

Dr. Szalai István

egyetemi tanár

ELTE TTK Kémiai Intézet

Fémek és vegyületeik II.

A p- és a d-mező fémei

Kulcsfogalmak

A p-mező fémei

- **Az alumínium, az ón és az ólom tulajdonságai, vegyületei, előfordulása és felhasználása**

A d-mező elemei

- **vascsoport (Fe, Co, Ni)**
- **rézcsoport (Cu, Ag, Au)**
- **cink kadmium és higany**
- **egyéb átmemenetifém-vegyületek (KMnO_4)**

A p-mező fémei



Alumínium

- Al: $3s^2 3p^1$
- EN: 1,5
- lapcentrált kockarács
- jól megmunkálható (hengerezhető, nyújtható)
- Op. 660 °C (nehezen olvasztható meg: jó hővezető, nagy fajhő)
- sűrűsége alapján könnyűfém
- standardpotenciál negatív
- védőoxidréteg, levegőn eltartható

Alumínium

- Al^{3+} : nemesgáz konfiguráció (Ne: $2s^2 2p^6$), színtelen
- Reakció oxigénnel:
$$4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (exoterm, nagy aktiválási energia)}$$
- Reakció halogénekkal:
$$2 \text{Al} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{AlCl}_3$$
$$2 \text{Al} + 3 \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{AlI}_3$$
- Reakció vízzel:
$$2 \text{Al} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al(OH)}_3 + 3 \text{H}_2$$

(a védőoxidréteg megbontása után, a fenolftaleint nem színezi, mert az Al(OH)_3 rosszul oldódik)

Alumínium

- **Reakció savoldattal:**



- **Reakció lúgoldattal:**



- **Reakció tömény oxidáló savakban: passzíválódik**

Alumínium

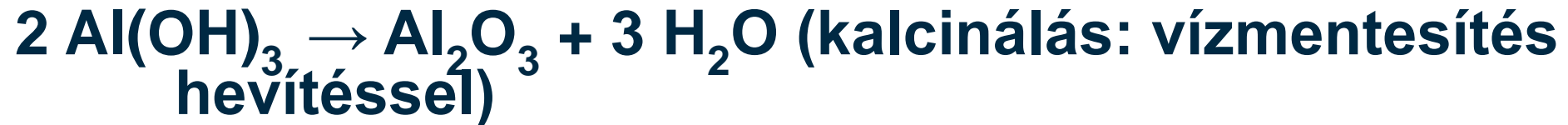
- **Termitreakció:**



- **Vegyületei általában színtelenek (fehérek), $\text{Al}(\text{OH})_3$ rosszul oldódik**
- **Előfordulás: bauxit $\text{AlO}(\text{OH})$, kriolit Na_3AlF_6 , korund Al_2O_3 , agyagok**
- **Felhasználás: repülőgépgyártás, építőipar, autóipar, fóliák, csövek, redukálószer**

Alumínium

- **Előállítás: bauxitból (vas(III)-vegyületek miatt vörös) timföld, majd olvadékelektrolízis**



- **kriolit (Na_3AlF_6) adagolásával kisebb hőmérsékleten végezhető az olvadékelektrolízis grafitkádban**



(CO/CO₂ keletkezik, az anódot pótolni kell)

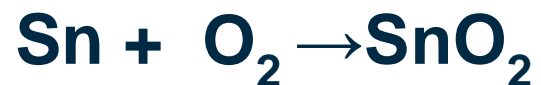
Ón és ólom

- Sn: $5s^25p^2$, Pb: $6s^26p^2$
- EN: 1,7 és 1,6
- Sn: hőmérsékletfüggő négyzetes vagy rombos, Pb: lapcentrált kockarács
- a négyzetes Sn jól megmunkálható, az ólom puha
- Op. Sn: 232 °C, Pb: 327 °C
- nehézfémek
- standardpotenciál negatív (Me^{2+}/Me)
- védőoxidréteg, levegőn eltarthatók

