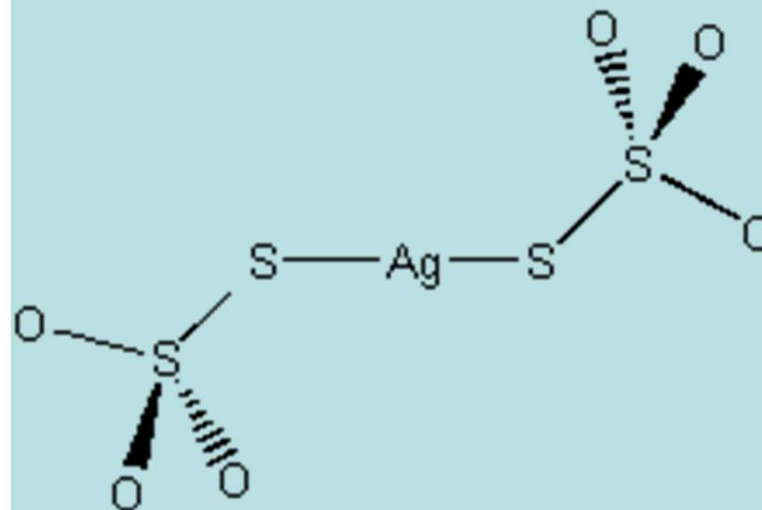
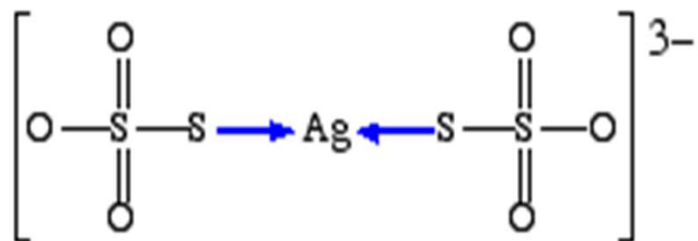
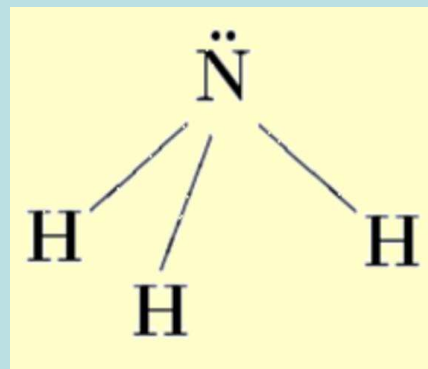
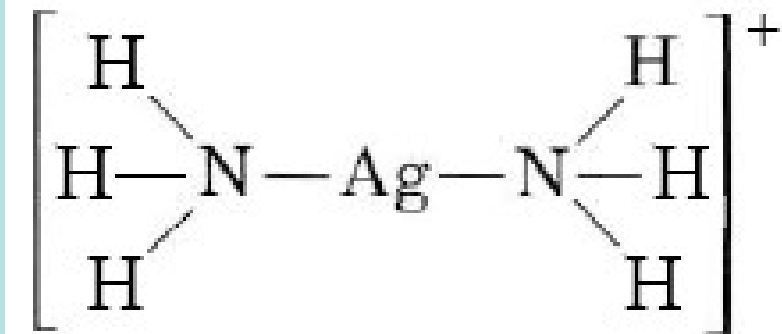


<https://chemicalnote.com/carbon-monoxide-co-preparation-properties-structure-and-poisoning/>

Néhány fémkarbonil-komplex:

