

# Redoxireakciók

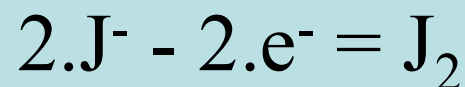
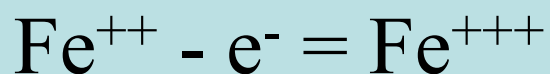
**Redoxireakció:** elektronátadási folyamat

**Oxidáció:** „oxigénnel való reakció”

a szén elégetése, rozsdásodás (a fémek oxidációja)

alkohol  $\rightarrow$  aldehid  $\rightarrow$  karbonsav

**elektronleadás** (oxidációs szám nő)

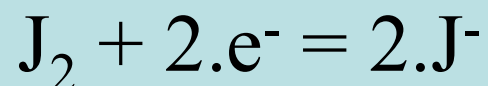


**Redukció:** „oxigén leadás”

Fémek előállítása oxid érceikből ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

„hidrogénezés” olefin  $\rightarrow$  parafin, margarinyártás

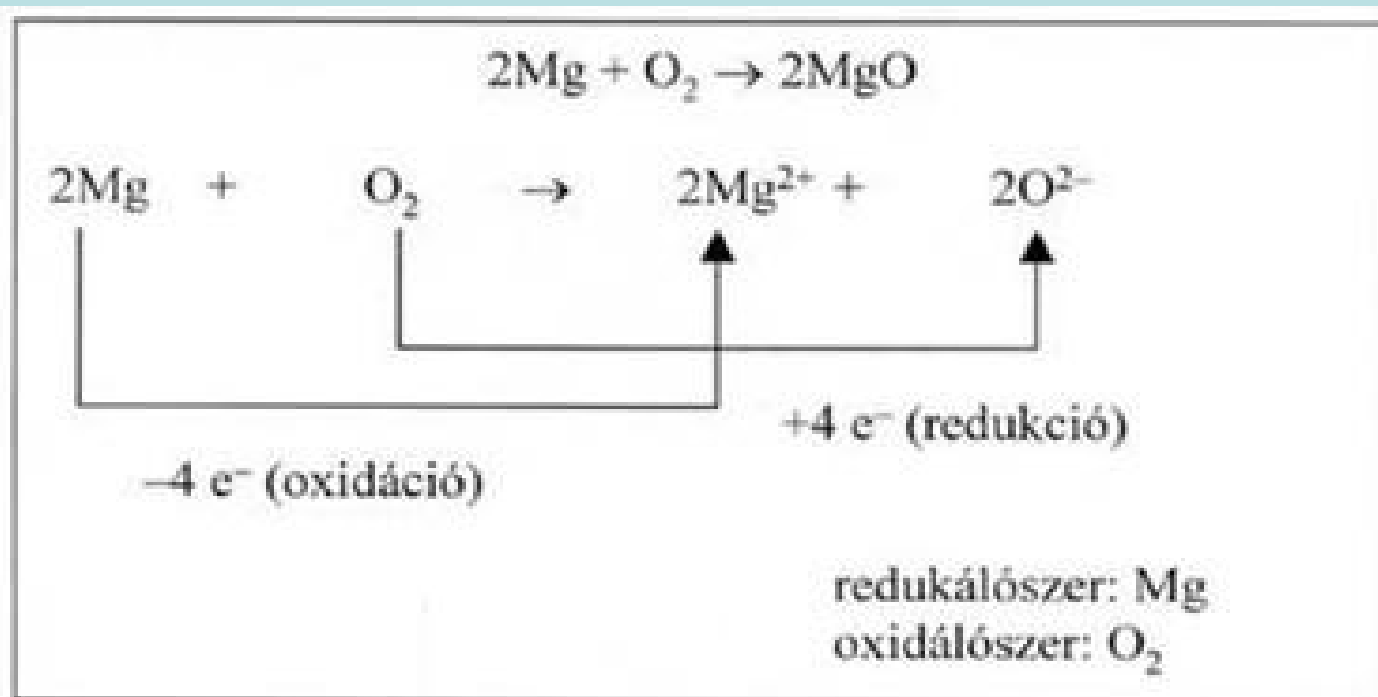
**elektronfelvétel** (oxidációs szám csökken)



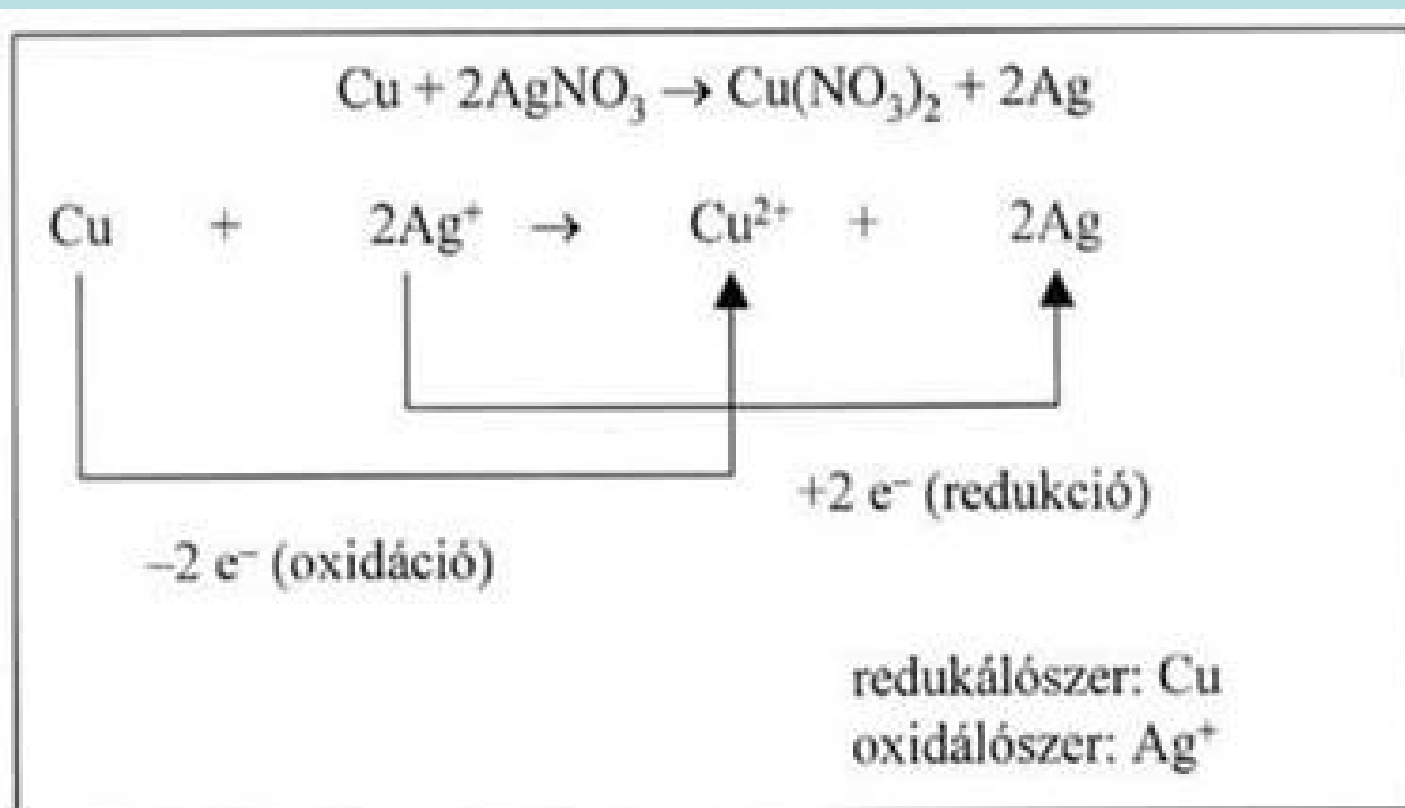
**Egy anyag csak akkor oxidálódhat, ha a leadott elektronokat egyidejűleg egy másik anyag felveszi**