Ón és ólom

- Sn^{2+} ($5s^2 4d^{10}$) színtelen, Sn(IV) ($4d^{10}$) színtelen
- az Sn(II) jó redukálószer, az Sn(IV) stabilabb
- Pb^{2+} ($6s^2 5d^{10}$) színtelen, Pb(IV) ($5d^{10}$) színtelen
- az Pb(II) stabilabb, az Pb(IV) jó oxidálószer

- Reakció oxigénnel:



- Reakció halogénekkal:



- Reakció vízzel: nincs

- **Reakció savoldattal:**



az ólom felületén a sósav és a kénsav védőréteget alakít ki

- **Reakció lúgoldattal:**



- **Reakció tömény oxidáló savakban: az ólom feloldható nitrozus gázok keletkezése közben**

Ón és ólom

- Sn(II) jó redukálószer:



- Pb(IV) jó oxidálószer:



- Vegyületei színe az aniontól függően változik
- Előfordulás: ónkő SnO_2 , galenit PbS , cerusszit PbCO_3 , vörös ólomérc PbCrO_4

- **Előállítás: Sn elektrolízissel vagy szenes redukcióval**
- **Pb szenes redukcióval, előzetes pörkölés után**
- **vagy részleges pörköléssel:**
$$2 \text{PbO} + \text{PbS} \rightarrow 3 \text{Pb} + \text{SO}_2$$
- **Felhasználás:**
Sn konzervdoboz (fehér bádogg), ötvözetek
- **Pb vízvezetékcsövek, akkumulátorok, nyomda (régén)**

Az d-mező fémei

2

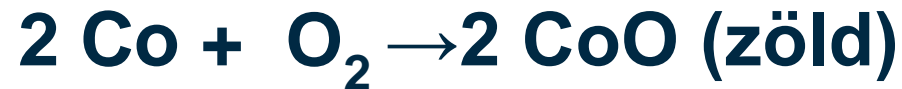
Vascsoport

- Fe: $4s^23d^6$, Co: $4s^23d^7$, Ni: $4s^23d^8$
- EN: 1,8
- Fe: tércentrált kockarács
Co: hexagonális rács
Ni: lapcentrált kockarács
- Fe csak izzó állapotban jól megmunkálható (lapcentrált kockarács), Co rosszul megmunkálható, Ni jól megmunkálható
- Op. magas (1500 °C körül)
- nehézfémek, ferromágnesek
- Fe korrodálódik, Co és Ni védőoxidréteg

Vascsoport

- Fe^{2+} ($3d^6$) halványzöld, Fe^{3+} ($3d^5$) halványsárga
a Fe(II) jó redukálószer, a Fe(III) stabilabb
Elektródpotenciálok: Fe(II)/Fe: -0,44V, Fe(III)/Fe: -0,04V,
Fe(III)/Fe(II): +0,77V
- Co^{2+} ($3d^7$) kék, Co^{3+} ($3d^6$) sötét (barna)
a Co(II) stabilabb
Elektródpotenciálok: Co(II)/Co: -0,27V, Co(III)/Co: +0,4V,
Co(III)/Co(II): +1,84V
- Ni^{2+} ($3d^8$) zöld, Ni^{3+} ($3d^7$) sötét
a Ni(II) stabilabb
Elektródpotenciálok: Ni(II)/Ni: -0,23V

- **Reakció oxigénnel:**



- **Reakció halogénekkal és kénnel:**



- **Reakció vízzel: a vörösen izzó vas bontja a vizet**

- **Reakció savoldattal:**



- **Reakció lúgoldattal: nincs**
- **Reakció tömény oxidáló savakban: passzíválódnak**
- **Jól oldódnak halogenidjeik, nitrátjaik, szulfátjaik**
- **Vegyületeik színe függ az ionjaik színétől és a kapcsolódó anion tulajdonságaitól**