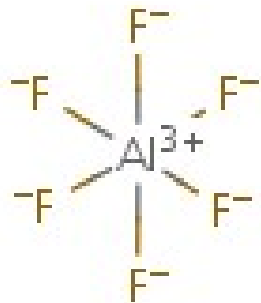


# Ezüstkomplexek



Fényképezés - kémiai előhívás - Tioszulfát – fixírsó  
AgBr eltávolítás

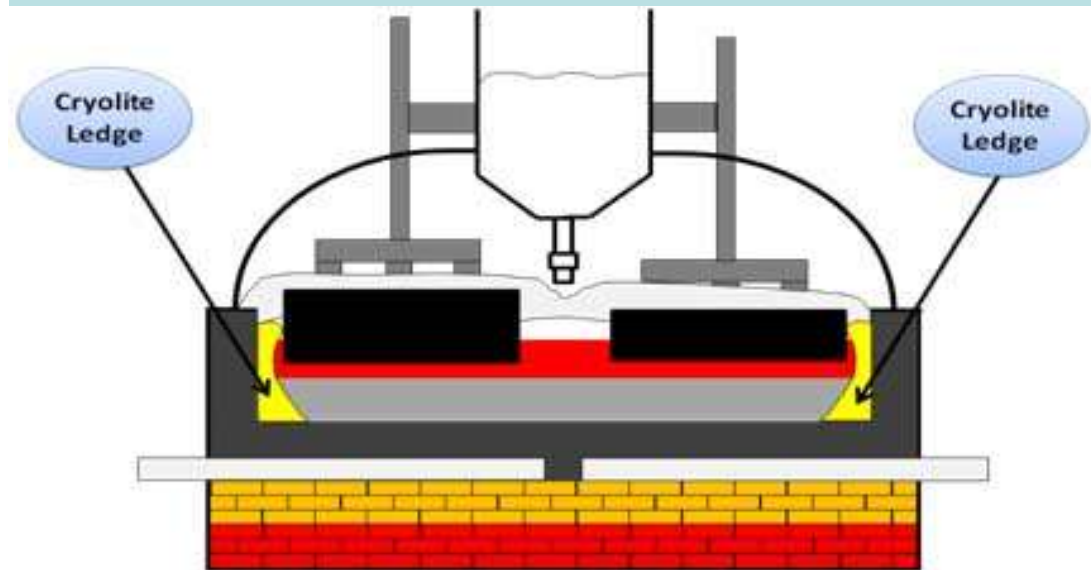
# Kriolit, aluminium elektrolízis



Na<sup>+</sup>

Na<sup>+</sup>

Na<sup>+</sup>



olvadáspont 1012 C-fok



olvadáspont 2054 C-fok

Olvadt kriolitban oldva 1000 C-fok

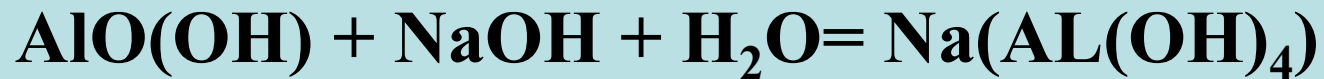


# Tímföldgyártás

Bauxit szárítása

Bauxit őrlése

Bauxit feltárása



Ülepítés, szűrés      üledék – **vörösiszap** (Fe, Ti)

Az oldatban maradó Na-aluminát elbontása

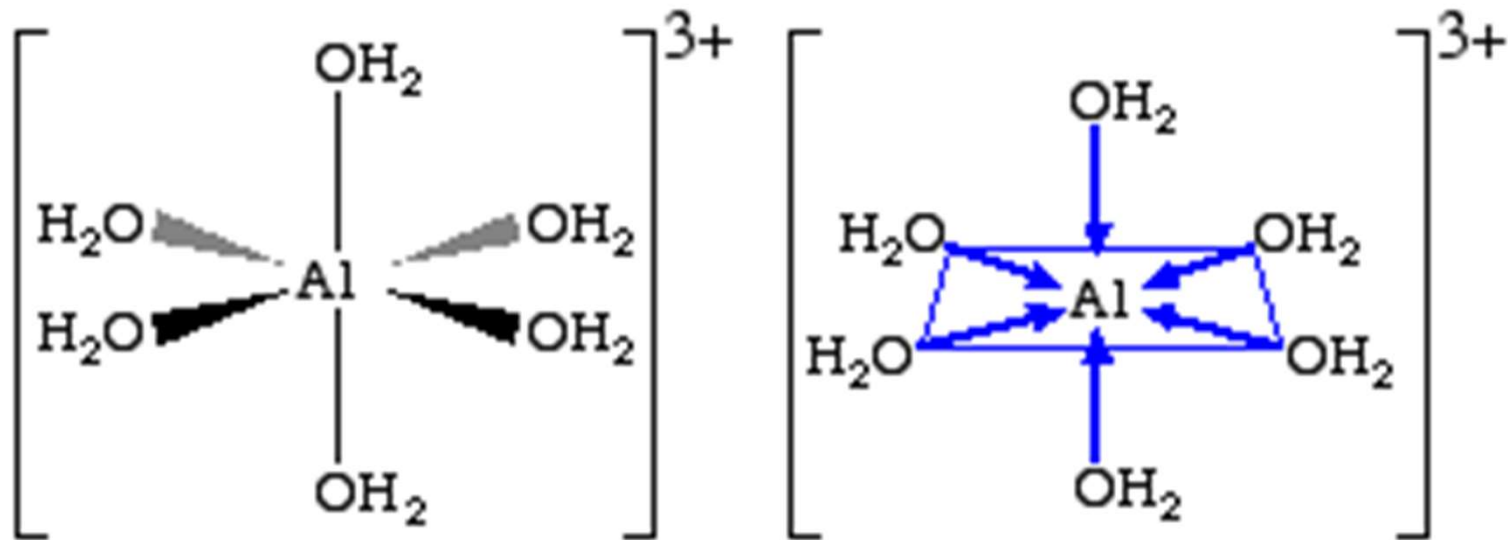


Szűrés, az NaOH visszaforgatása

Kalcinálás - **Timföld**



# Talajsavanyodás

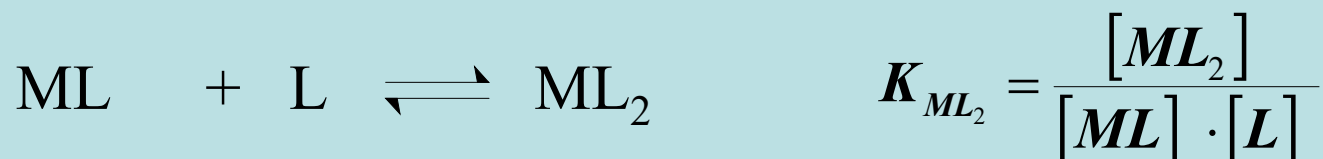


# Talajsavanyodás



# KOMPLEXKÉPZŐDÉSI EGYENSÚLYOK

## Lépcsőzetes komplexképződési egyensúlyok



...

...



