

Környezettechnológia biológiai és **kémiai** módszerei

Környezetmérnök MSc, levelező képzés, 2022

Tolner László egyetemi magántanár
Környezettudományi Intézet

Kémia részvizsga ZH tematika

Tananyag:

<http://www.tolner.hu/okt/Kemalaplev/Kemalaplev.html>

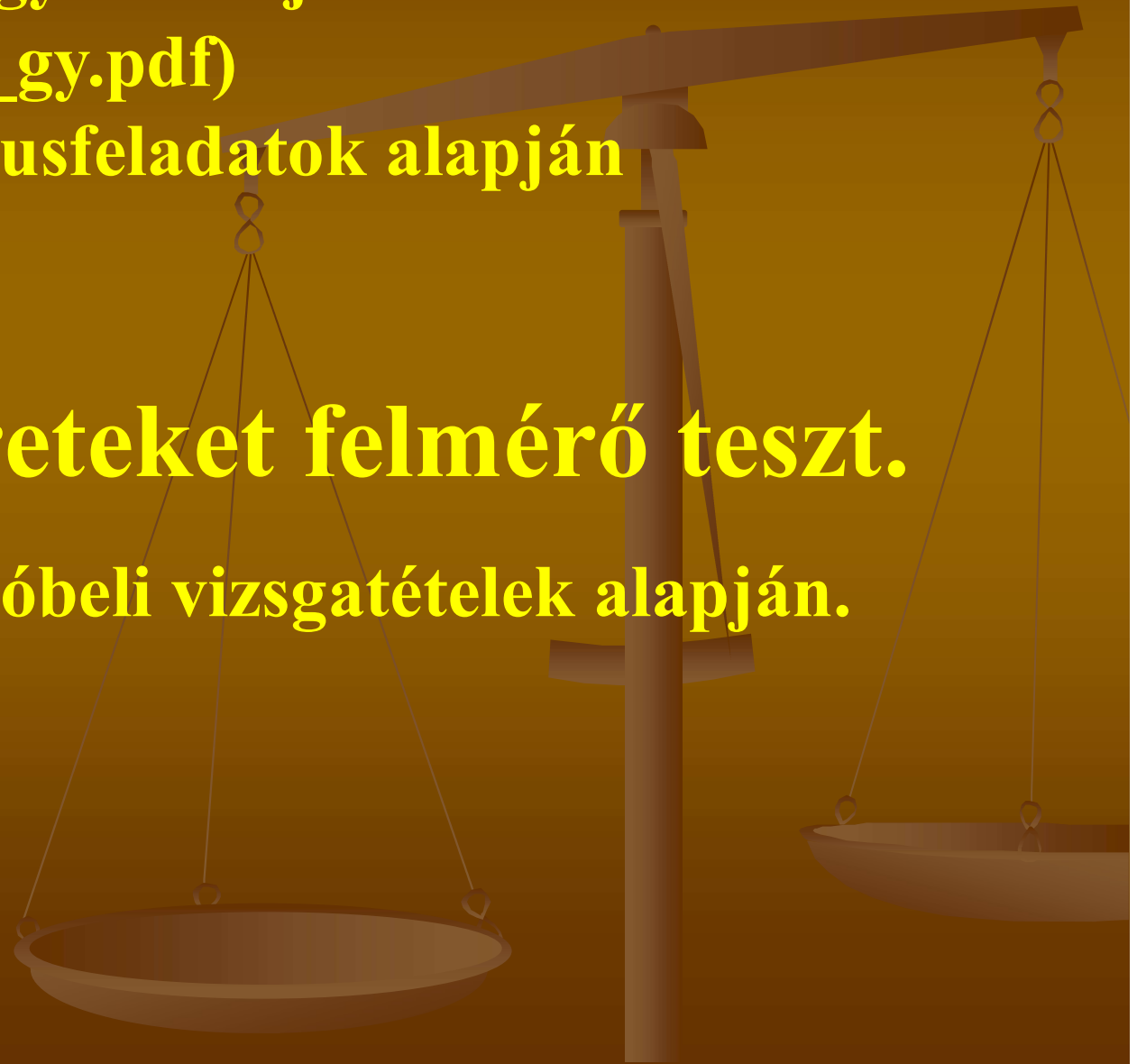
Barótfi: Környezettechnika (Mezőgazda kiadó 2000)

3 számítási feladat

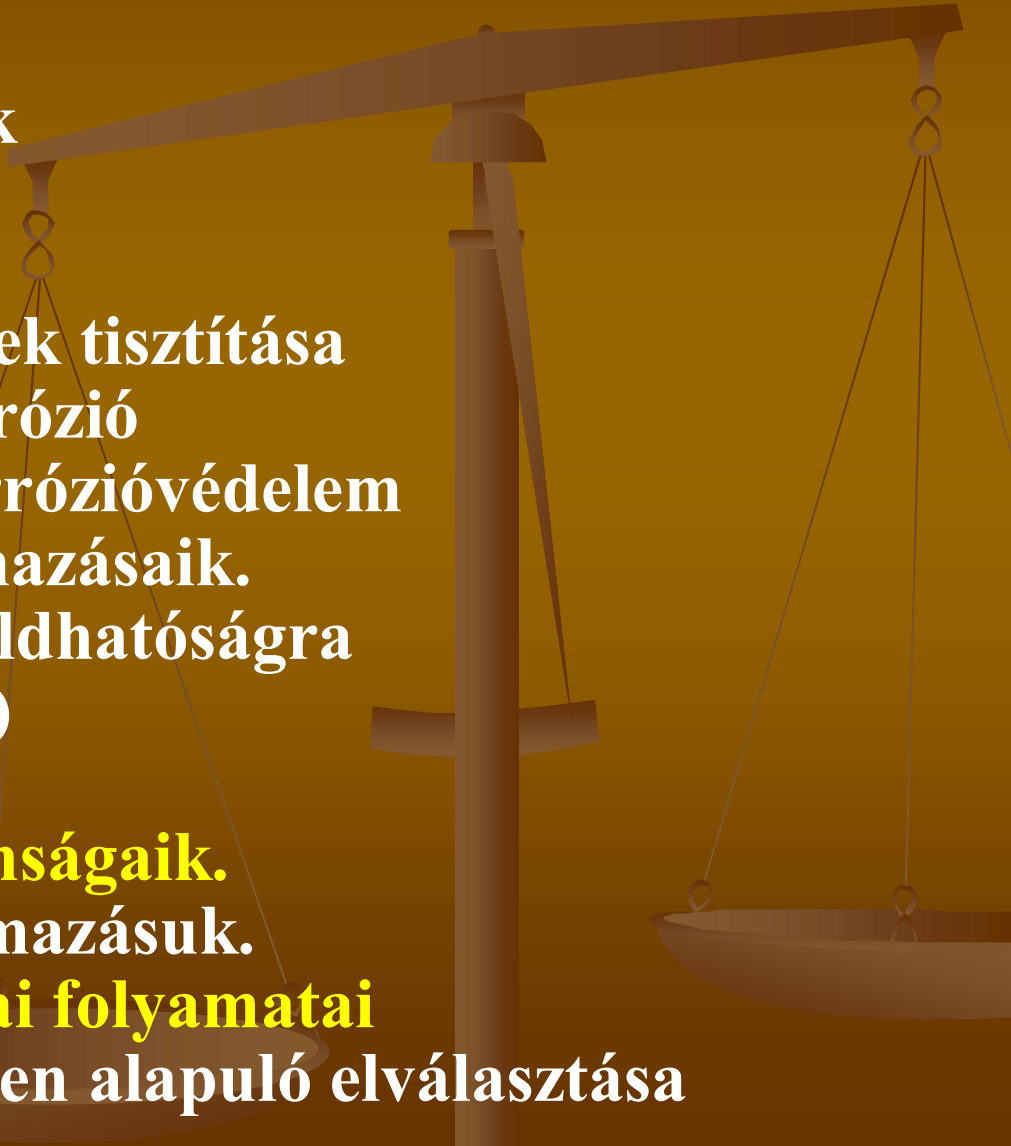
**KemalapL22_gy.xlsx fájlban
(KemalapL22_gy.pdf)
bemutatott típusfeladatok alapján**

Elméleti ismereteket felmérő teszt.

A korábbi szóbeli vizsgatételek alapján.



Korábbi szóbeli vizsgatételek

1. Reakció sebesség, katalízis
 2. **Kipufogógáz-tisztás kémiai folyamatai**
 3. Termikus hulladékkezelési eljárások
 4. **Füstgáz-tisztás kémiai folyamatai**
 5. Homogén kémiai egyensúlyok
 6. Heterogén kémiai egyensúlyok
 7. Oldódás, oldhatóság
 8. Sav bázis egyensúlyok, pH
 9. Nehézfém-tartalmú szennyvizek tisztítása
 10. Redoxireakciók, biológiai korrózió
 11. Elektrokémiai korrózió és korrózióvédelem
 12. Komplex vegyületek és alkalmazásaik.
 13. Komplexképződés hatása az oldhatóságra
 14. Az abszorpció (fizikai, kémiai)
 15. Az adszorpció, adszorbensek
 16. **Kolloid rendszerek és tulajdonságaik.**
 17. Felületaktív anyagok és alkalmazásuk.
 18. **Víz és szennyvíztisztítás kémiai folyamatai**
 19. Szennyezések csapadékképzésen alapuló elválasztása
- 

Szóbeli vizsgatételek kapcsolódásai az összefoglaló tételekhez

Kipufogógáz-tisztás kémiai folyamatai

Reakció sebesség, katalízis.

Redoxireakciók

Füstgáz-tisztás kémiai folyamatai

Redoxireakciók

Az abszorpció (fizikai, kémiai)