# Redoxireakciók

## Két elem reakciója

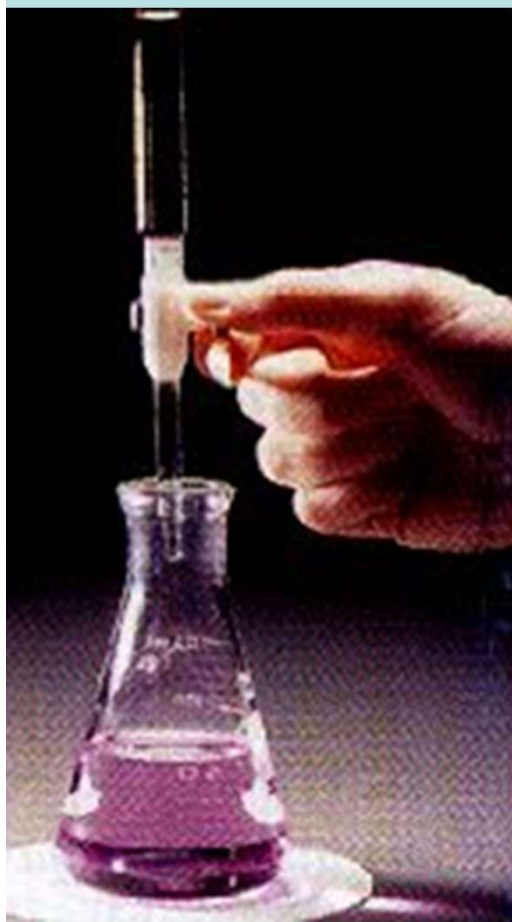
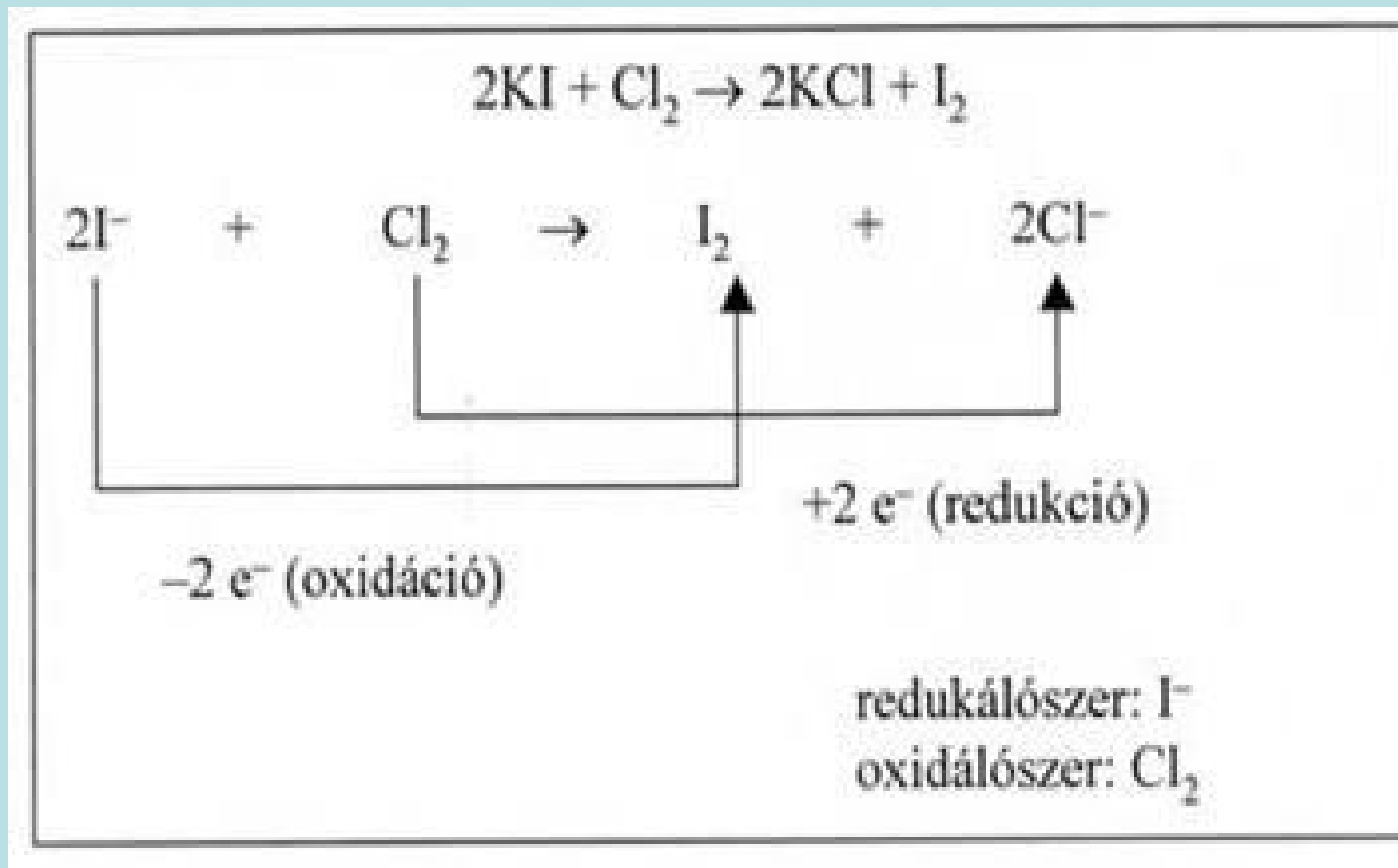


## Fémek és fémionok reakciója



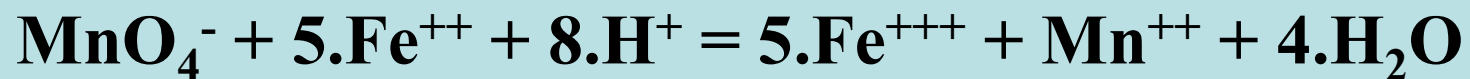
# Redoxireakciók

**Nemfémek és  
nemfém ionok  
reakciója**



***Redoxititrálások:***

**pl.  $[\text{Fe}^{2+}]$  meghatározása  $\text{KMnO}_4$ -gyel**



# Az elemek lehetséges oxidációs számai

H																	
-1,1																	
Li	Be	H,Li,Na,K,Mg,Ca											B	C	N	O	F
1	2	Cr,Mn,Fe,Cu,Ag,Zn,Cd,Hg											3	-4,2,4	-3,3,5,4,2	-2	-1
Na	Mg	B,Al,C,Si,Sn,Pb,N,P,As,O,S,F,Cl,I,Br											Al	Si	P	S	Cl
1	2												3	4	-3,3,5,4	-2,4,6	-1,3,5,7
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
1	2	3	4,3	5,4,3,2	6,3,2	7,6,4,3,2	2,3	2,3	2,3	2,1	2,1	3	4	-3,5	-2,4,6	-1,1,5	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	
1	2		4	4,2	6,5,4,3,2	7	2,3,4,6,8	2,3,4	2,4	1	2	3	4,2	-3,3,5	-2,4,6	-1,1,5,7	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	
1	2	3	4	5	6,5,4,3,2	7,6,4,2,-1	2,3,4,6,8	2,3,4,6	2	3,1	2,1	3,1	4,2	3,5	2,4	-1,1,3,5,7	