Lépcsőzetes stabilitási állandók ( $K_i$ ):

$$K_1 = K_{ML}; K_2 = K_{ML_2}; \dots; K_N = K_{ML_N}$$

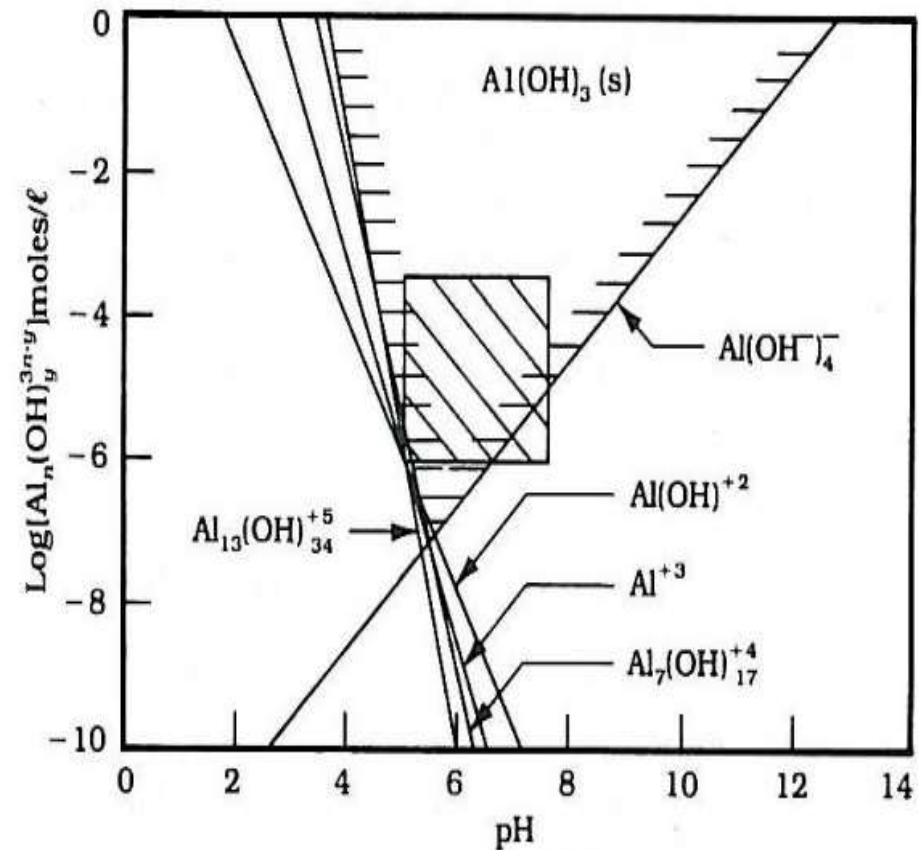
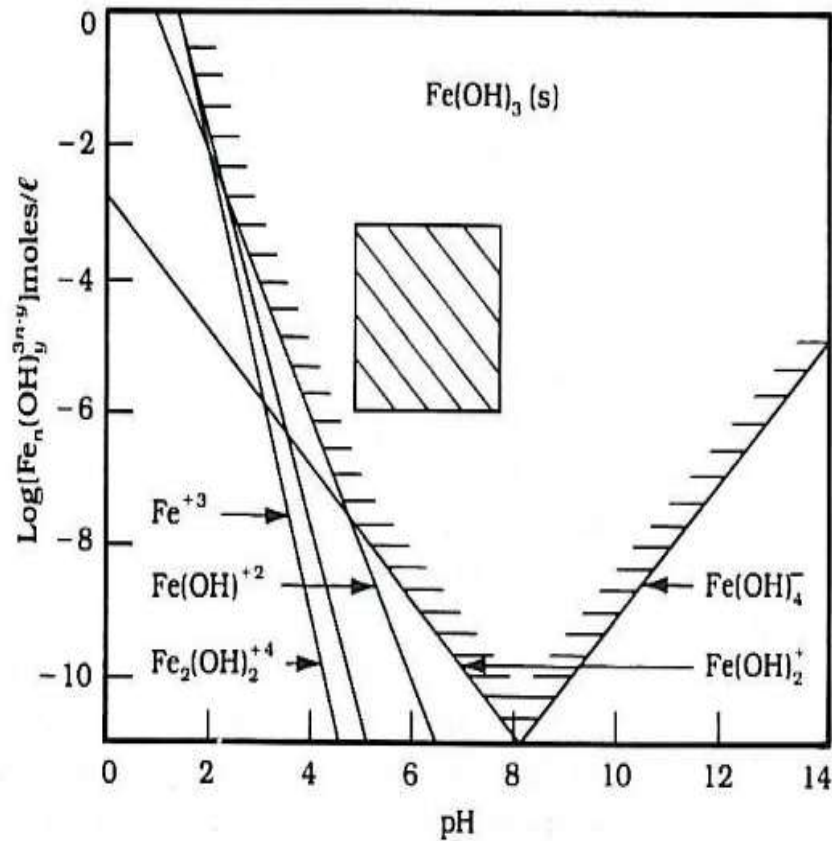
Az egymást követő lépcsőket jellemző asszociációs állandók egyre kisebbek:

$$K_1 > K_2 > \dots > K_N$$

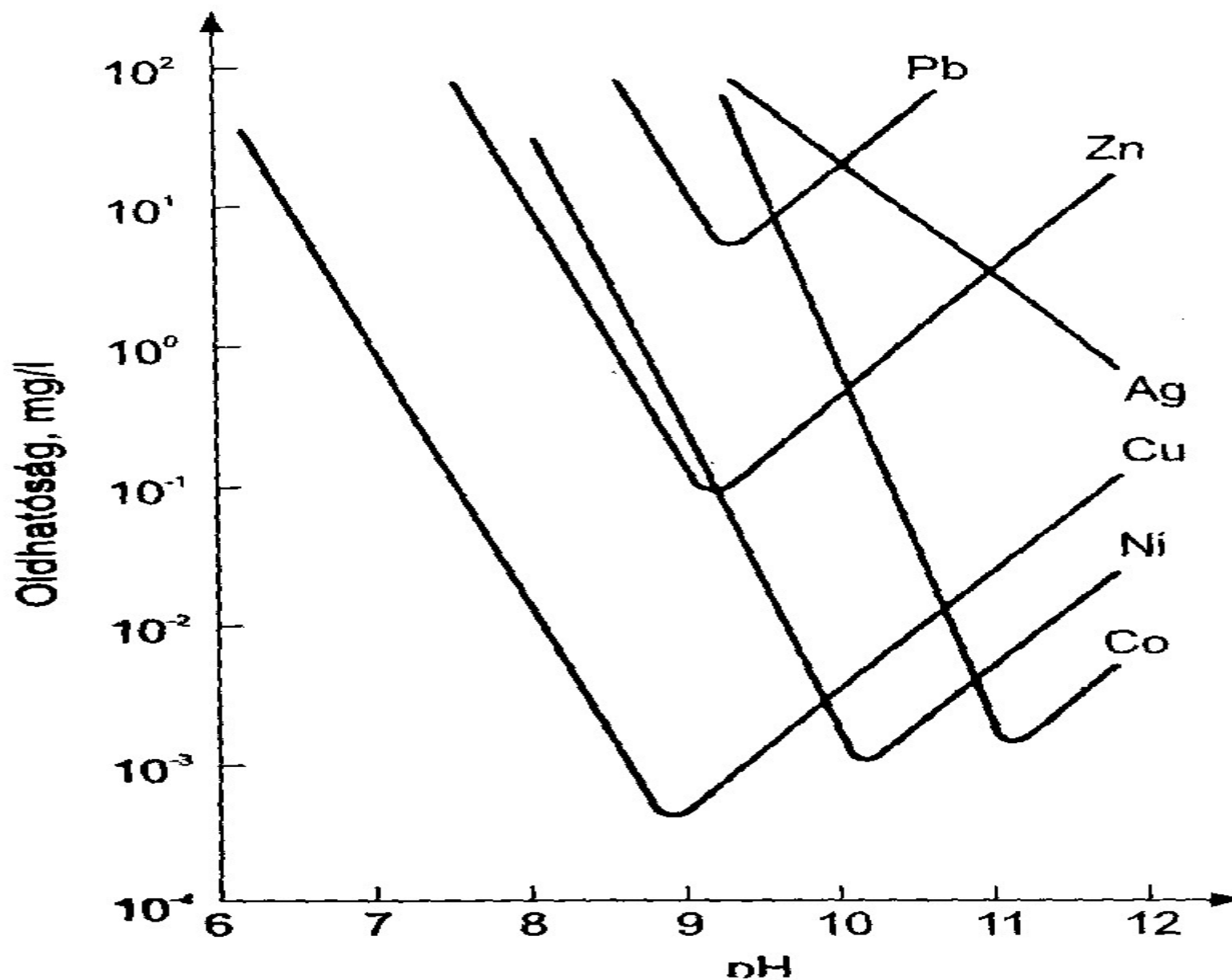
*Hasonlóság a többértékű bázisok lépcsőzetes protonálódási folyamataihoz: protonkomplexek. (Összevetés savak lépcsőzetes disszociációjával.)*

# Fémhidroxidok oldhatósága

## Komplexbildözés befolyása



- Vas-hidroxid és alumínium-hidroxid oldhatósága a pH függvényében (Reynolds és Richards 1996)



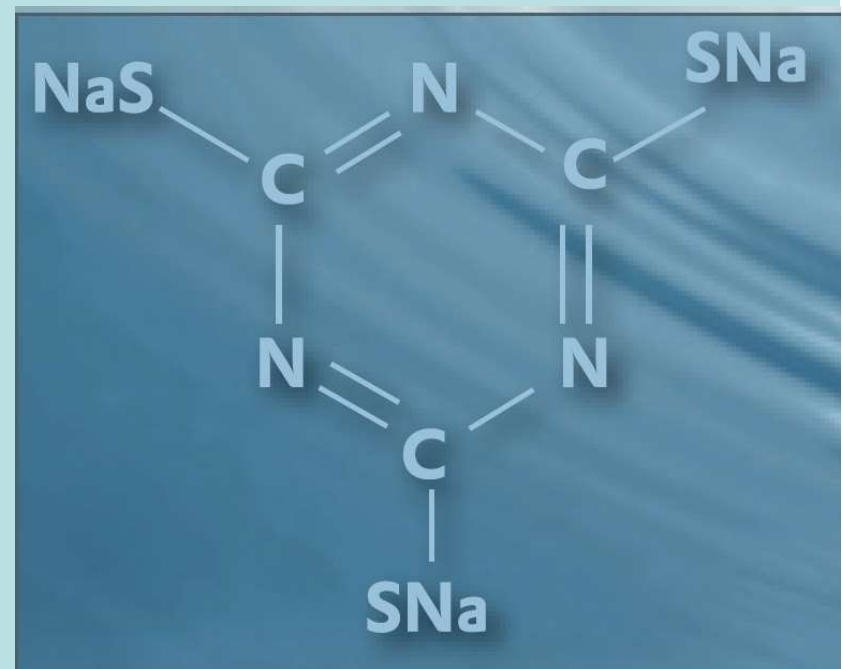
**5.51. ábra.** Néhány nehézfém-hidroxid oldhatósága a pH-értéke függvényében

# Komplex szennyezők kicsapatása

- Lúgos bontás – hidroxo komplex
- Komplexképződési egyensúly
  - szabad komplexképző eltávolítása (másik fázis, oxidáció)
  - erősebb csapadékképző komplex