Az adszorpció, adszorbensek

Kolloid rendszerek és tulajdonságaik

Szennyezések csapadékképzésen alapuló elválasztása

Felületaktív anyagok és alkalmazásuk

Víz és szennyvíztisztítás kémiai folyamatai

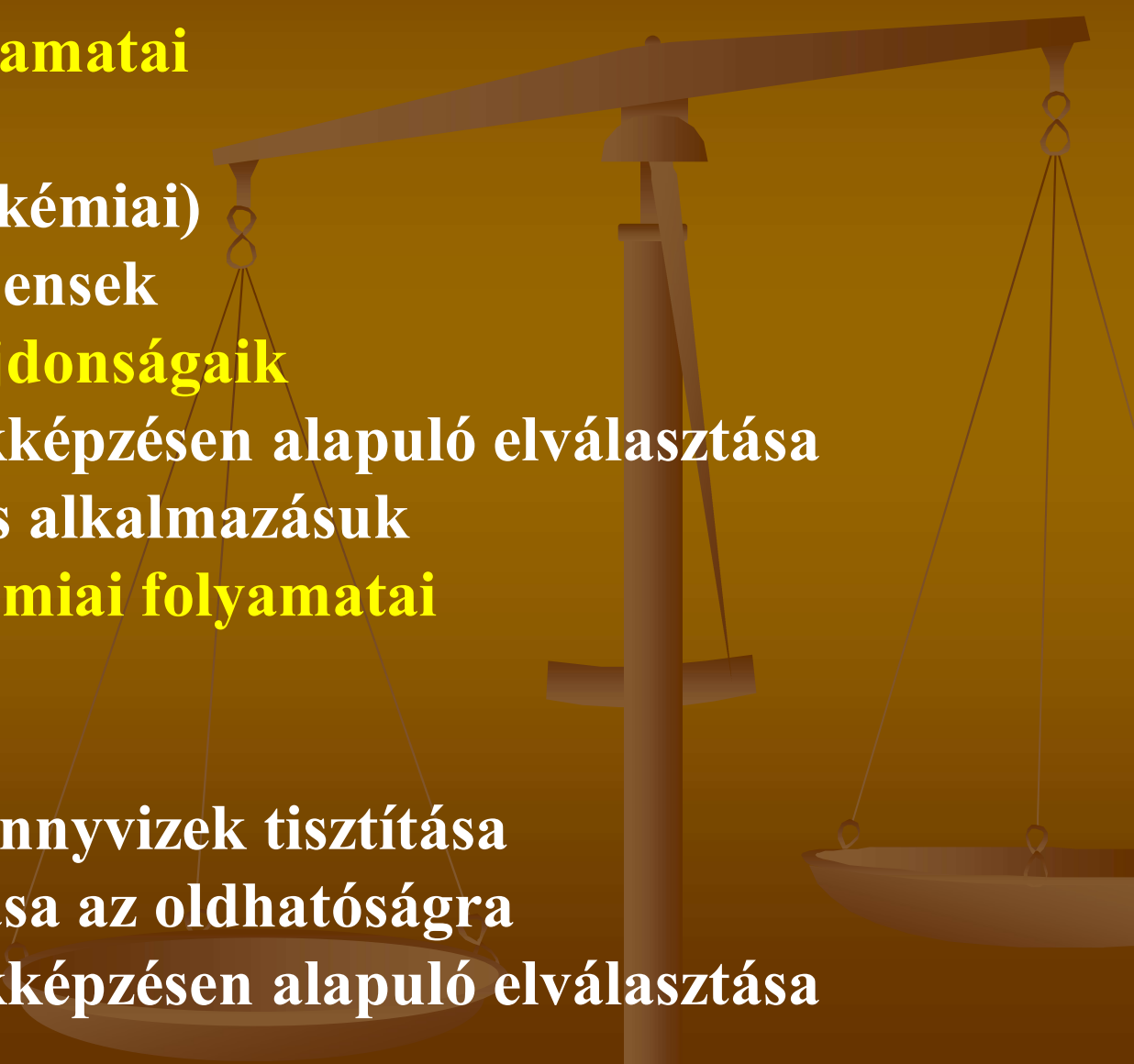
Oldódás, oldhatóság

Sav bázis reakciók, pH

Nehézfém-tartalmú szennyvizek tisztítása

Komplexbépződés hatása az oldhatóságra

Szennyezések csapadékképzésen alapuló elválasztása



1. Reakció sebesség, katalízis.

Reakciósebesség



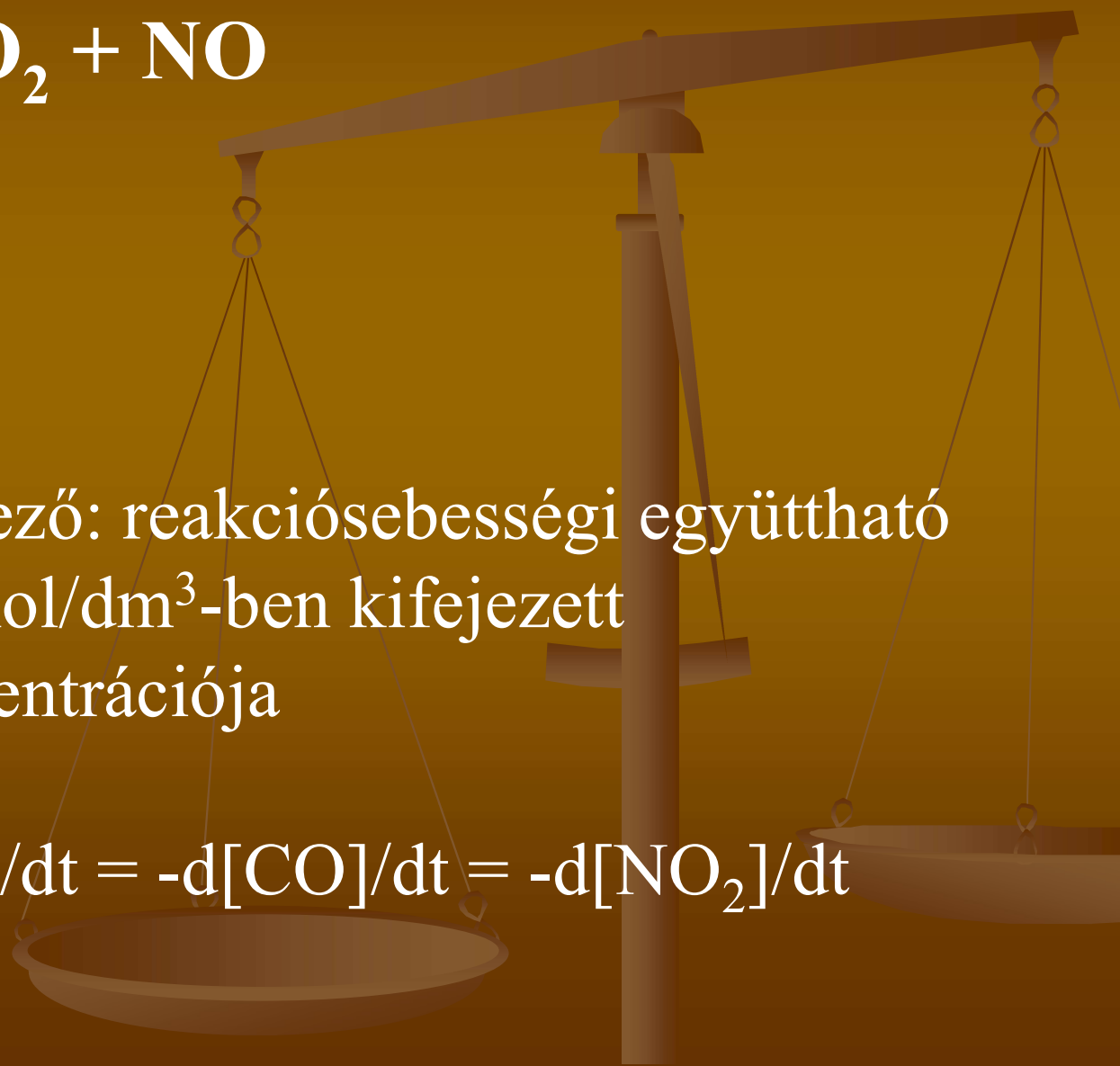
$$v = k[\text{CO}][\text{NO}_2]$$

v reakciósebesség

k arányossági tényező: reakciósebességi együttható

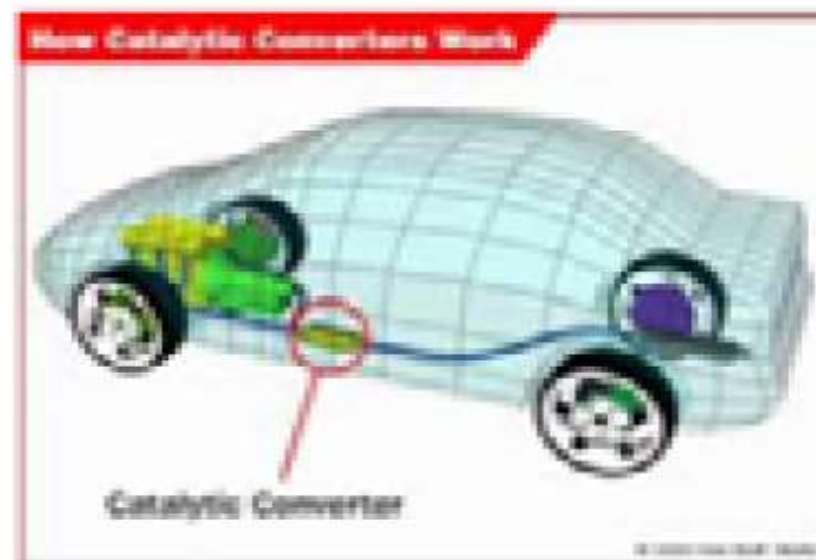
[...] az adott anyag mol/dm³-ben kifejezett
pillanatnyi koncentrációja

$$v = d[\text{CO}_2]/dt = d[\text{NO}]/dt = -d[\text{CO}]/dt = -d[\text{NO}_2]/dt$$

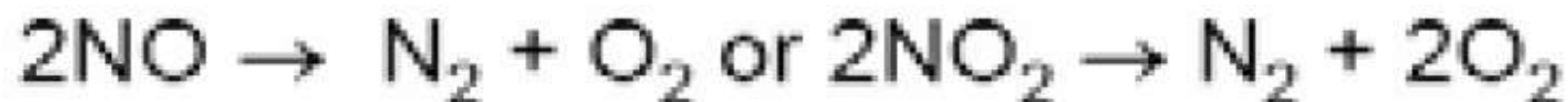


2. Kipufogógáz-tisztítás kémiai folyamatai

Reduction & Oxidation Catalytic Converter Reactions



Reduction Catalysis on Pt/Rh:



Oxidation Catalysis on Pt/Pd:



oxidáció (*Pt* és *Pd*):



NO redukció (*Rh*):



kisebb valószínűséggel lejátszódó reakciók:



3.A termikus hulladékkezelési eljárások jellemzői

Tüzelés

- Levegőbevezetés: légfelesleg tényező > 1
- Tüzelési hőmérséklet: 900-1200 °C
- Keletkező reakció termékek: füstgáz, kiégett salak
- Füstgáz főbb komponensei: CO_2 , H_2O , O_2 , N_2

Pirolízis (kigázosítás) (hulladékkezelés, műanyag-sziget?)

- Hevítés: levegőtől elzárva
- Kigázosítási hőmérséklet: 450-600 °C
- Keletkező reakciótermékek: **pirolízis-gáz** (metán),
pirolízis-olaj (PAH) (kőolajfinomítóban tisztítható),
szilárd éghető anyag (**pirolízis-koks**), mely
tartalmazza az inert alkotókat is

Elgázosítás

Gázosító közeg: oxigén vagy vízgőz

Elgázosítási hőmérséklet: $> 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Keletkező reakciótermékek: éghető gáz, folyékony salak

Gázösszetétel: CO , H_2 , CO_2 , H_2O

Plazmatechnológia

• **Első lépcső:** magas hőmérsékletű pirolízis (salakolvasztó kamrában), ahol a szükséges energiát plazmaégő biztosítja. A plazmaív egyenáramú feszültségforrás hatására a salakfürdő és a plazmaégő között alakul ki.

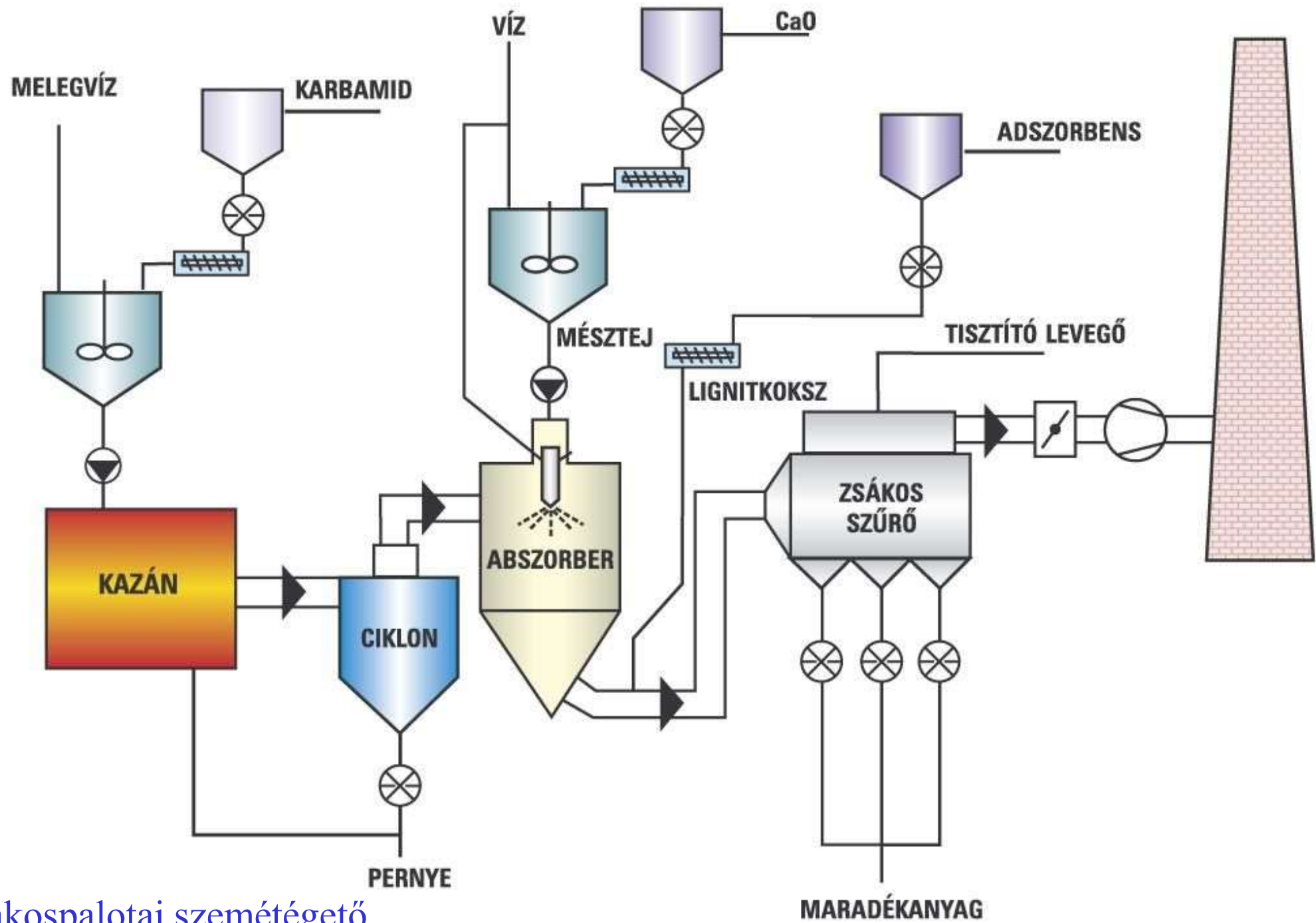
- Hőmérsékletek:

- Plazmaív: kb. $20000\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Salakolvadék: kb. $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$

• **Második lépcső:** a pirolízis gáz tökéletes kiégetése $1200\text{--}1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on

4. Füstgáz-tisztás kémiai folyamatai



Reakciók

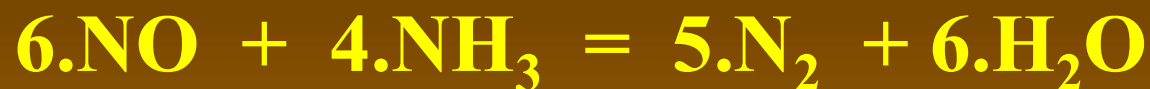
+2 -2

-3 +1

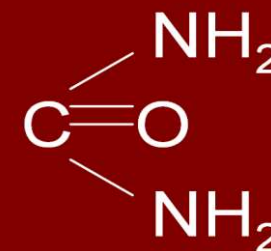
0

+1 -2

**NO redukció
ammóniával**



Ammónia-előállítás karbamidból



Mésztej előállítás: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$



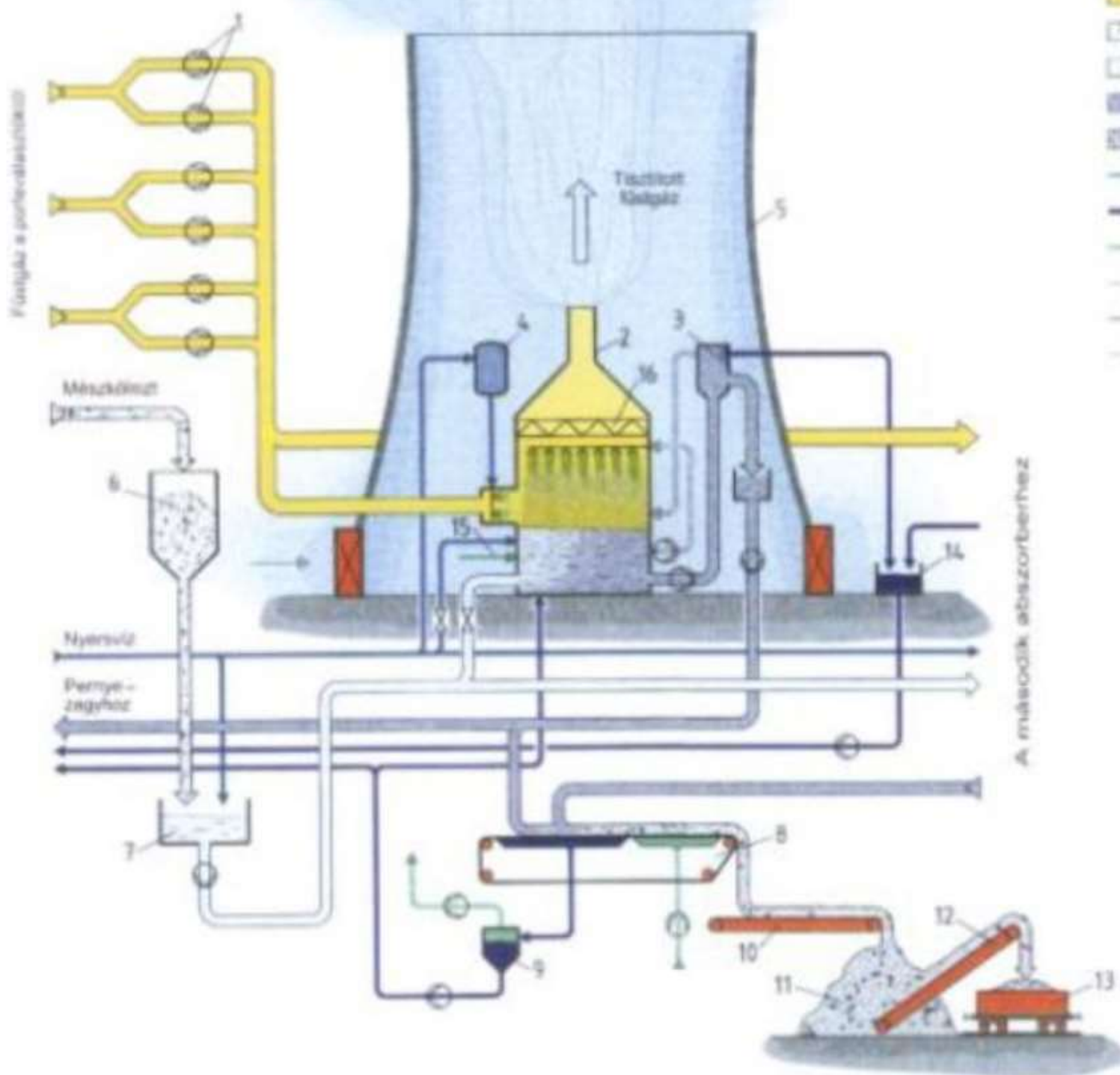
A lignitkokszt adszorbeál (nehézfémek, dioxinok)

Az adszorbens eltávolítása szűréssel → veszélyes hulladék lerakó

Füstgáz-kéntelenítés a Mátrai Erőműben

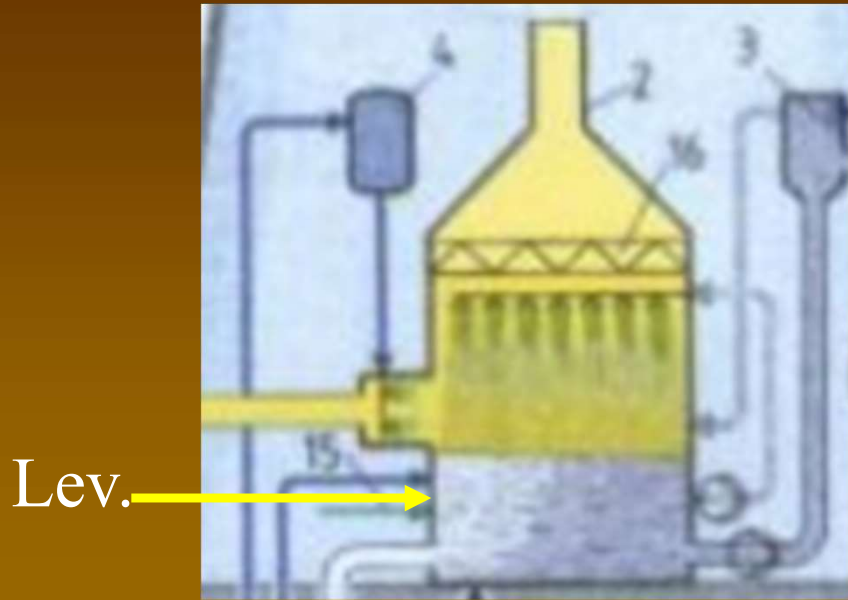
Jelmagyarázat:

- Füstgáz
- Mészkölszt
- Mészko-szuszpenzió
- Gipszszuszpenzió
- Szárazgipsz
- Nyersvíz
- Szennyvíz
- Levegő
- Szivattyú
- Kompresszor, légszivattyú
- Mennyiség szabályozó



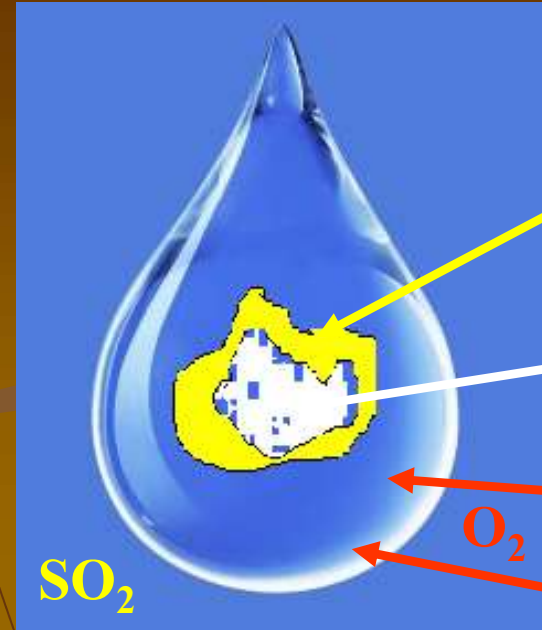
- 1 Füstgáz ventilátorok
- 2 Abszorber
- 3 Hidrociklon
- 4 Víz tartály
- 5 Száraz hűtőtorony
- 6 Mészkölszt hombár
- 7 Mészko-szuszpenzió-tartály
- 8 Szalagszűrő
- 9 Légtelenítő edény
- 10 Kihordó szalag
- 11 Szárazgipsz tárolása
- 12 Rakodó szalag
- 13 Szállító kocsi
- 14 Szennyvíz-tartály
- 15 Oxidációs levegő
- 16 Csepletválasztó

Mátra Erőmű - füstgáztisztítás



CaCO_3

CaSO_4



CaSO_4

CaCO_3

H_2SO_3

H_2SO_4



CaCO_3 adagolás – pH 5,2



5. Homogén kémiai egyensúlyok.

Homogén - minden résztvevő azonos fázisban

Gőz vagy gáz fázis esetén



$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] * [\text{H}_2]^3}$$

$$K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} p_{\text{H}_2}^3}$$

$$p = R * T * n/V$$

$$p * V = n * R * T$$

*Egyensúlyi állandó
parciális nyomásokkal
felírva*

Mólszámváltozás – nyomásfüggés

Egyensúlyi állandó hőmérséklet függése Hatás – Ellenhatás törvénye

Homogén - minden résztvevő azonos fázisban Oldatokban

Koncentráció változtatás az egyensúlyi rendszerben



$$K_c = \frac{[\text{észter}] [\text{víz}]}{[\text{sav}] [\text{alkohol}]}$$

*Egyensúlyi állandó
koncentrációkkal felírva*

Sav bázis egyensúlyok vizes oldatban

Disszociációs egyensúlyi állandó (gyenge savak, bázisok)

Víz disszociációja

6. Heterogén kémiai egyensúlyok

Legalább egy résztvevő a többitől eltérő fázisban

Szilárd fázis az egyensúlyban



*Amíg CaCO_3 és CaO is jelen van, addig CO_2
Koncentrációja, vagy parciális nyomása állandó*

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



szénsav $\sim \text{CO}_2$

szénsav $\sim \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

$\text{CO}_2 \sim \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

$$K'_c = \frac{[\text{CaO}] [\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$$