**Elemi állapot – oxidációs szám = 0**

**Egyszerű ionok oxidációs száma = iontöltés**

**Molekula – oxidációs számok összege = 0**

**Összetett ionok töltése = oxidációs számok összege**

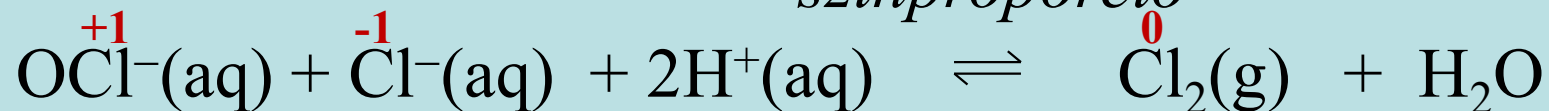
# Redoxireakciók

**Redoxireakció:** elektronátadási folyamat

**Oxidáció:** elektronleadás (oxidációs szám nő)

**Redukció:** elektronfelvétel (oxidációs szám csökken)

*szinproporció*



*diszproporció*

## 3.1.2. táblázat. Néhány fontosabb redoxireakció

Reakció	Oxidálószer	Redukálószer
$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$	$\text{N}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$
$\text{UF}_4(\text{s}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{UF}_6(\text{s})$	$\text{F}_2(\text{g})$	$\text{UF}_4(\text{s})$
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ce}^{4+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	$\text{Ce}^{4+}(\text{aq})$	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
$\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Zn}(\text{s})$
$6\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow$ $6\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq})$	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
$\text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$	$\text{I}_2(\text{aq})$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$

*Egyenletek rendezés: oxidációs szám változások legkisebb közös többszöröse alapján!*

# Redoxireakciók

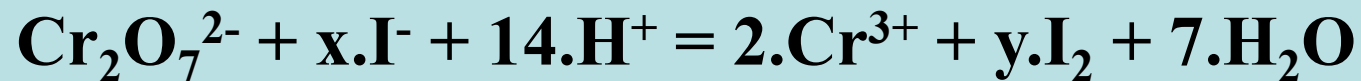
Felmérőből:

**Vas(II)-szulfid pörkölés:**  $4.\text{FeS} + 7.\text{O}_2 = 2.\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4.\text{SO}_2$

**Mennyi a kénatom oxidációs száma a kén-hidrogén molekulában?**



**Az oxidációs számok változása alapján állapítsuk meg a  $\text{I}^-$  ion és a  $\text{I}_2$  molekula együtthatóját a következő reakcióegyenletben?**



**Oxidációs számok számításához:**

Az oxigén az oxidokban mindig -2

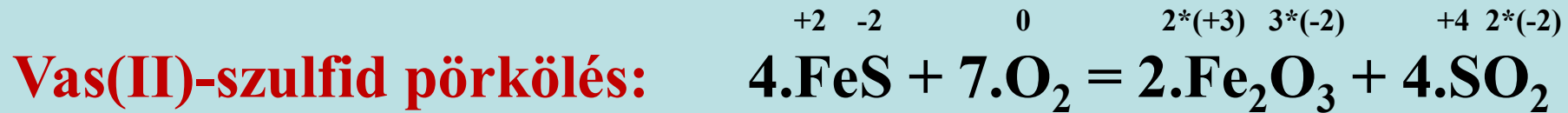
A hidrogén általában +1, de fémhidridekben -1

**Egyenletek rendezése:**

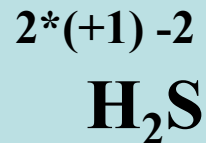
oxidációs szám változások legkisebb közös többszöröse alapján!

# Redoxireakciók

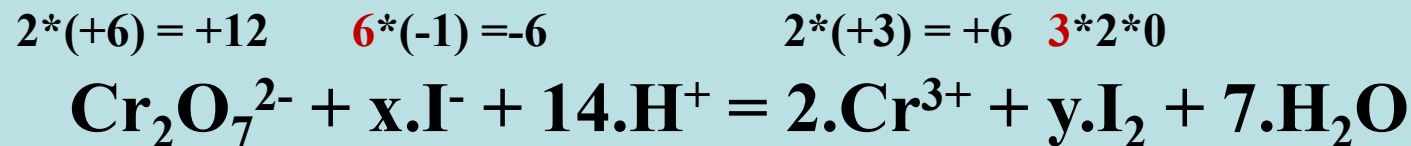
Felmérőből:



**Mennyi a kénatom oxidációs száma a kén-hidrogén molekulában?**



**Az oxidációs számok változása alapján állapítsuk meg a I<sup>-</sup> ion és a I<sub>2</sub> molekula együtthatóját a következő reakcióegyenletben?**



**Oxidációs számok számításához:**

Az oxigén az oxidokban mindig -2

A hidrogén általában +1, de fémhidridekben -1

**Egyenletek rendezése:**

oxidációs szám változások legkisebb közös többszöröse alapján!

# Redukáló- és oxidálószer

## 3.1.1. táblázat. Különböző anyagok elektrokémiai sora

Oxidálószer	<i>Elektront vesz fel</i>	Redukálószer	<i>Elektront ad le</i>
<i>erősen oxidáló</i>	<i>redukálódik</i>		<i>oxidálódik</i>
F <sub>2</sub>		F <sup>-</sup>	
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		Mn <sup>2+</sup>	
Cl <sub>2</sub>		Cl <sup>-</sup>	
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>		Cr <sup>3+</sup>	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		NO	
Ag <sup>+</sup>		Ag	
Fe <sup>3+</sup>		Fe <sup>2+</sup>	
Cu <sup>2+</sup>		Cu	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>		H <sub>2</sub>	
Fe <sup>2+</sup>		Fe	
Zn <sup>2+</sup>		Zn	
Mg <sup>2+</sup>		Mg	
Na <sup>+</sup>		Na	
		<i>erősen redukáló</i>	

Hogyan lehetne számmal jellemezni az oxidáló/redukáló képességet?



# Melyik elem ad le, melyik vesz fel elektront?

ELECTRONEGATIVITY / ELEKTRONEGATIVITÄT

ELECTRONEGATIVIDAD / ELECTRONÉGATIVITÉ

(ALLRED, ROCHOW)

## Elektronvonzó képesség – relatív skála

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2,2 H																	He
2	0,97 Li	1,47 Be											2,01 B	2,5 C	3,07 N	3,5 O	4,1 F	Ne
3	1,01 Na	1,23 Mg											1,47 Al	1,74 Si	2,06 P	2,44 S	2,83 Cl	Ar
4	0,91 K	1,04 Ca	1,2 Sc	1,32 Ti	1,45 V	1,56 Cr	1,6 Mn	1,64 Fe	1,7 Co	1,75 Ni	1,75 Cu	1,66 Zn	1,82 Ga	2,02 Ge	2,2 As	2,48 Se	2,74 Br	Kr
5	0,89 Rb	0,99 Sr	1,11 Y	1,22 Zr	1,23 Nb	1,3 Mo	1,36 Tc	1,42 Ru	1,45 Rh	1,3 Pd	1,42 Ag	1,46 Cd	1,49 In	1,72 Sn	1,82 Sb	2,01 Te	2,21 I	Xe
6	0,86 Cs	0,97 Ba		1,23 Hf	1,33 Ta	1,4 W	1,46 Re	1,52 Os	1,55 Ir	1,42 Pt	1,42 Au	1,44 Hg	1,44 Tl	1,55 Pb	1,67 Bi	1,76 Po	1,96 At	Rn
7	0,86 Fr	0,97 Ra																
NO DATA AVAILABLE / KEINE DATEN VERFÜGBAR / NO HAY DATOS DISPONIBLES / AUCUNE DONNÉE DISPONIBLE																		
	1,08 La	1,08 Ce	1,07 Pr	1,07 Nd	1,07 Pm	1,07 Sm	1,07 Eu	1,01 Gd	1,11 Tb	1,1 Dy	1,1 Ho	1,1 Er	1,11 Tm	1,11 Yb	1,06 Lu			
	1 Ac	1,11 Th	1,14 Pa	1,22 U	1,22 Np	1,22 Pu	1,2 Am	1,2 Cm	1,2 Bk	1,2 Cf	1,2 Es	1,2 Fm	1,2 Md	1,2 No				