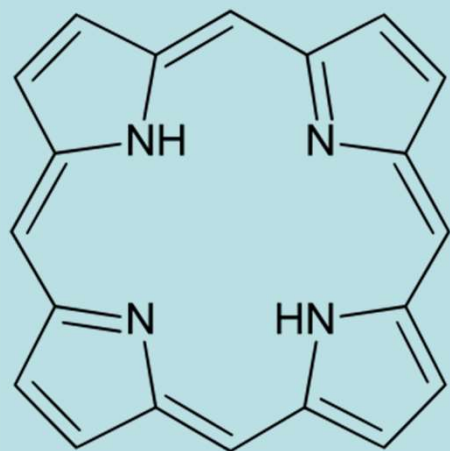
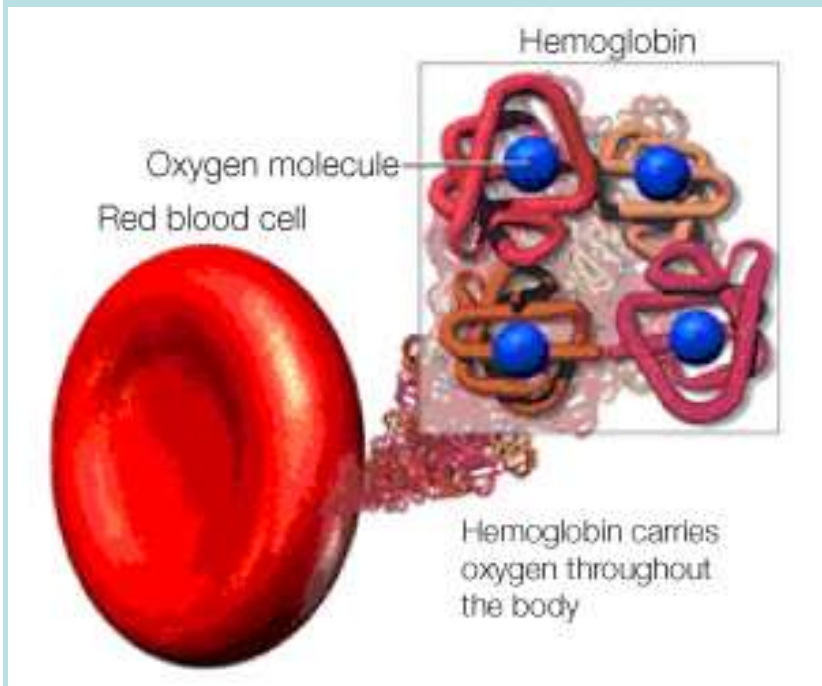
## Trimercapto-s-triazin

**tmt 15®** szennyvizekben oldott, komplex kötésű, egy- és kétértékű nehézfémek (pl. ólom, kadmium, réz, nikkel, higany, ezüst) kicsapatására, mivel ezeket komplexképző anyagok jelenlétében nem lehet hidroxidok formájában kicsapni.



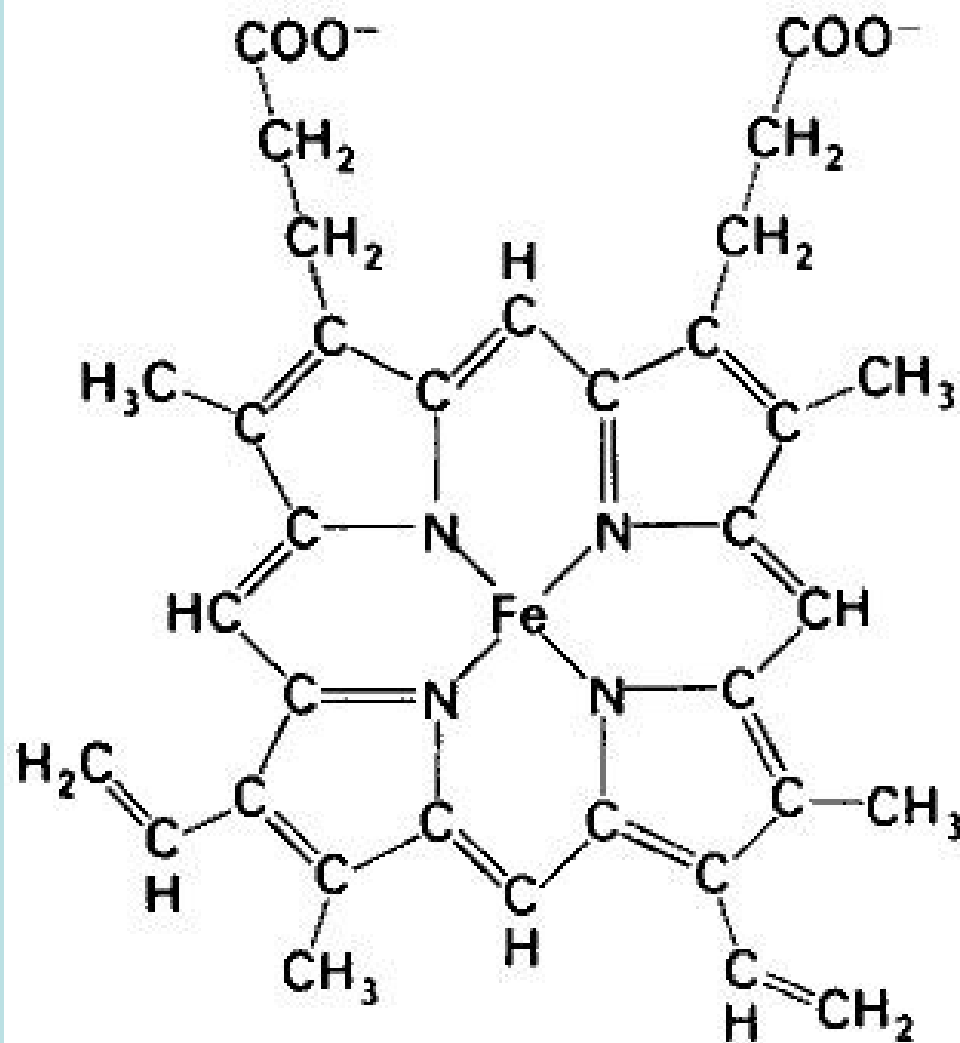
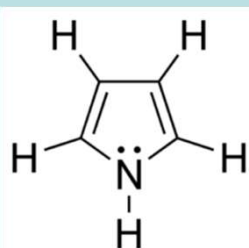
# Kelátok – többfogú ligandumokkal alkotott komplexek