Heterogén kémiai egyensúly

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



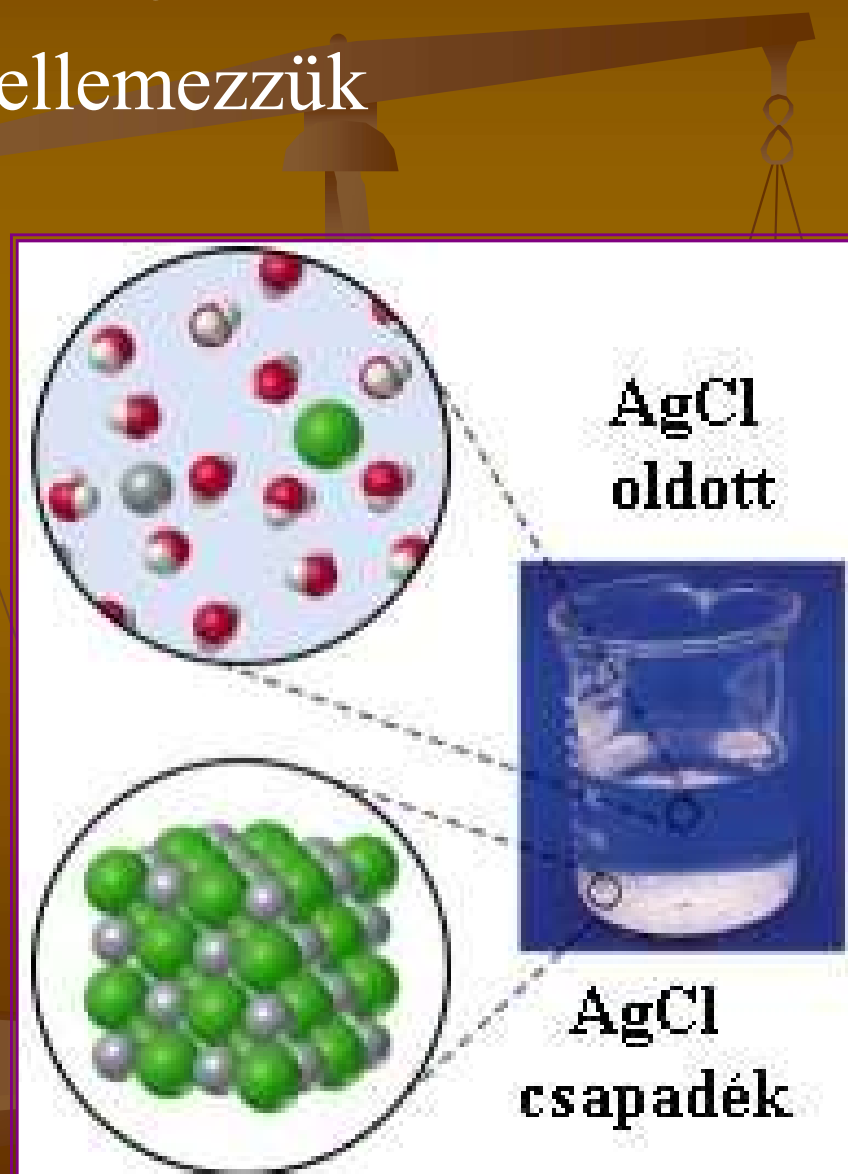
$$K = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]}$$

konstans $\nearrow$ $[\text{AgCl}]$

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

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

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



7. Oldódás, 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>	36
		<u>NaOH</u>	109

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

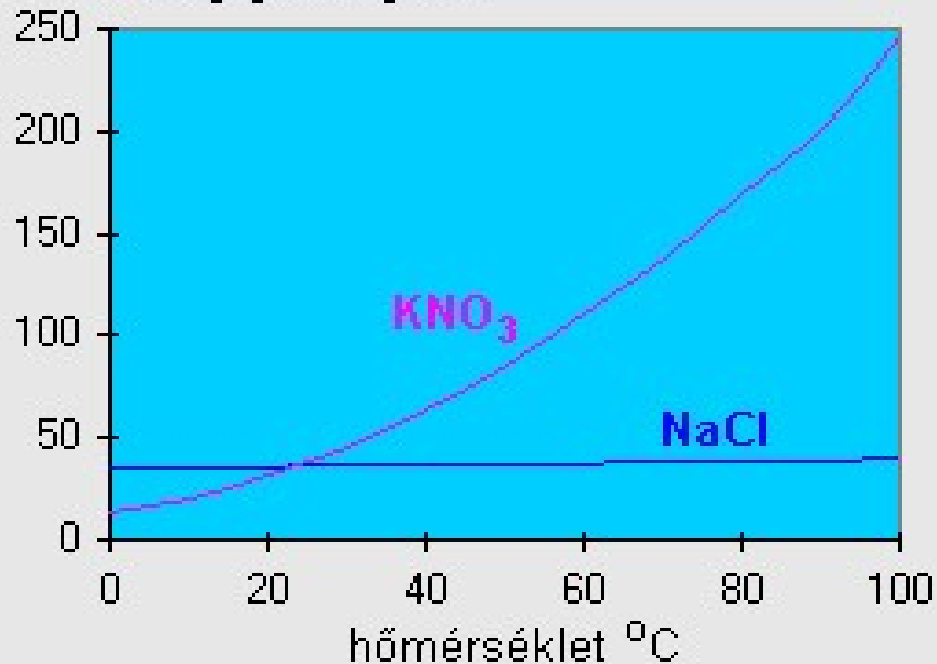
$$[\text{PO}_4^{---}] = \sim 10^{-11} \text{ mol/dm}^3 \sim 10^{-9} \text{ g/dm}^3 = 10^{-6} \text{ mg/dm}^3 \text{ (ppm)}$$

Szennyvíz foszfátmentesítése

Szilárd anyagok oldódása

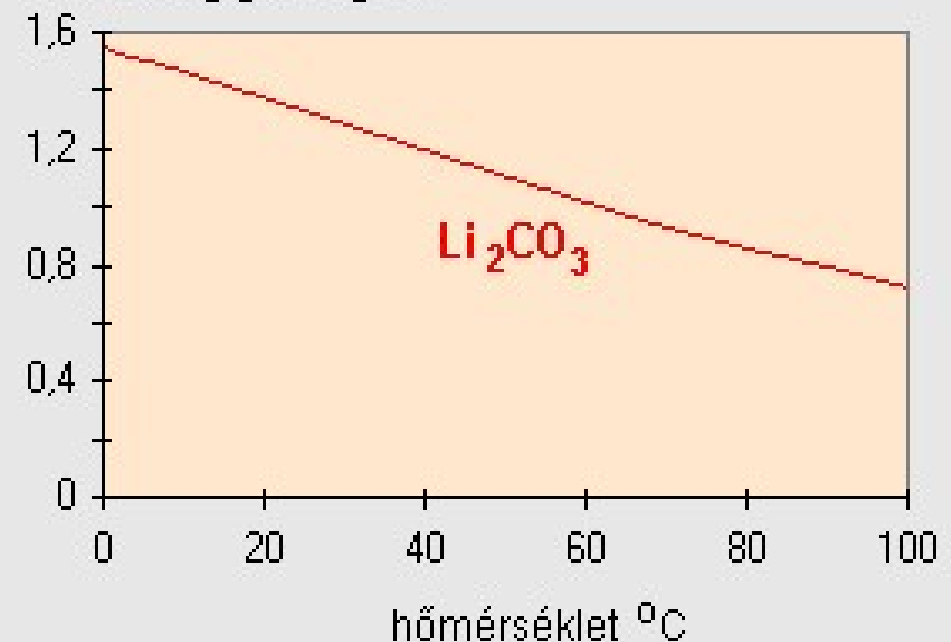
- Az oldhatóság hőmérsékletfüggése - növekvő és csökkenő - az oldáshő előjelétől függően
- A nyomás gyakorlatilag nem változtat az oldhatóságon

oldhatóság g/100 g víz



negatív oldáshő

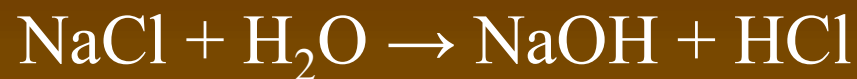
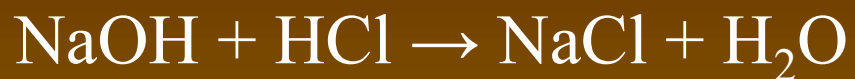
oldhatóság g/100 g víz



pozitív oldáshő

8. Sav bázis egyensúlyok, pH.

Sav, bázis definíciója, sóképződés, hidrolízis



Az erős savak, az erős bázisok és sók disszociációja teljes

Disszociációs egyensúlyi állandó (gyenge savak, bázisok)



ecetsav disszociációja

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



*Ammóniumhidroxid
disszociációja*

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

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,

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

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

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

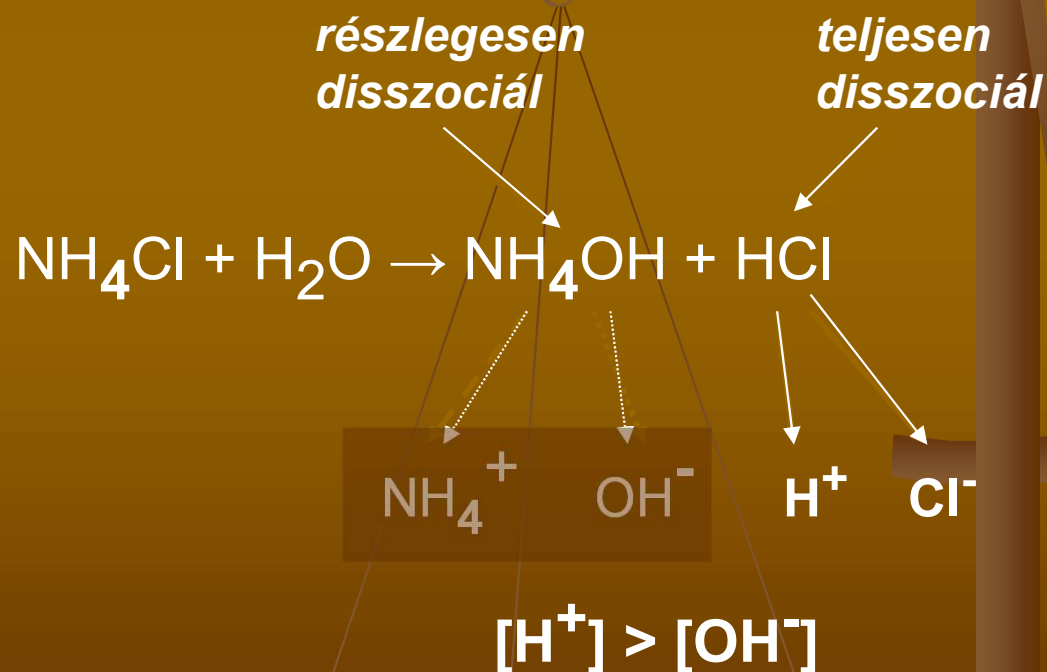
$0 \leq \text{pH} < 7$	savas tartomány, savas jelleg a pH csökkenésével nő
$\text{pH} = 7$	semleges oldat
$7 < \text{pH} \leq 14$	lúgos tartomány, lúgos jelleg nő a pH növekedésével