Merck KGaA, Frankfurter Str. 250, 64293 Darmstadt, Germany  
Tel.: +49 6151 72-0, Fax: +49 6151 72 2000

# Redoxi folyamatok a talajban

## Elektronakceptorok – Oxidálószererek:

$O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $Mn^{III}$ ,  $Mn^{IV}$ ,  $Fe^{III}$  vegyületek,  $SO_4^{2-}$

## Elektronadonorkok - Redukálószererek:

- növényi maradványok
- talaj szervesanyag C tartalma
- szerves N, S ( $-NH_2$ ,  $-NH$ ,  $-SH$ ,  $NH_4^+$ ,  $S^{2-}$ )
- $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$

**A talaj színe:** vörös –  $Fe^{III}$  szürke, fekete (Fe-humát) -  $Fe^{II}$

**Mocsárgáz:** metán ( $CH_4$ ), kénhidrogén ( $H_2S$ ) mikrobiológiai redukció

**Lidérc-fény:** kevés foszfor-hidrogén ( $PH_3$ ), difoszfín ( $P_2H_4$ ) öngyulladás, metán is **meggyullad**.

# A nitrogén oxidációs állapotai

-3	$\text{NH}_3$	ammónia
-2	$\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$	hidrazin
-1	$\text{H}_2\text{N}-\text{OH}$	hidroxilamin
0	$\text{N}_2$	nitrogén
+1	$\text{N}_2\text{O}$	dinitrogén-monoxid
+2	$\text{NO}$	nitrogén-monoxid
+3	$\text{N}_2\text{O}_3$	dinitrogén-trioxid
+4	$\text{NO}_2$	nitrogén-dioxid
+5	$\text{N}_2\text{O}_5$	dinitrogén-pentaoxid

- **$\text{HNO}_2$**   
salétromossav

- **$\text{HNO}_3$**   
salétromsav

# Néhány nitrogén redox folyamat

## Nitrifikáció

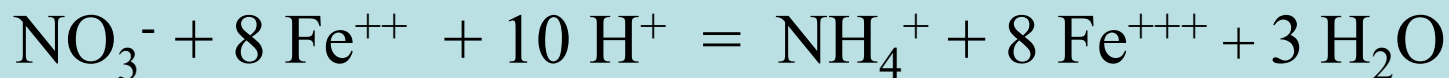
(az eleveniszapos technológiában a szerves anyagok oxidációja mellett ez is lezajlik.)



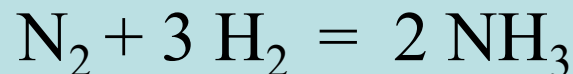
## Denitrifikáció a szennyvíz-tisztításban