- Hem(oglobin)



<- Porfin váz

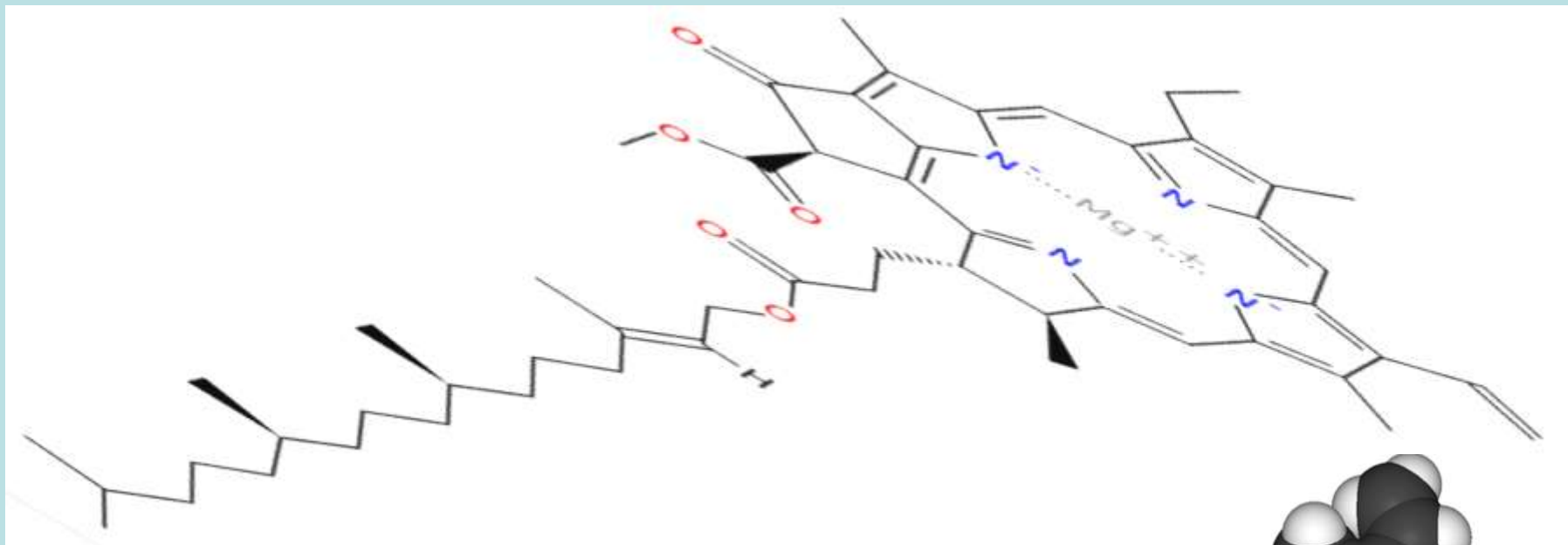
pirrol



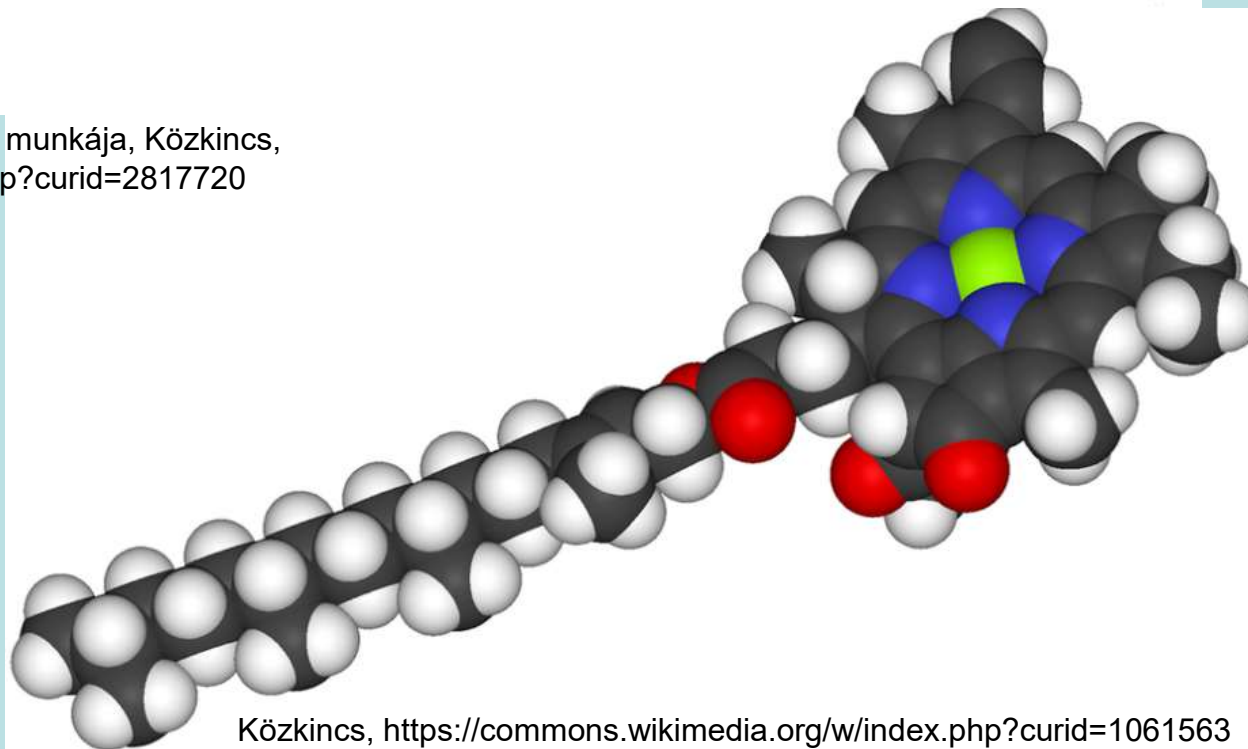
**Heme**  
(Fe-protoporphyrin IX)