Vizes sóoldatok sav-bázis tulajdonságai

Savas hidrolízis

Savas oldatokat képező sók

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

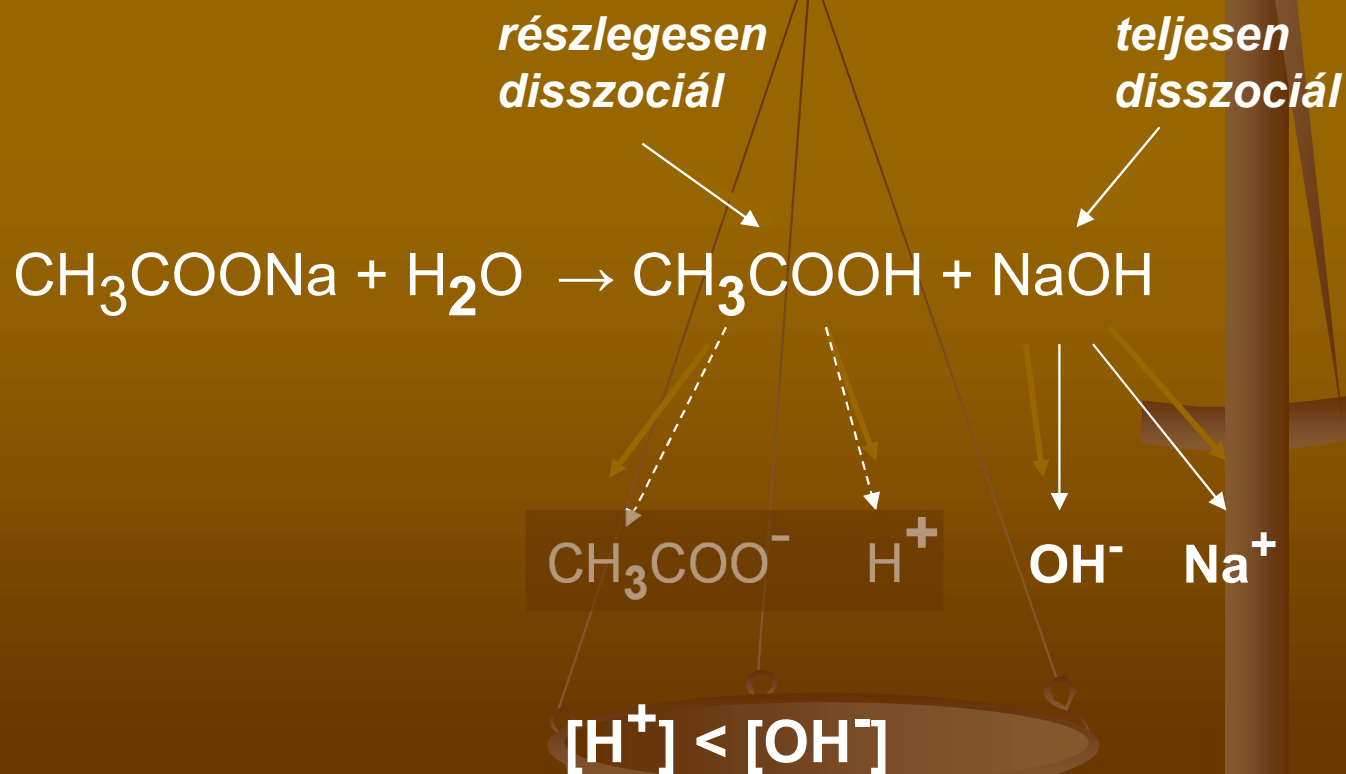


Vizes sóoldatok sav-bázis tulajdonságai

Lúgos hidrolízis

Bázikus oldatokat képező sók

Erős bázis (pl. NaOH) + gyenge sav (pl. CH_3COOH) $\rightarrow$ nátrium-acetát



10. Redoxireakciók, biológiai korrózió

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 (Fe_3O_4 , Al_2O_3)

„hidrogénezés” olefin $\rightarrow$ parafin, margarinyártás

elektronfelvétel (oxidációs szám csökken)



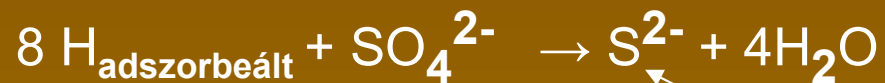
Egy anyag csak akkor oxidálódhat, ha a leadott elektronokat egyidejűleg egy másik anyag felveszi

Biológiai korrózió

Biológiai folyamat által előidézett elektrokémiai korrózió

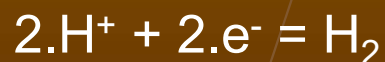
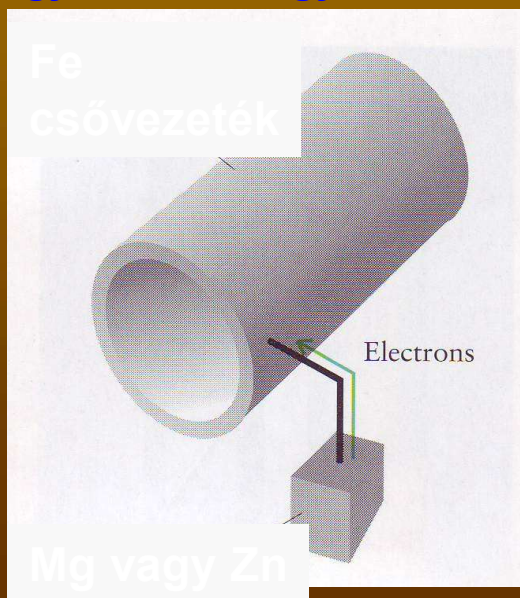
Szulfátredukáló baktériumok:

oxigénmentes környezetben a katódon képződő hidrogént használják fel szulfát redukcióra



A katódon adszorbeálódott hidrogént, amely fékezi a korróziót, eltávolítják baktériumok, így a korrózió gyorsul

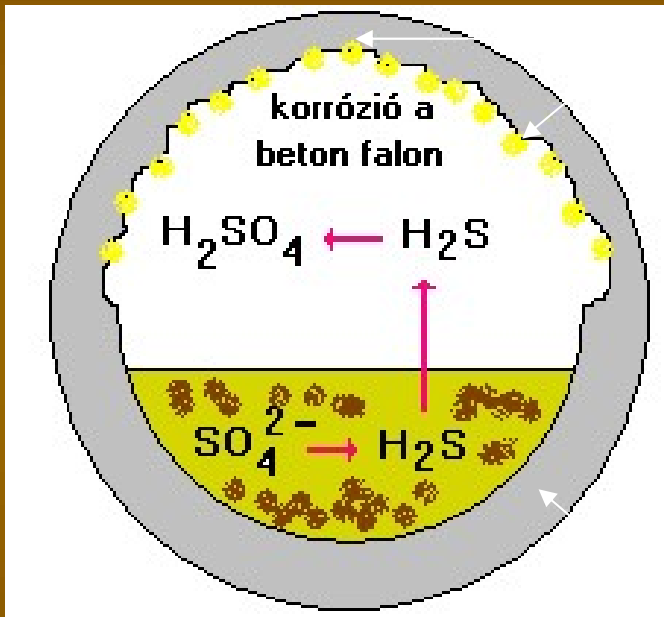
A képződő szulfid megtámadja fémet és laza fém-szulfidot képez



Fűtőolaj tartály kilyukadt fala.
Gyakori korróziót okoz az olajiparban.

Biológiai korrózió

A kénbaktérium oxigén tartalmú környezetben szulfid-iont kénsavvá tud oxidálni



kénbaktérium
lepek
falon

betoncső

Csatorna csövek korróziója



Korrózió a földgáz vezetéken
A csőben van víz és hidrogén-szulfid,
amelyet a kénbaktérium kénsavvá oxidál.
A képződő sav miatt lyukad ki a cső.

11. Elektrokémiai korrózió és korrózióvédelem

Korrózióvédelem

Passzív:

festék, v. nagy ε^0 -ú fém (pl. Sn),
vagy tömör oxidréteg (pl. Al_2O_3)

kis ε^0 -ú fém

hátrány:

H^+ , H_2O
 Sn^{2+} , Fe^{2+}

Sn

Fe

helyi elem:



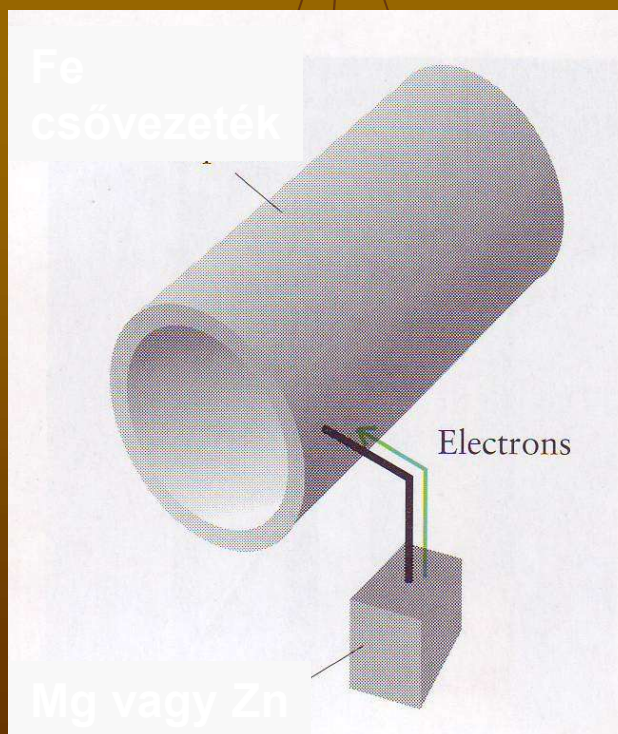
Aktív:

H^+ , H_2O
 Zn^{2+} , Fe^{2+}

Zn

Fe

helyi elem:



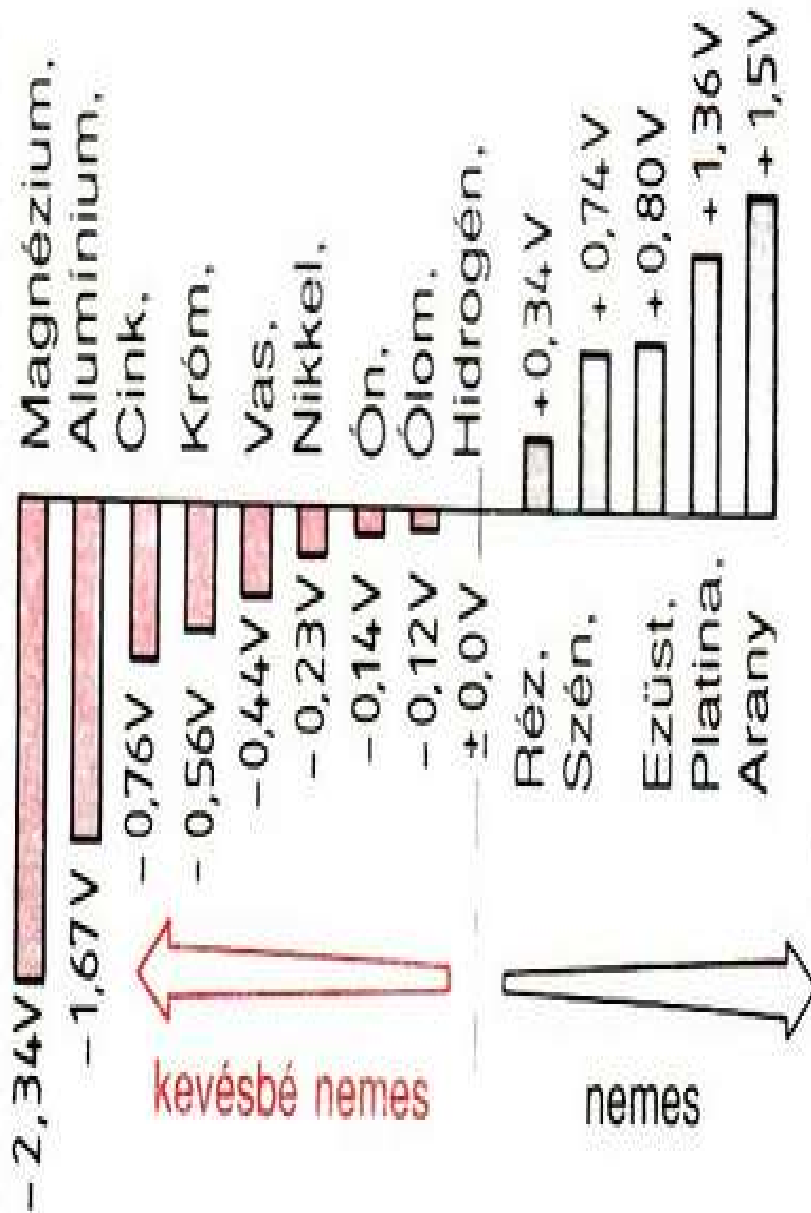
vagy - potenciál



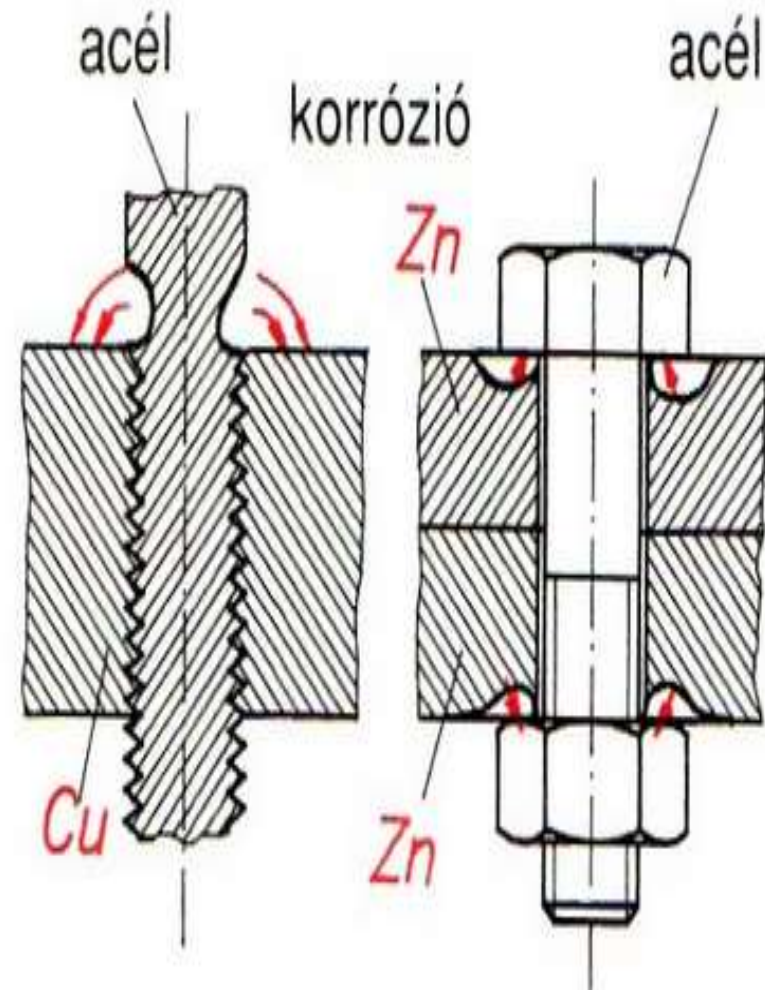
Fe

belül zinkrúd

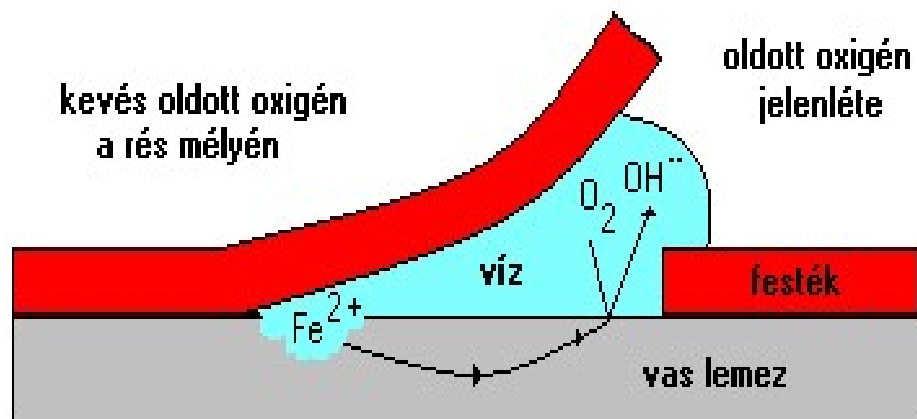
Elektrokémiai korrózió két fém csatlakozásakor



5) **Kontaktkorrózió:** Különböző anyagú fém alkatrészek összeszerelésénél az érintkezési felületeken jön létre. Ebben az esetben mindig a **kevésbé nemes fém károsodik**. Kontaktkorrózió alakul ki pl. réz, vagy horgany lemezek acél csavarral való kötése esetén.



Koncentrációkülönbség okozta korrózió (alározsdásodás)



kiszáradás után a nagytérfogatú korróziós termék felszakítja a festékréteget



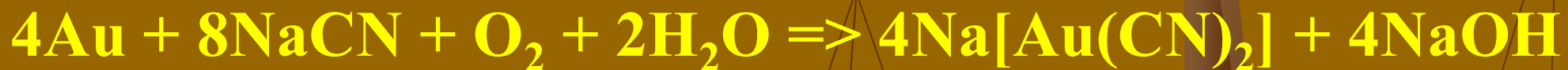
12. Komplex vegyületek és alkalmazásaik.

Fém-ionokból és ligandumokból álló, és az alkotórészek egyedi tulajdonságaitól eltérő kémiai sajátságokat mutató vegyületeket komplex vegyületeknek nevezzük.

Jellemző kötés – datív kovalens kötés

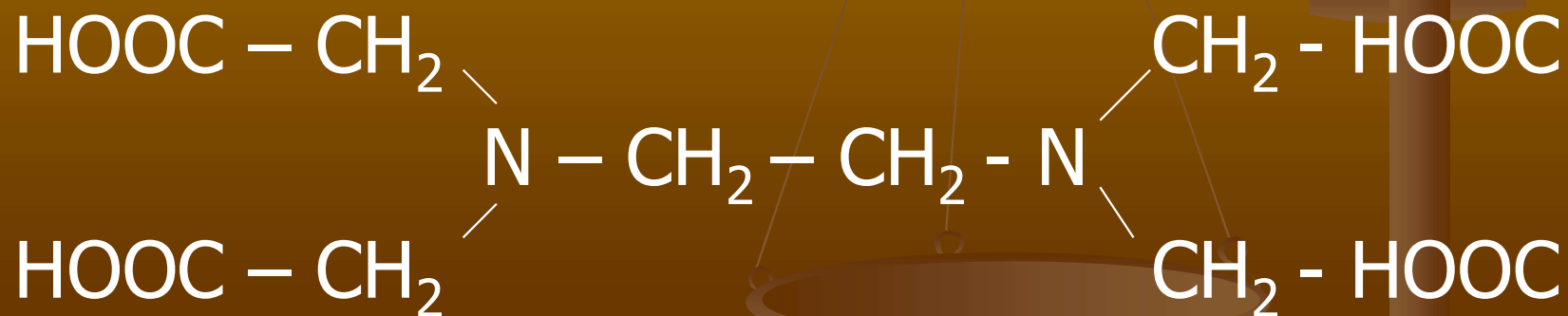
Fémionok – d mező elemei elektron befogadására alkalmas d pályák

Ligandumok – szabad elektronnéppárral rendelkező molekulák vagy ionok



- Toxicitás, nehézfém oldatba vitel, élettanilag fontos vas megkötése de a Kálium-ferrocianid (Sárgavér-lúgsó) $\text{K}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ bor derítésre

EDTA (Calgon) szerkezeti képlete: (szerves komplex - kelát)