## Nitráttartalom meghatározás kénsavas roncsolatból



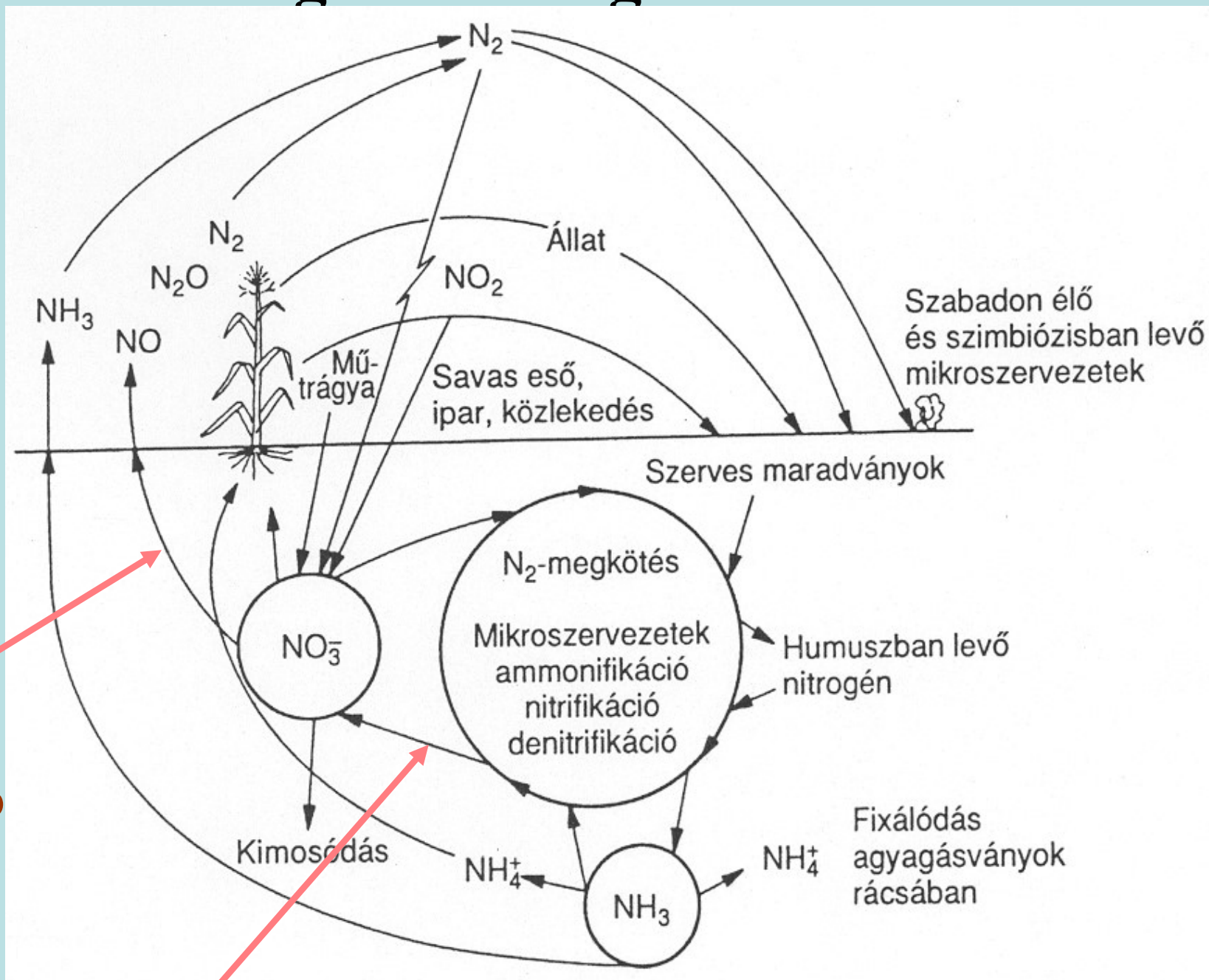
## Ammóniagyártás



## Ammóniumnitrát tűz és robbanásveszélyessége



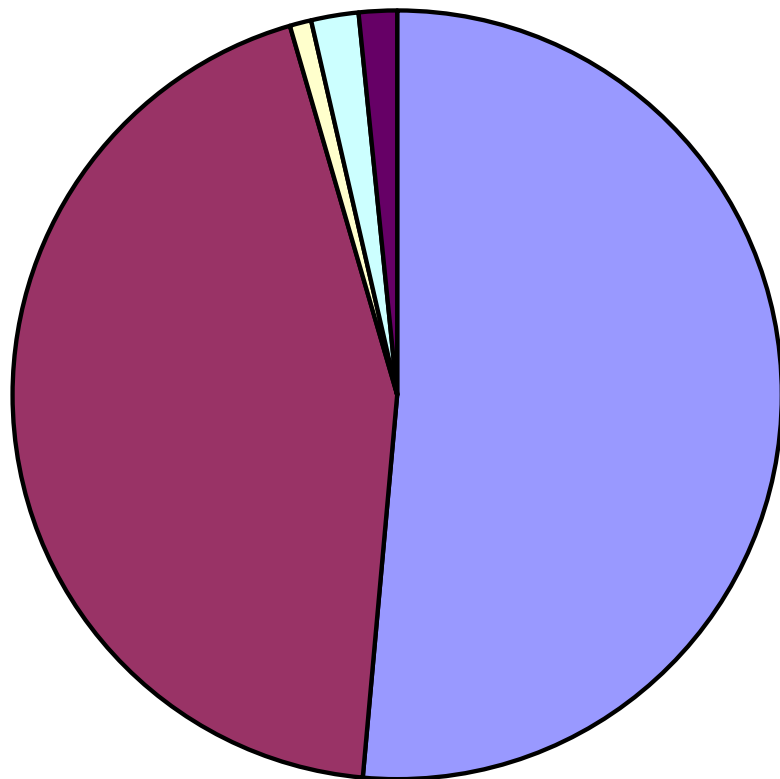
# Nitrogén körforgalom



**Denitrifikáció**

**Nitrifikáció**

## A NOx kibocsátás %-os megoszlása



- Közlekedés
- Erőmű
- Ipar
- Hulladékkezelés
- Mezőgazdaság

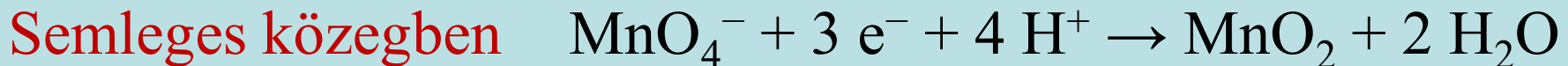
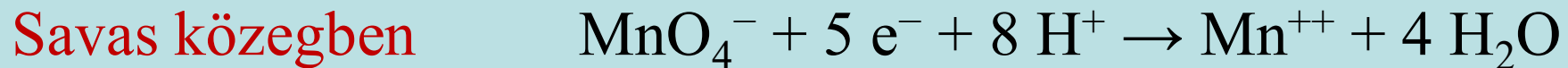


# Néhány redox folyamat

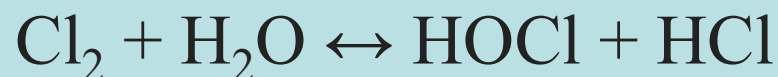
## Talaj szervesanyag-tartalmának meghatározása (Tyurin módszer)



## Kálium-permanganát ( $\text{KMnO}_4$ ) oxidáló hatása



## Fertőtlenítés klórral, hypo-val, klórmésszel ivóvízhálózat fertőtlenítése



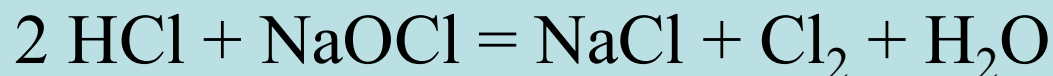
Hypo (nátrium-hipoklorit)



Klórmész (Kalcium-hipoklorit)



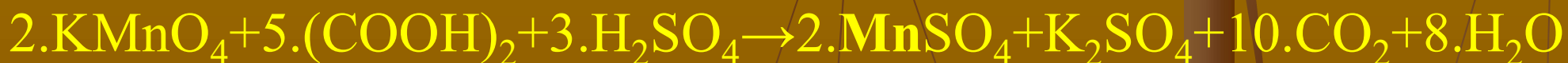
**A hypo és a sósav reakciójából klórgáz keletkezik!**



## A 3. előadásból

**Kémiai oxigénigény (KOI)** a vízben lévő oxidálható szerves anyagok mennyiségéről nyújt kvantitatív adatot. A KOI-t az 1 dm<sup>3</sup> térfogatú vízminta által redukált oxidálószerrel egyenértékű **oxigén** tömegeként adják meg (dimenziója **mg/dm<sup>3</sup>**). Oxidálószer kálium-permanganát, vagy kálium-dikromát.

A kálium-permanganát oldat pontos koncentrációját oxidálható anyag – oxálsav titrálásával lehet meghatározni.



### **Autokatalízis**

A folyamat köztitermékeként egy +3-as oxidációs állapotú mangánt tartalmazó instabilis komplex, a **[Mn(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>3-</sup>** képződik.



A folyamathoz szükséges **Mn<sup>2+</sup>** ion, ami a főreakció terméke.

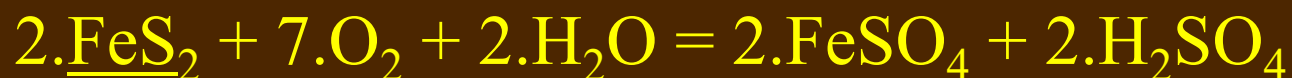


# Nehézfém tartalmú, savas bányavíz és meddőhányó csurgalékvíz

**Látható:**  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  barna csapadék **nem toxikus**



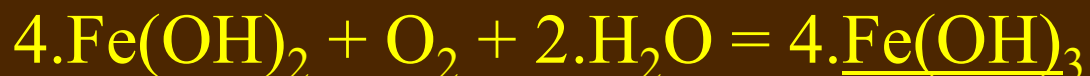
Pirit oxidációja



Vasszulfát hidrolízise:



$\text{Fe}^{++} > \text{oxidáció} > \text{Fe}^{+++}$  :



**A szennyvíztisztítás egyik meghatározó lépése a levegőztetés ->  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  csapadék képződés**

**Nem láthatók:** toxikus nehézfém ionok

$\text{Sn}^{++}$ ,  $\text{Pb}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$  stb.