# Kelátok Klorofil-A porfin-váz



Készítette: David Richfield - A feltöltő saját munkája, Közkincs,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2817720>

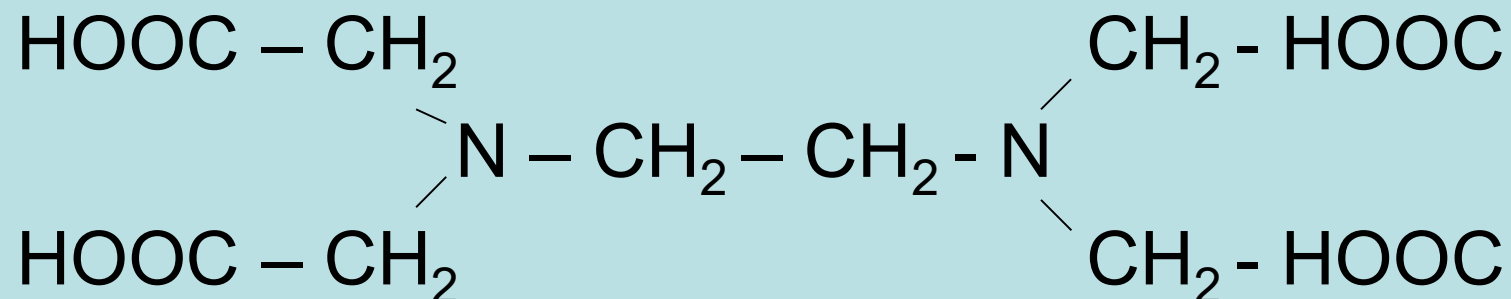


Közkincs, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1061563>

# Mesterséges kelátképző

## Vízlágyítás, Calgon

EDTA (etilén-diamin-tetraecetsav) szerkezeti képlete:



kálcium-dinátrium-EDTA **E 385**

EDTA

Élelmiszer-, takarmány-, műtrágya-  
adalék

konkurens komplexképző

**perzisztens szerves szennyezőanyag**

lebomlási probléma:

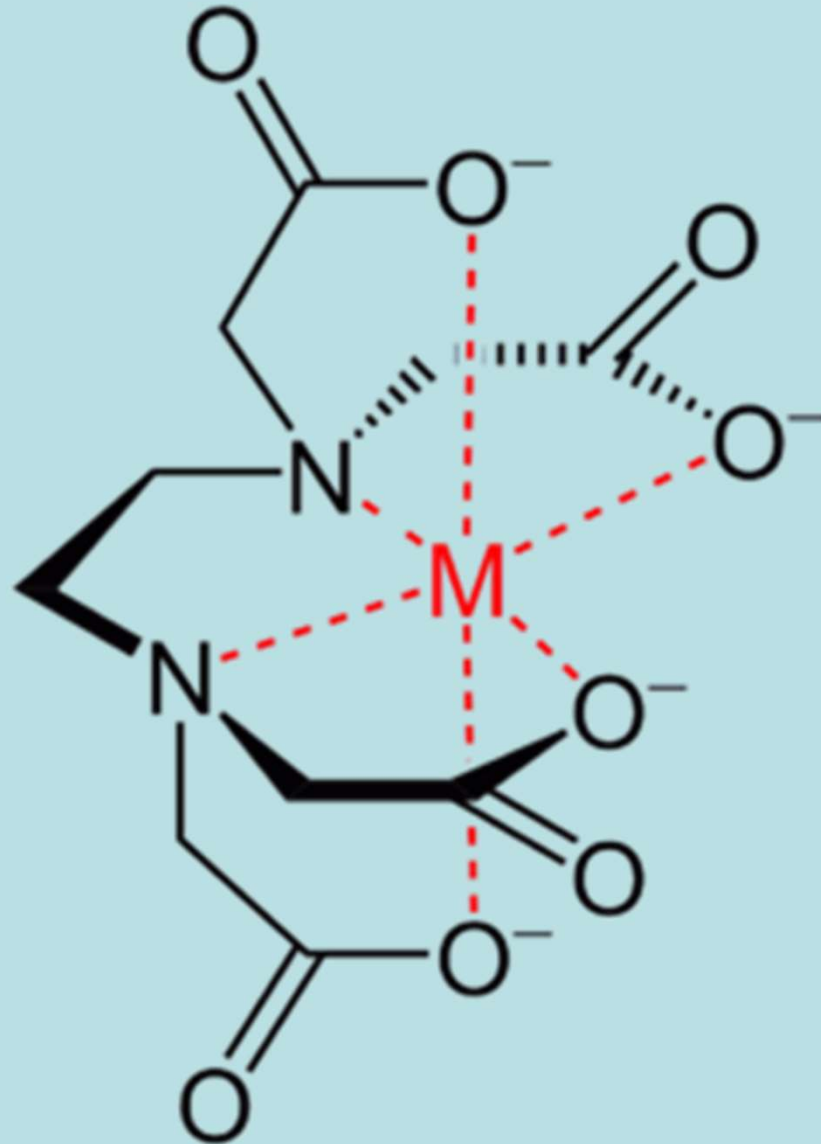
talajban, szennyvíztisztítás során  
nehézfém-szennyezők oldatban-tartása