Vascsoport

- Fe(II) jó redukálószer:



- Előfordulás:

hematit Fe_2O_3 , magnetit Fe_3O_4 , sziderit FeCO_3 , pirit FeS

- kobaltit CoAsS , szmaltit CoAs_2 , linneit Co_3S_4

- gersdorfit NiAsS_2 , nikkolit NiAs , millerit NiS

Vascsoport

- **Előállítás:** hidrogénes vagy elektrokémia redukcióval
- **Vasgyártás:** vasérc (pörkölés), koksz, salakképző anyag (pl. mészkő), levegő



- **közvetlen redukció**



- **indirekt redukció**



- **salakképződés:** meddőközet + salakképző



Vascsoport

Felhasználás:

- Fe eszközök, gépek készítése
- Co ötvözetek
- Ni ötvözetek, gombelemek
- **Biológiai jelentőség: enzimekben (katalitikus régió), hemoglobin**

Rézcsoport

- **Cu: $4s^1 3d^{10}$, Ag: $5s^1 4d^{10}$, Au: $6s^1 5d^{10}$**
- **EN: 1,9 (Cu és Ag), 2,4 Au**
- **lapcentrált kockarács**
- **jól megmunkálhatóak**
- **Op. 1000 °C körül**
- **nehézfémek**
- **levegőn CuO (fekete) vagy $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$ (zöld)**



Rézcsoport

- Cu^+ ($3d^{10}$) színtelen, Cu^{2+} ($3d^9$) kék (hidratált formában)
- Ag^+ ($4d^{10}$) színtelen
- Au^+ ($5d^{10}$) színtelen, Au^{3+} ($5d^8$) sárga
- Standardpotenciál pozitív
- Reakció oxigénnel:
$$2 \text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO} \text{ (fekete)}$$
- Nincs reakció vízzel, híg savoldatokkal, és lúgoldattal

Rézcsoport

- **Reakció tömény oxidáló savakban: Cu és Ag oldódik (SO_2 vagy nitrogén-oxidok keletkezése)**
- **Az Au csak $\text{ccHCl}:\text{ccHNO}_3$ 3:1 térfogat-arányú elegyében (királyvíz)**
- **Vegyületeik színe függ a kapcsolódó anion tulajdonságaitól (polarizálhatóság)**
- **A réz(II)-szulfát, réz(II)-nitrát, réz(II)-klorid és az ezüst-klorid jól oldódik vízben**

- A Cu(II) és az Ag(I) reakció nátrium-hidroxiddal és ammóniával



Rézcsoport

-
- **Előfordulás:**
kalkopirit CuFeS_2 , kuprit Cu_2O , argentit Ag_2S , az arany elemi állapotban
- **Előállítás**
$$2 \text{Cu}_2\text{O} + \text{Cu}_2\text{S} \rightarrow 6 \text{Cu} + \text{SO}_2$$
- az ezüstöt NaCN komplexbe viszik és cinkkel redukálják
- **Felhasználás:**
Cu bronzok, sárgaréz, elektronika
- Ag ékszerek
- Au ékszerek, félvezetőipar

Cinkcsoport

- Zn: $4s^23d^{10}$, Cd: $5s^24d^{10}$, Hg: $6s^25d^{10}$
- EN: 1,6 Zn, 1,7 Cd és 1,9 Hg
- hatszöges
- Zn rideg, Cd puhább a Zn-nél, Hg folyadék
- Op. a d-mezőben a legalacsonyabb
- nehézfémek
- levegőn védőoxidréteg (Zn, Cd), Hg eltartható

Cinkcsoport

- Zn^{2+} ($3d^{10}$) színtelen, Cd^{2+} ($4d^{10}$) színtelen
- Hg_2^{2+} ($4s^1 5d^{10}$) színtelen, Hg^{2+} ($5d^{10}$) színtelen
- standardpotenciál negatív (Zn, Cd), pozitív (Hg)