**koprecipitáció**

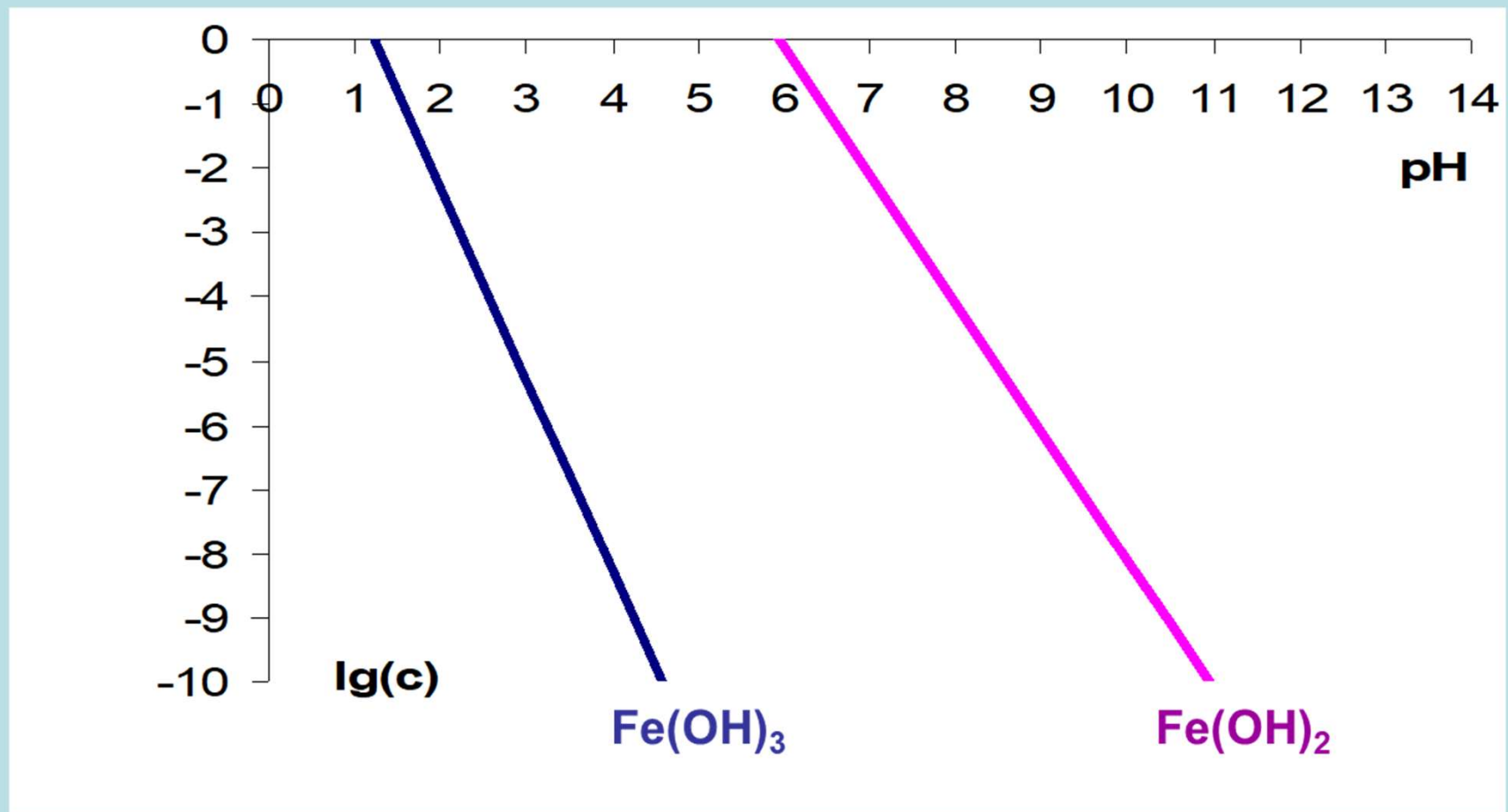
Az oldhatóvá válás folyamata hasonló:



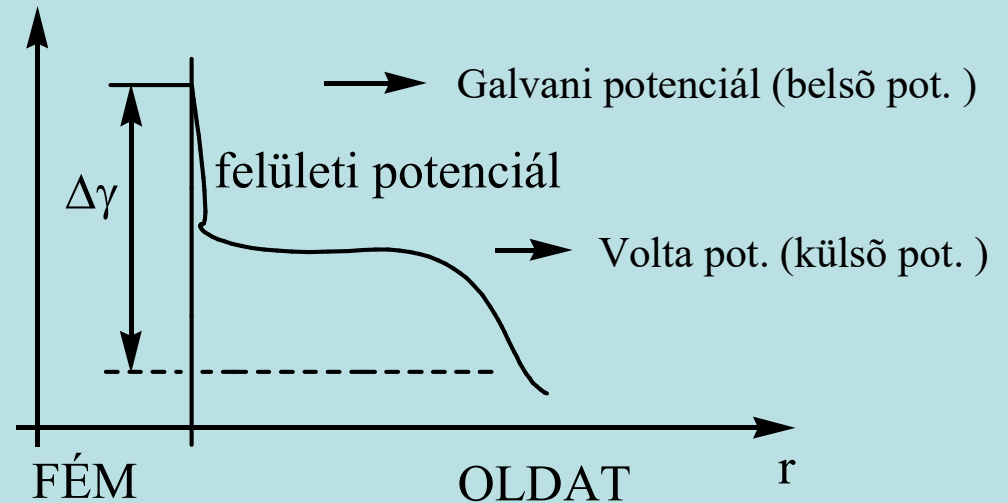
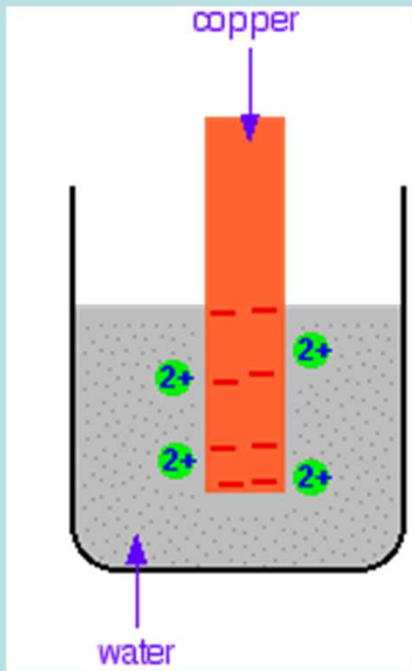
A lúgosítás hatására:  $\text{FeSO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{Fe(OH)}_2 + \text{CaSO}_4$

A levegőztetés hatására sokkal rosszabbul oldódó  $\text{Fe(OH)}_3$   
csapadék képződés:  $4.\text{Fe(OH)}_2 + \text{O}_2 + 2.\text{H}_2\text{O} = 4.\text{Fe(OH)}_3$

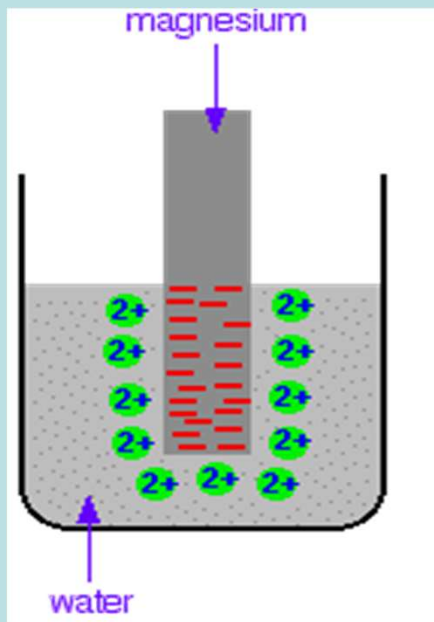
A **nagy mennyiségű** csapadék  $\text{Fe(OH)}_3$  adszorbeálja  
a toxikus nehézfémeket ( $\text{Sn}^{++}$ ,  $\text{Pb}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$  stb.)  
ionos és hidroxid formákban.