Elfogadható napi beviteli mennyiség: 2,5 mg/kg

LD50 2g/kg patkány

# Kelátok

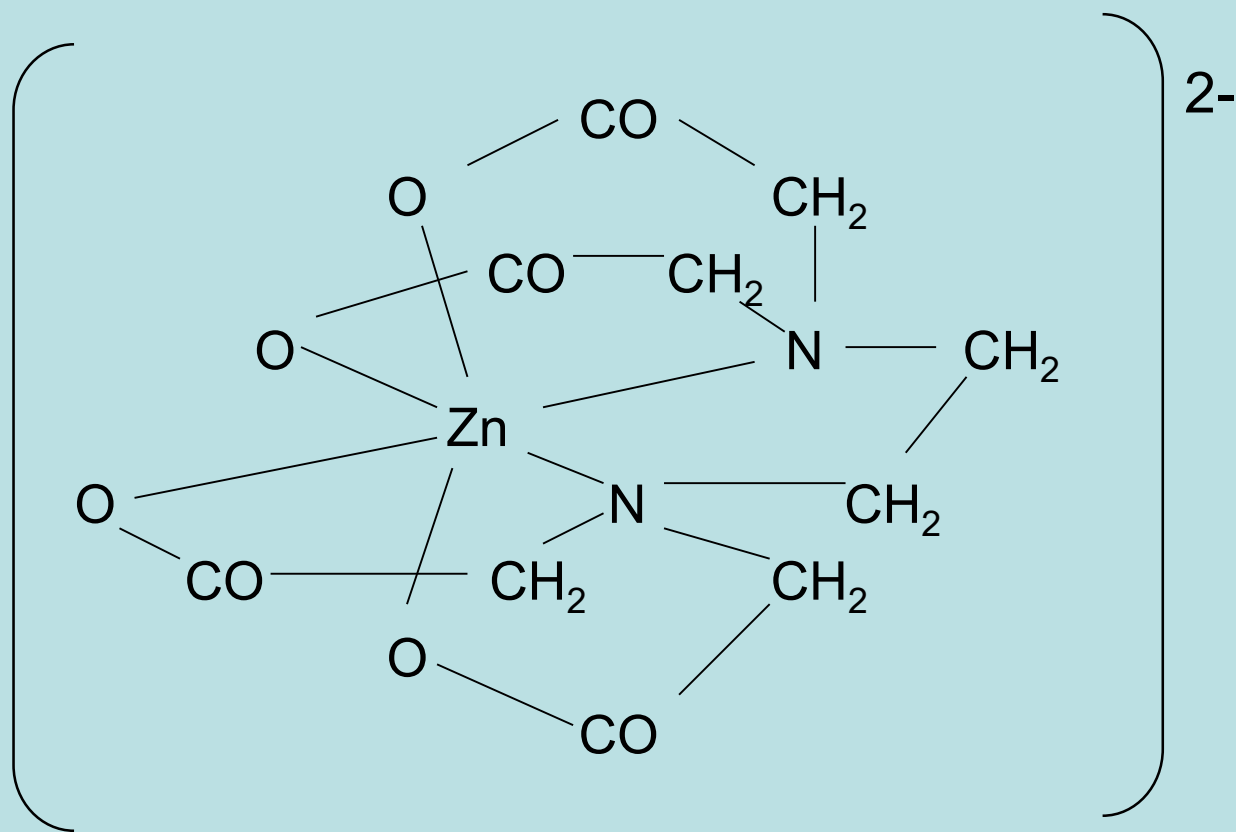
- EDTA – fém(M)  
- komplex



# MIKROELEM TRÁGYÁK

Cink komplex:

levéltrágya



# A komplexek fajtái

A komplex vegyületek egyik osztályozási módja elektromos töltésük alapján történik.

A komplexek töltését a ligandumok és a központi fémion töltésének algebrai összege adja meg.

- **Kationkomplexek** (pozitív töltésűek) pl:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]^{4+}$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$
- **Anionkomplexek** (negatív töltésűek) pl:  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ ,  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$ ,  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$
- **Semleges komplexek** (nincs töltésük) pl:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ ,  $[\text{CrCl}_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$
- **Kation-anionkomplexek** (komplex kationnak komplex anionnal alkotott vegyületei) pl:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Co}(\text{CN})_6]$

## Komplex vegyületek elnevezése

**kationos** komplexek: pl.  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  - diammin-ezüst(I)-ion  
 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  - hexakva-réz(II)-ion

koord. szám

(görögül)

ligandum neve

(görögül)

fémion neve

(magyarul)

fémion töltése

(magyarul)

**anionos** komplexek: pl.  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  - diciano-argentát(I)-ion

$[\text{HgI}_4]^{2-}$  - tetrajodo-merkurát(II)-ion

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  - hexaciano-ferrát(III)-ion

koord. szám

(görögül)

ligandum neve

(magyarul) + “o” képző

fémion neve

(görögül) + “át” képző

fémion töltése

(magyarul)

**semleges** komplexek: pl.  $[\text{Al}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$

– triaqua-trihidroxo-alumínium(III) komplex