- Reakció oxigénnel:



- Reakció egyéb nemfémekkel:



Cinkcsoport

- Nincs reakció vízzel
- Híg savoldattal a higany nem reagál
$$\text{Zn} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 \quad \text{Cd} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{H}_2$$
- Reakció tömény oxidáló savakban: oldódnak (SO₂ vagy nitrogén-oxidok keletkezése)
- Lúgoldattal: csak a Zn reagál
$$\text{Zn} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2$$
- A kloridok, nitrátok és szulfátok jól oldódnak vízben

Cinkcsoport

- **Előfordulás:**
cinkpát ZnCO_3 , szfalerit ZnS , cinnabarit HgS
- **Előállítás**
- **Zn pörkölés után szenes redukcióval, kénsavas oldatból elektrolízissel**
- **Cd elektrolízissel**
- **Hg pörköléssel $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$**

Cinkcsoport

- **Felhasználás:**
 - Zn szárazelem, horganyzott bádóg, ötvözetek**
 - Cd ötvözetek, atomreaktorokban (neutronelnyelő)**
 - Hg amalgám, hőmérők (régebben)**
- **Élettani hatás: Zn enzimek fontos alkotórésze, Cd mérgező (beépül a Zn helyére)**
- **Hg mérgező minden formában: elemi higany, szervetlen higany sók, szerves higanyvegyületek. A higany sók elsődleges támadás pontja a vese. Az elemi higany és a szerves higanyvegyületek elsősorban a központi idegrendszert károsítják.**

Kálium-permanganát

KMnO_4

- lila, kristályos anyag, vízben jól oldódik, vizes oldata fertőtlenítő hatású, erős oxidálószer
- hevítésre bomlik:
- $2 \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$
- reakció tömény sósavval
- $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{KCl} + 2 \text{MnCl}_2 + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{Cl}_2$
- reakció vas(II)-ionokkal
- $5 \text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$

Fémek és vegyületeik II.

Kiegészítések

A vascsoport néhány vegyülete

**FeS fekete, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ zöld, FeO fekete, Fe_2O_3 vörösbarna,
 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ vörös, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ sárga**

**CoS fekete, $\text{Co}(\text{OH})_2$ rózsaszín, CoO zöld, $\text{Co}(\text{OH})_3$
barnásfekete, Co_2O_3 sötétbarna**

NiS fekete, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ zöld, NiO zöld, $\text{Ni}(\text{OH})_3$ fekete

A rézcsoport néhány vegyülete

$\text{Cu}(\text{OH})_2$ kék, CuO fekete, Cu_2O vörös, CuCl fehér, CuCl_2 zöld, CuSO_4 kék (a vízmentes fehér), CuS fekete

Ag_2O barna, AgCl , fehér, AgBr sárgásfehér, AgI sárga, Ag_3PO_4 sárga, Ag_2CO_3 fehér, Ag_2CrO_4 vörös, Ag_2S fekete

$\text{Au}(\text{OH})_3$ sárga

A cinkcsoport néhány vegyülete

ZnS fehér, ZnI_2 halványsárga, CdS sárga, HgS vörös, HgO sárga, HgI_2 téglavörös, $HgCO_3$ okkersárga

Klasszikus fényképezés

- **exponálás: $\text{AgBr} \rightarrow \text{Ag} + \frac{1}{2} \text{Br}_2$ (fény hatására)**
- **előhívás: $\text{AgBr} + \text{redukálószer (pl. hidrokinon)} \rightarrow \text{Ag}$
(az exponálás során részben bontott AgBr szemcsék gyorsabban redukálódnak)**
- **rögzítés (a megmaradt AgBr eltávolítása):**
$$\text{AgBr} + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \hat{=} [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} + \text{Br}^-$$
- **A negatív kép ott sötét (Ag) ahol fény érte, ezt átvilágítva készül a pozitív kép (az előző technikával)**