# Elektródok



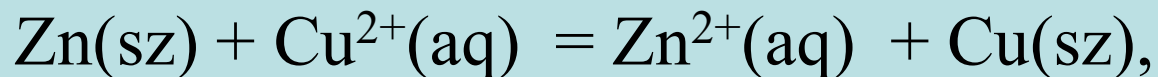
$\Delta\gamma$  Galvani potenciál különbség



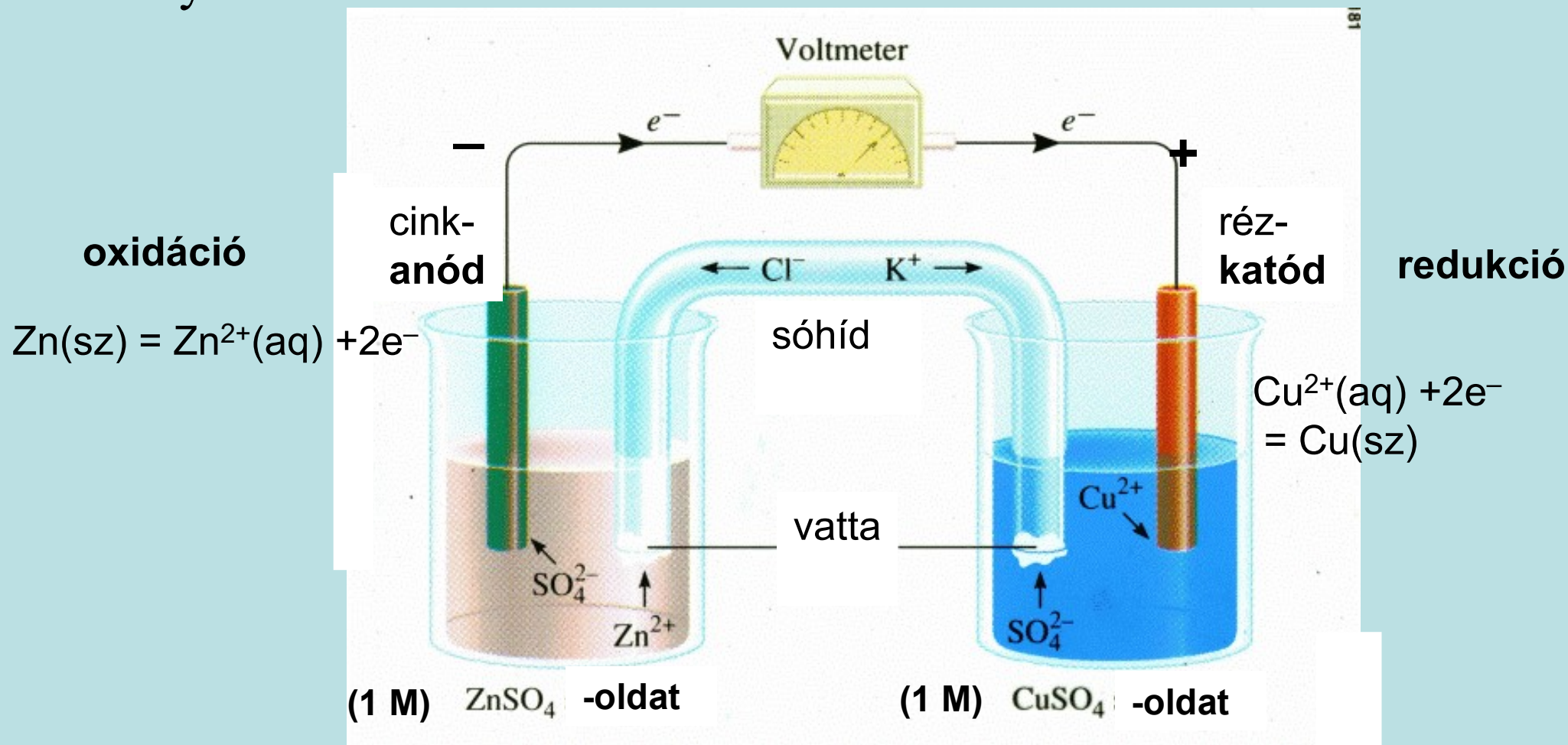
**Elektród:** olyan rendszer, amelyben elsőrendű vezető (fém) érintkezik másodrendű vezetővel (fémionok vizes oldata)



# Galvánecellák



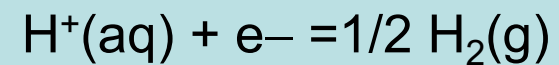
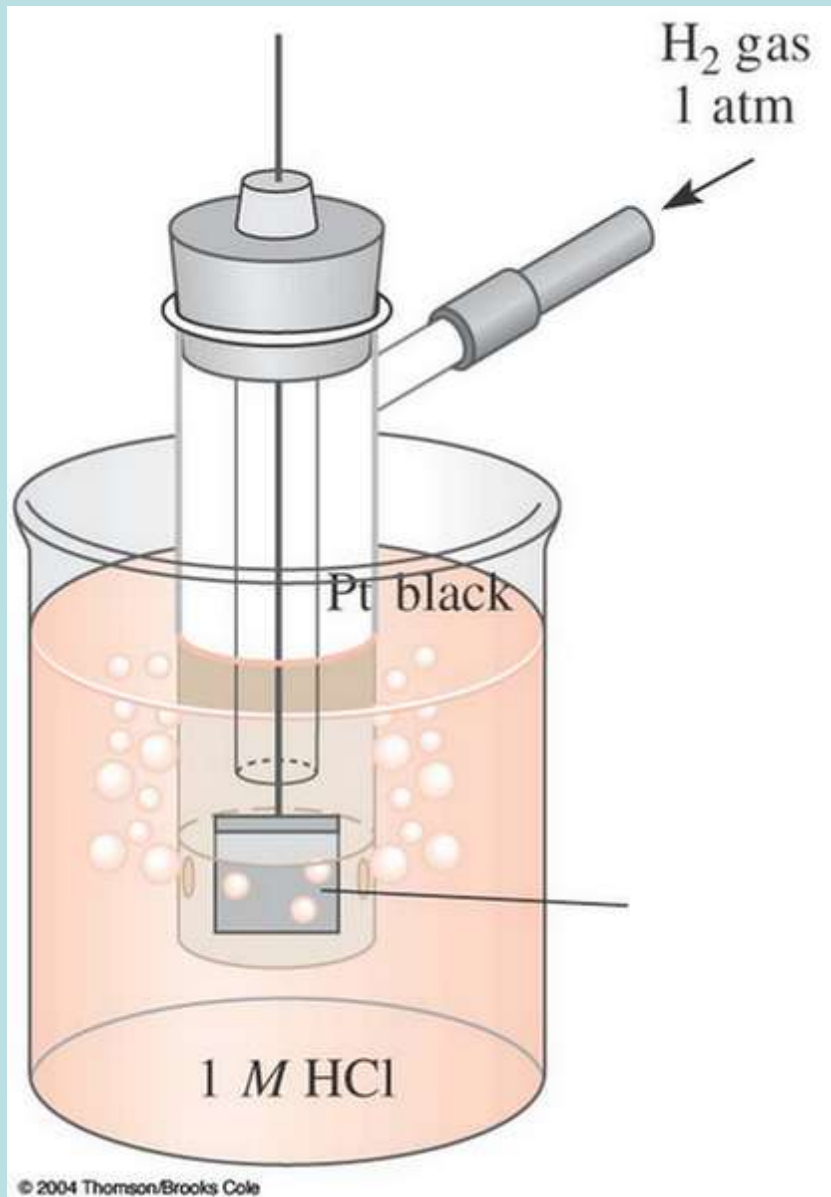
két folyamat térbeli elválasztása:



**Celladiagram:**  $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \quad \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Cu}$

**Elektromotoros erő (E):** az a feszültség, ami akkor mérhető,  
amikor a cellán nem folyik át áram

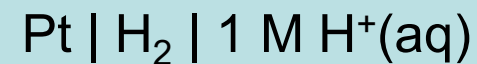
# A standard hidrogénelektród



Megállapodás szerint:

$$\varepsilon^\circ_{\text{H}^+/\text{H}_2} := 0$$

Félcella-reakciója:



*pontosabban(!):*



# Az elektródpotenciál

*Az elektród potenciálja (e):* annak a galváncellának az elektromotoros ereje, amelynek az egyik elektródja a kérdéses elektród, a másik pedig a standard hidrogénelektrod

*Standardpotenciál (e°):* egységnyi koncentrációjú (aktivitású) oldat elektród potenciálja

*Nernst-egyenlet:* 
$$\varepsilon = \varepsilon^\circ + \frac{RT}{zF} \ln a_{M^{z+}}$$
 híg oldatban :  $a_{M^{z+}} \approx c_{M^{z+}}$   
 $F = 96485 \text{ C / mol}$      $z$ : ion-töltésszám