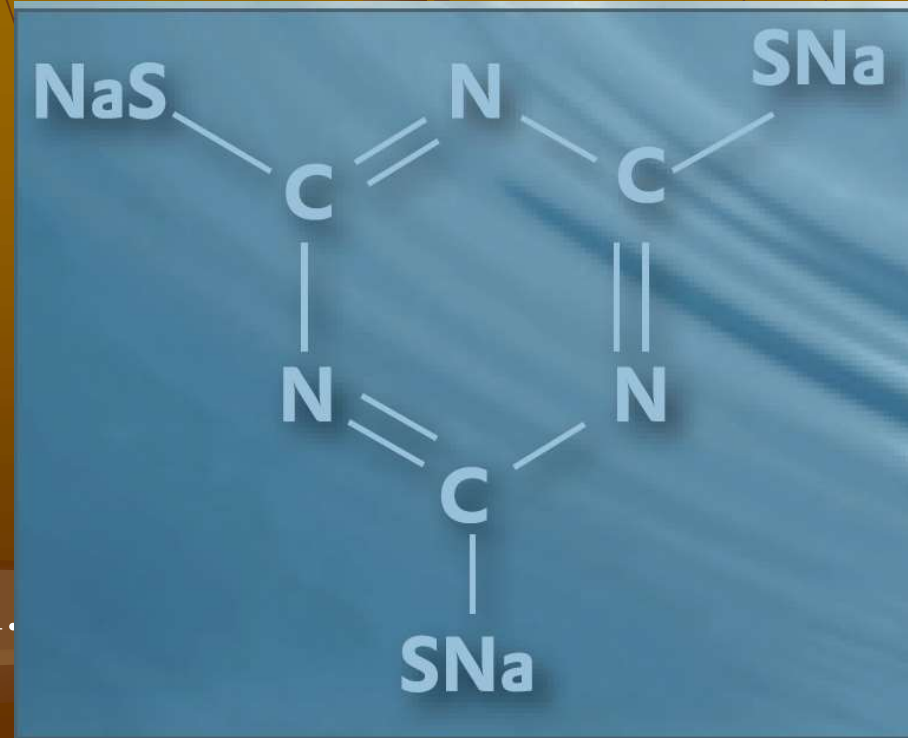


Komplex szennyezők kicsapátása

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

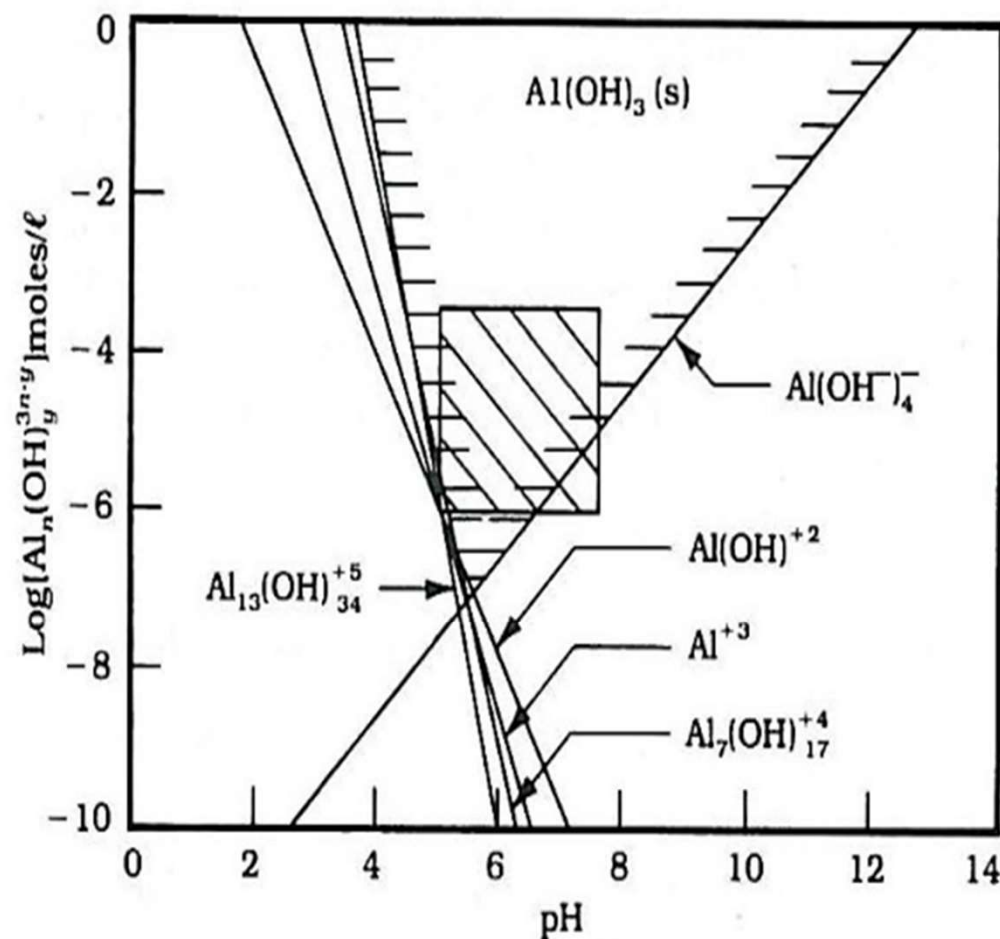
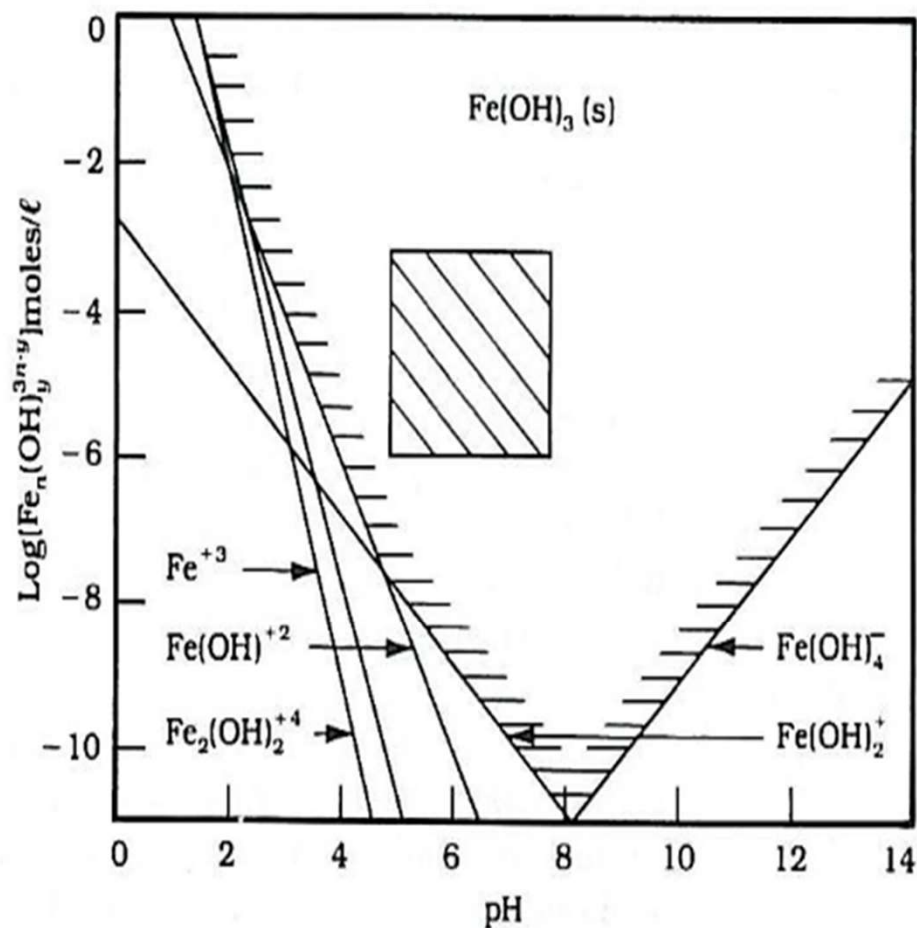
Trimercapto-s-triazin

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

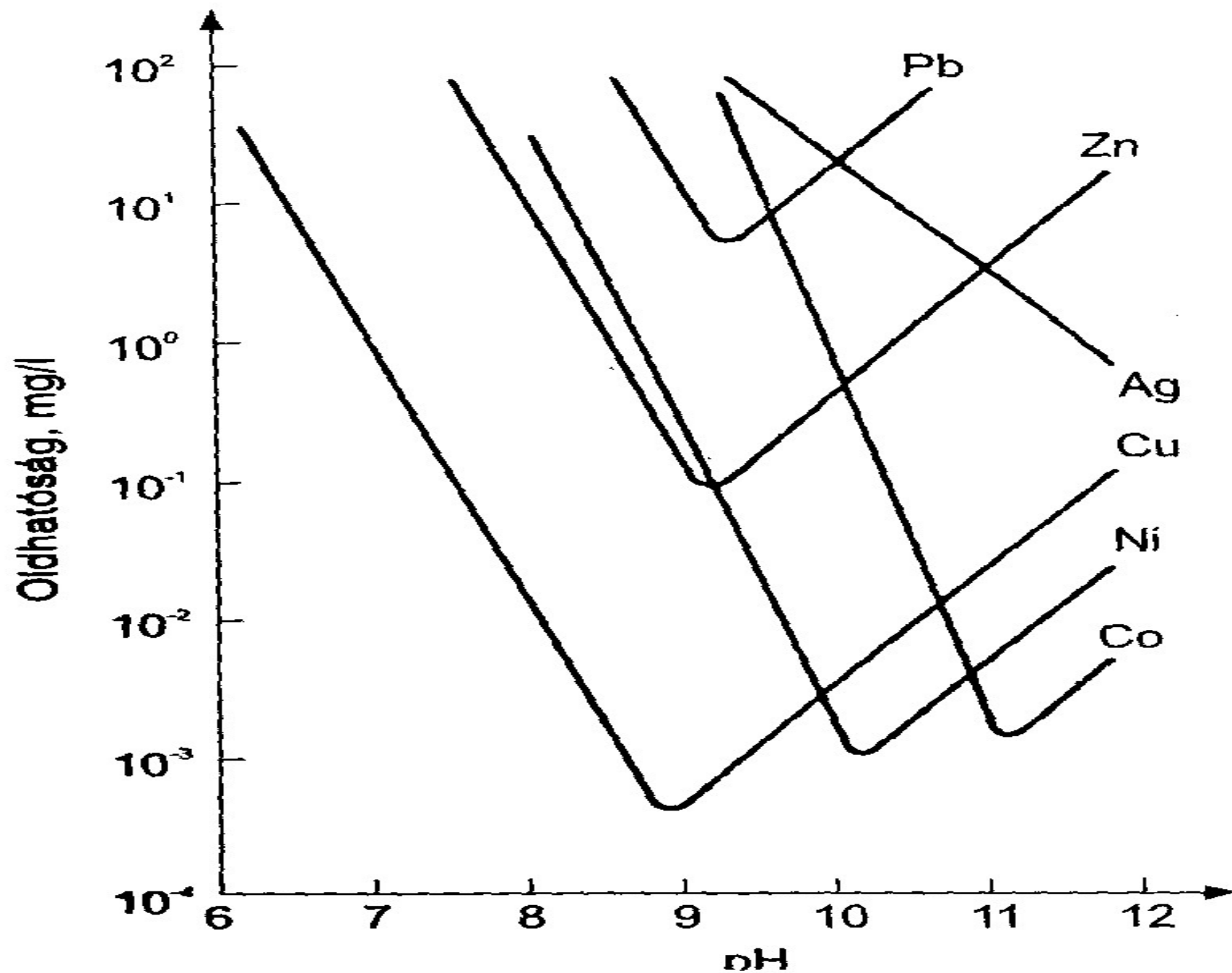


13. Komplexképződés hatása az oldhatóságra

Fémhidroxidok oldhatósága



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



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

14. Az abszorpció

- **Fizikai abszorpció**, amikor a gázkomponens csak egyszerűen oldódik az abszorbensben. Ilyenkor a komponens oldódását az egyensúlyi viszonyok, tehát a gáz parciális nyomása és folyadékban lévő koncentrációja szabják meg („Henry-törvény”).

Ilyen esetek pl. széndioxid oldódása vízben, szerves oldószergőzök elnyeletése vízben.

- **Kémiai abszorpció (kemoszorpció)**, amikor a gáz abszorpcióját a folyadékfázisban kémiai reakció követi, és az abszorpció nem tekinthető egyensúlyi folyamatnak.

Ilyen pl. széndioxid elnyeletése nátrium hidroxid oldatban, füstgázok meszes vízzel történő mosása. Kemoszorpció esetén elvileg teljes elnyeletést lehet megvalósítani. A keletkező reakciótermék felhasználásáról ill. elhelyezéséről gondoskodni kell.

Az abszorpciót hőjelenségek is kísérik. Az **abszorpciós hő** három fő rész összege:

**kondenzációs hő,
oldáshő,
hígítási hő.**

A hígítási hő az első kettőhöz képest elhanyagolható.

A gyakorlatban előfordul izotermnek tekinthető abszorpció is, ahol a hőjelenségek elhanyagolhatók, pl. szénhidrogének abszorpciója olajban.

Forró gázok abszorpciója esetén a gázok „belekondenzálnak” az abszorbensbe, és jelentősen felmelegítik annak hőmérsékletét.

Az abszorpció hőjelenségeit figyelembe kell venni, mert a hőmérséklet emelkedésével a gázok oldékonysága, abszorpciója romlik.

Többszörösített abszorpció. Ellenáramú abszorpció

15. Az adszorpció.

Megkötődés szilárd anyag felületén

Az adszorpciót befolyásoló tényezők :

- **hőmérséklet** (T emelésével nő a részecskék hőmozgása, csökken az adszorpció)
- **nyomás** (növelése növeli az adszorpciót)
- **adszorbens minősége** (lyukacsos , érdes felület kedvez, illetve a felület polaritása is befolyásol, „hasonló a hasonlót köt meg” elv)
- **oldószer minősége** : részint ő maga is lehet adszorptívum, részint az adszorbeálódó anyag oldhatóságát befolyásolja.

ADSZORBENSEK

Olyan speciális tulajdonsággal rendelkező anyagok, melyek felületükön olyan részecskék találhatók, melyek egyoldalú erőhatásnak vannak kitéve a fázis belseje felé ható vonzó hatásnak, így saját vonzóerejük egy része szabadon marad, melyek más anyagok megkötését teszik lehetővé. A megkötő felület az **adszorbens**, a megkötött anyag az **adszorptívum**.

Füstgázból szennyező komponensek megkötése (dioxin, furánok)

Heterogén katalízis (pl.: autó katalizátora) első lépés – adszorpció

Oldatból szennyező oldott anyagok megkötése (nehézfémek, arzén)

16. Kolloid rendszerek és tulajdonságaik.

- A kolloidok, melyek 1-200 nm (esetleg 500 nm) szemcseméretű részecskét tartalmaznak.

A kolloidok osztályozása az eloszlatott részecskék típusa szerint

diszperziós kolloidok (fáziskolloidok): valamely folytonos közegben gáz, folyadék és szilárd mikrofázisok, felülettel határolt részecskék találhatók

pl. csapadék, a köd, a füst, az emulzió, a szuszpenzió

makromolekuláris kolloidok: a folyadéokban oldott részecskék mérete eleve a kolloid mérettartományba esik

pl. fehérje, ragasztók, lakkok, zselatin, polimer

asszociációs kolloidok: az oldott amfipatikus molekulák micellákká csoportosulnak (felületaktív anyagokat tartalmazó rendszerek)

pl. szappanoldat (micellák!)

A diszpergált részecskék típusa szerint

Mikrofázis: pl. csapadék, a köd, a füst, az emulzió, a szuszpenzió...

Makromolekulás kolloid: pl. fehérje, ragasztók, lakkok, zselatin, polimer

Asszociációs kolloid: pl. szappanoldat (micellák!)

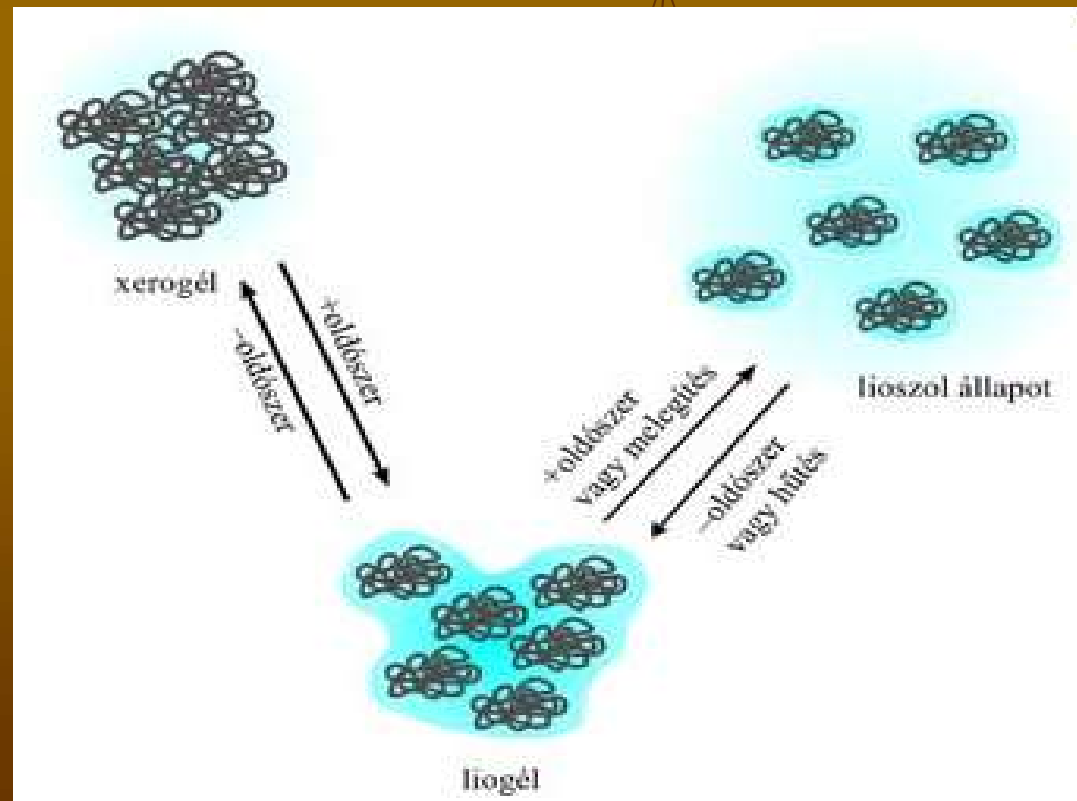
Kolloid oldat átalakulásai:

Gél

hűtés, vagy oldószer-elvonás

melegítés, vagy oldószer hozzáadás

Szol



Pl. a szilárd zselatin (xerogél) oldás (duzzadt xerogél), majd (liogél), melegítés (lioszol), majd lehűtés (liogél)

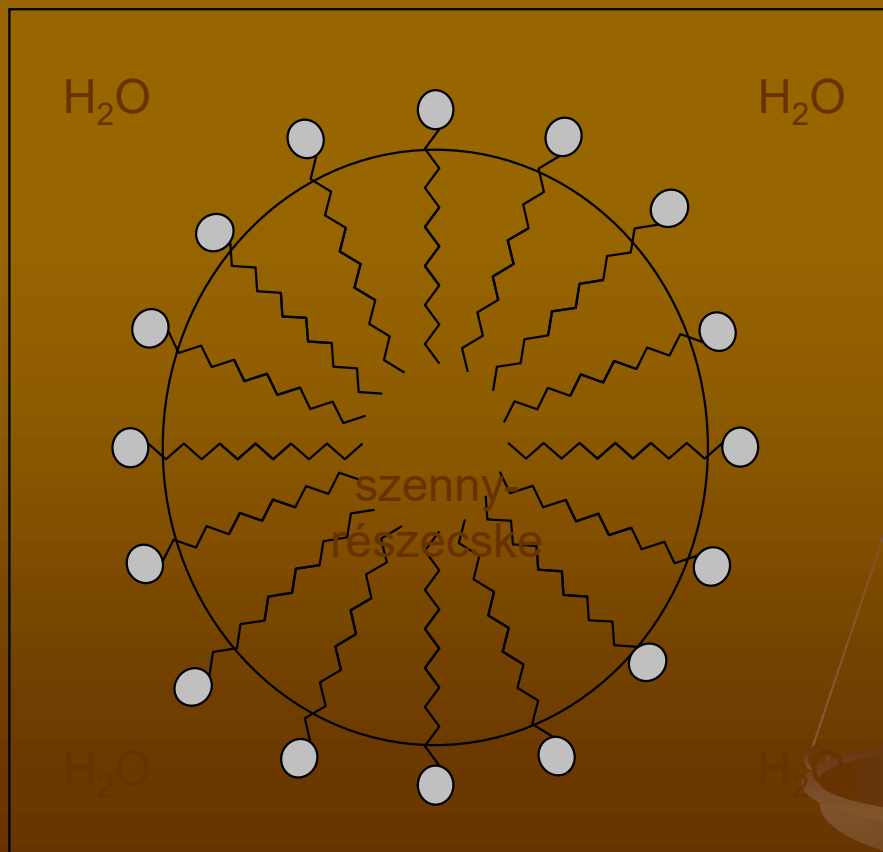
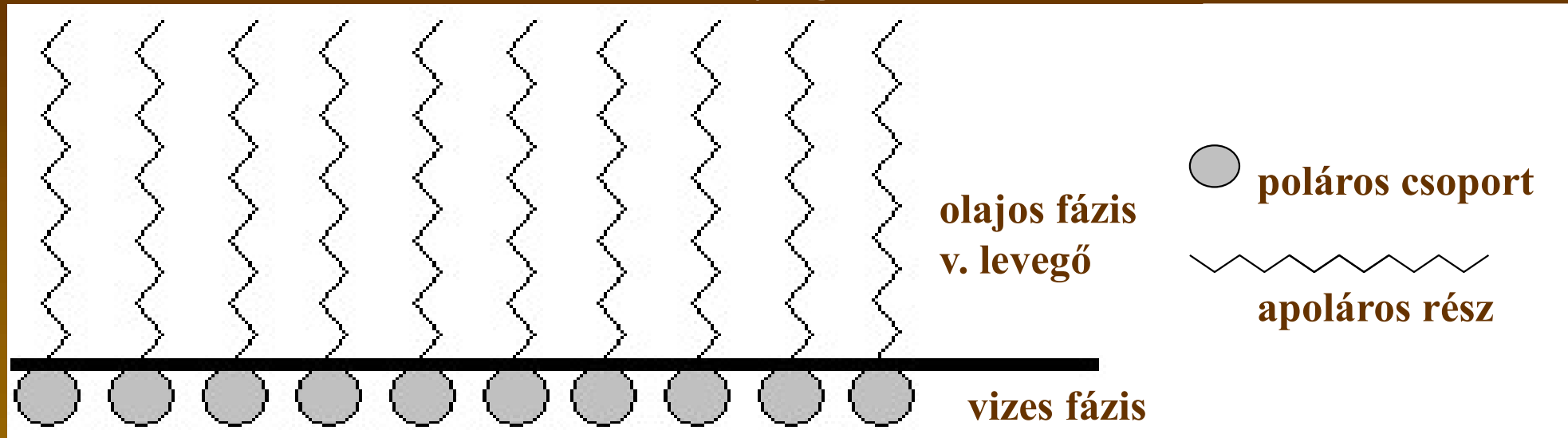
ADSZORBENSEK - KOLLOIDOK

A kolloidok tipikus nagy felületű anyagok, melyek felületükön jelentős mennyiségben képesek más anyagokat a felületükön megkötni.

- Sok apró szemcséből állnak (pl. kolloid oldat)
- Porózus anyagok (liogél, xerogél)

Azokat a kolloidokat, melyek felületükön oldószer molekulákat képesek megkötni, azok a liofil kolloidok, amelyek oldószer molekulákat nem képesek adszorbeálni, azok a liofób kolloidok.

17. Felületaktív anyagok és alkalmazásuk.

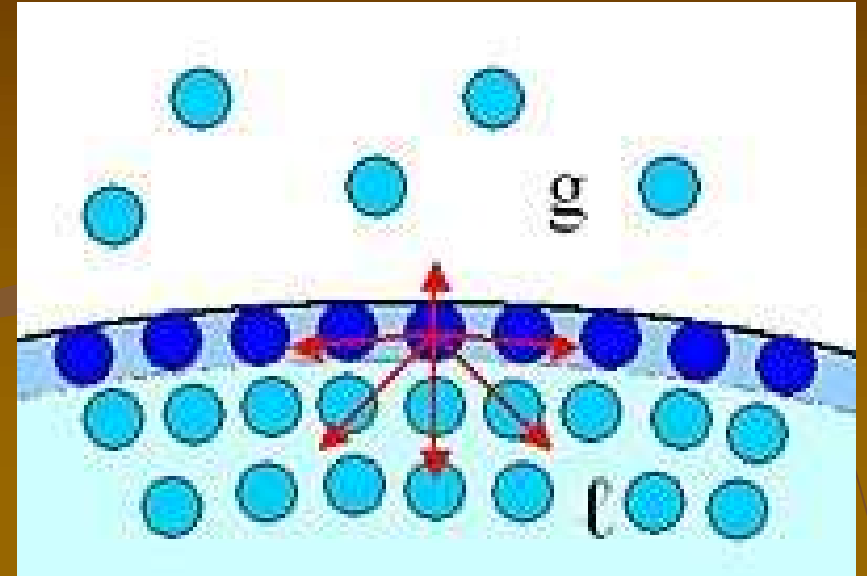


A felületről a detergens nedvesítő hatása választja le a szennyrészecskéket, és emulgeáló hatása tartja azokat emulzió formájában a vizes oldatban. Ezt a kettős hatást nevezzük együttesen **detergens hatásnak**.

A szennyezést asszociációs kolloid formában tartó micella

**Felület borításához kevés molekula is elég
kis mennyiség – nagy hatás**

Felület megváltoztatása
felületi feszültség csökkentése
HABKÉPZŐDÉS
habképződés gátlása
leszorítás pl. alkohol



Védőkolloid hatás – elválasztási probléma
(csapadék, emulzió)

Megszüntetés – a detergens elroncsolása
(oxidáció, mikrobák)

- a detergens kicsapása (Ca-szappan)
- detergenssek leszorítása (xiloxánok)

18. Víz és szennyvíztisztítás kémiai folyamatai

Csapadékképződés (FePO_4)

Kolloid megszüntetés (idő, felületi töltés megszüntetés: pH, polielektrolit)

Habzásgátlás (detergens)

Nitrifikáció, denitrifikáció (mikrobák)

Redukció (metánképződés – mikrobiológia)

Oxidáció klórozás, Hypo

Ivóvíztisztítás – adszorpció aktív szén

fertőtlenítés

mangán és vastalanítás (oxidáció – levegőztetés)



19. Szennyezések csapadékképzésen alapuló elválasztása

Rosszul oldható sók képzése – oldhatósági szorzat

Foszfát eltávolítás szennyvízből (FePO_4 , AlPO_4)

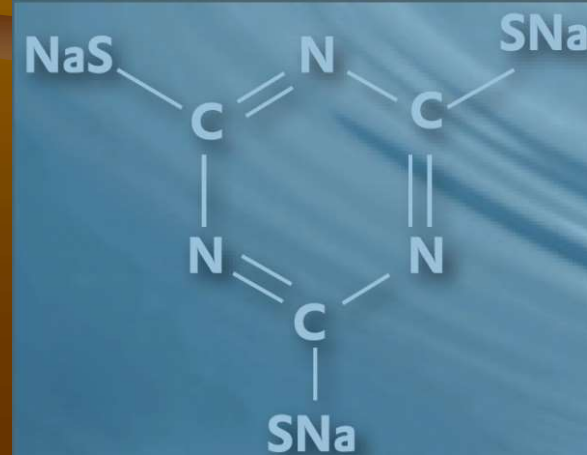


Nehézfémek kicsapása

rosszul oldható hidroxid formában

oxidációs állapot - oldhatóság

Trimercapto-s-triazin komplex formájában



Szennyezések csapadékképzésen alapuló elválasztása

Kolloid szennyezők eltávolítása (koaguláció)

Részecskék elektromos töltésének csökkentése

pH függvényében – H^+ ill OH^- ionok megkötődése

(izoelektromos pont)

Védőkolloidok (szerves makromolekulák, detergenssek)

elbontás (mikrobiológia – eleven iszap)

detergens megkötés polielektrolittal

Hídképző flokkuláció polimerrel

alacsony koncentrációban

(magasabb koncentrációban védőkolloid!)