## 4.2.3. táblázat. Néhány elektród standard elektródpotenciálja

Elektród	Elektródfolyamat	$\varepsilon^\ominus, \text{V}$
Ag   Ag <sup>+</sup> -oldat	Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Ag	0,800
Cu   Cu <sup>2+</sup> -oldat	Cu <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Cu	0,337
Zn   Zn <sup>2+</sup> -oldat	Zn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Zn	-0,763
Pt   O <sub>2</sub>   OH <sup>-</sup> -oldat	O <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O + 4 e <sup>-</sup> → 4 OH <sup>-</sup>	0,401
Cd   Cd <sup>2+</sup> -oldat	Cd <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Cd	-0,402
Pb   Pb <sup>2+</sup> -oldat	Pb <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Pb	-0,126
Pb   PbSO <sub>4</sub>   H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -oldat	PbSO <sub>4</sub> + 2 e <sup>-</sup> → Pb + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,356
Pb   PbO <sub>2</sub>   H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -oldat	PbO <sub>2</sub> + 4 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> → PbSO <sub>4</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-1,68

Ólomakkumulátor

Kisütés:

Anódfolyamat

Pb → Pb<sup>2+</sup> + 2.e<sup>-</sup>

PbSO<sub>4</sub> csap.

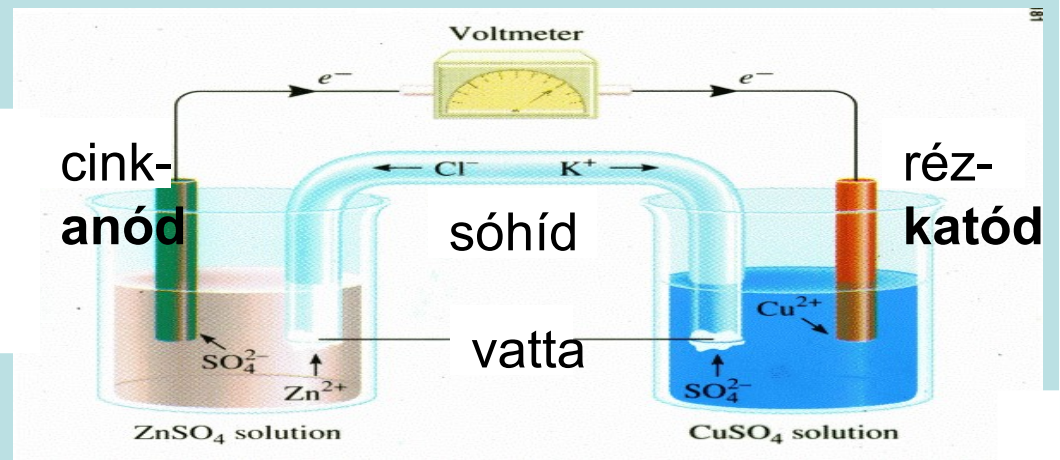
Katódfolyamat

Pb<sup>4+</sup> + 2.e<sup>-</sup> → Pb<sup>2+</sup>

# Elektromotoros erő (üresjáratú feszültség)

$$E_{MF} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}}$$

pl.: Daniell-elem



$$\varepsilon_{Cu} = \varepsilon_{Cu}^0 + \frac{RT}{zF} \ln c_{Cu}$$

$$\varepsilon_{Zn} = \varepsilon_{Zn}^0 + \frac{RT}{zF} \ln c_{Zn}$$

$$E_{MF} = \varepsilon_{Cu}^0 + \frac{RT}{zF} \ln c_{Cu} - \varepsilon_{Zn}^0 - \frac{RT}{zF} \ln c_{Zn}$$

$$E_{MF} = \varepsilon_{Cu}^0 - \varepsilon_{Zn}^0 + \frac{RT}{zF} (\ln c_{Cu} - \ln c_{Zn}) = \varepsilon_{Cu}^0 - \varepsilon_{Zn}^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_{Cu}}{c_{Zn}}$$

$$E = \varepsilon_{Cu}^0 - \varepsilon_{Zn}^0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} * \ln \frac{c_{Cu}}{c_{Zn}}$$

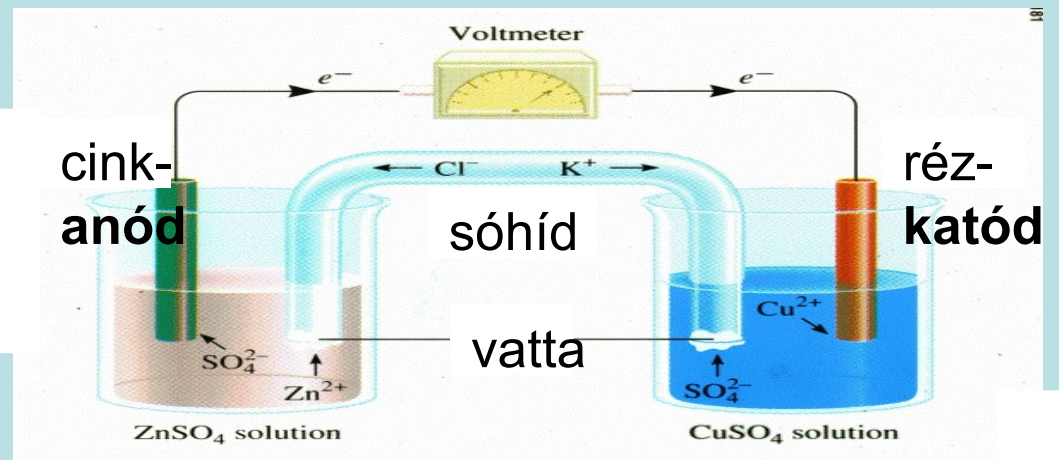
**Nerst egyenlet** az elektród potenciáljának számítása  
a hőmérséklet és a koncentráció függvényében



# Elektromotoros erő (üresjáratú feszültség)

$$E_{MF} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}}$$

pl.: Daniell-elem



$$E = \varepsilon_{\text{Cu}}^0 - \varepsilon_{\text{Zn}}^0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} * \ln \frac{c_{\text{Cu}}}{c_{\text{Zn}}}$$

$$W = V \cdot A \quad A \cdot s = C \quad (A = C/s)$$

$$R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 8,314 \text{ V} \cdot \text{C}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \quad J = W \cdot s = V \cdot A \cdot s = V \cdot C \quad (W = J/s)$$

$$F = 96\,485 \text{ C/mol} \quad R/F = 8,617 \cdot 10^{-5} \text{ V/K}$$

$$T = 273 + 25 \text{ K} = 298 \text{ K} \quad R \cdot T/F = 0,02568 \text{ V} \quad (\text{ha lg: } 0,05914 \text{ V})$$

$$\text{Cu}^{++} \text{ és } \text{Zn}^{++} \text{ esetében } z = 2 \quad R \cdot T/(z \cdot F) = 0,01284 \text{ V}$$

$$E = \varepsilon_{\text{Cu}}^0 - \varepsilon_{\text{Zn}}^0 + 0,01284 \text{ V} \cdot \ln(c_{\text{Cu}}/c_{\text{Zn}})$$

Ha mindkét koncentráció = 1 v. azonos  $\ln(c_{\text{Cu}}/c_{\text{Zn}}) = \ln(1) = ?$

$$(E_{MF})_{\text{Daniell}} = \varepsilon_{\text{Cu}}^0 - \varepsilon_{\text{Zn}}^0 = 0,337 \text{ V} - (-0,763 \text{ V}) = 1,10 \text{ V}$$