

# A d-mező elemei

**Periodic Table of the Elements**

GROUP 1																		18
1	2											13	14	15	16	17	2	
1 <b>H</b> 1.0079												5 <b>B</b> 10.811	6 <b>C</b> 12.011	7 <b>N</b> 14.007	8 <b>O</b> 15.999	9 <b>F</b> 18.998	10 <b>Ne</b> 20.180	
3 <b>Li</b> 6.941	4 <b>Be</b> 9.0122											13 <b>Al</b> 26.982	14 <b>Si</b> 28.086	15 <b>P</b> 30.974	16 <b>S</b> 32.066	17 <b>Cl</b> 35.453	18 <b>Ar</b> 39.948	
11 <b>Na</b> 22.990	12 <b>Mg</b> 24.305	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
19 <b>K</b> 39.098	20 <b>Ca</b> 40.078	21 <b>Sc</b> 44.956	22 <b>Ti</b> 47.867	23 <b>V</b> 50.942	24 <b>Cr</b> 51.996	25 <b>Mn</b> 54.938	26 <b>Fe</b> 55.845	27 <b>Co</b> 58.933	28 <b>Ni</b> 58.693	29 <b>Cu</b> 63.546	30 <b>Zn</b> 65.39	31 <b>Ga</b> 69.723	32 <b>Ge</b> 72.61	33 <b>As</b> 74.922	34 <b>Se</b> 78.96	35 <b>Br</b> 79.904	36 <b>Kr</b> 83.80	
37 <b>Rb</b> 85.468	38 <b>Sr</b> 87.62	39 <b>Y</b> 88.906	40 <b>Zr</b> 91.224	41 <b>Nb</b> 92.906	42 <b>Mo</b> 95.94	43 <b>Tc</b> 98.906*	44 <b>Ru</b> 101.07	45 <b>Rh</b> 102.91	46 <b>Pd</b> 106.42	47 <b>Ag</b> 107.87	48 <b>Cd</b> 112.41	49 <b>In</b> 114.82	50 <b>Sn</b> 118.71	51 <b>Sb</b> 121.76	52 <b>Te</b> 127.60	53 <b>I</b> 126.90	54 <b>Xe</b> 131.29	
55 <b>Cs</b> 132.91	56 <b>Ba</b> 137.33	57 <b>La</b> 138.91	72 <b>Hf</b> 178.49	73 <b>Ta</b> 180.95	74 <b>W</b> 183.84	75 <b>Re</b> 186.21	76 <b>Os</b> 190.23	77 <b>Ir</b> 192.22	78 <b>Pt</b> 195.8	79 <b>Au</b> 196.97	80 <b>Hg</b> 200.59	81 <b>Tl</b> 204.38	82 <b>Pb</b> 207.2	83 <b>Bi</b> 208.98	84 <b>Po</b> 209.98*	85 <b>At</b> 209.99*	86 <b>Rn</b> 222.02*	
87 <b>Fr</b> 223.02	88 <b>Ra</b> 226.03*	89 <b>Ac</b> 227.03	104 <b>Rf</b> (261)	105 <b>Db</b> (262)	106 <b>Sg</b> (266)	107 <b>Bh</b> (262)	108 <b>Hs</b> (269)	109 <b>Mt</b> (266)	110 (273)	111 (272)	112 (294)							

★Lanthanide series

58 <b>Ce</b> 140.12	59 <b>Pr</b> 140.91	60 <b>Nd</b> 144.24	61 <b>Pm</b> 146.92*	62 <b>Sm</b> 150.36	63 <b>Eu</b> 151.96	64 <b>Gd</b> 157.25	65 <b>Tb</b> 158.93	66 <b>Dy</b> 162.50	67 <b>Ho</b> 164.93	68 <b>Er</b> 167.26	69 <b>Tm</b> 168.93	70 <b>Yb</b> 173.04	71 <b>Lu</b> 174.97
---------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

▲Actinide series

90 <b>Th</b> 232.04*	91 <b>Pa</b> 231.04*	92 <b>U</b> 238.03	93 <b>Np</b> 237.05*	94 <b>Pu</b> 239.05*	95 <b>Am</b> 241.06*	96 <b>Cm</b> 244.06*	97 <b>Bk</b> 249.08*	98 <b>Cf</b> 252.08*	99 <b>Es</b> 252.08*	100 <b>Fm</b> 257.10*	101 <b>Md</b> 258.10*	102 <b>No</b> 259.10*	103 <b>Lr</b> 262.11*
----------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

# A d-mező elemei

Elem	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Elektronkonfiguráció [Ar]...	$3d^1 4s^2$	$3d^2 4s^2$	$3d^3 4s^2$	$3d^5 4s^1$	$3d^5 4s^2$	$3d^6 4s^2$	$3d^7 4s^2$	$3d^8 4s^2$	$3d^{10} 4s^1$	$3d^{10} 4s^2$
Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	3,2	4,5	6,0	7,1	7,4	7,9	8,7	8,9	8,9	7,1
Olvadáspont [K]	1673	1950	2190	2176	1517	1812	1768	1728	1356	693
Forráspont [K]	2750	3550	3650	2915	2314	3160	3150	3110	2855	1181

### Forráspontok

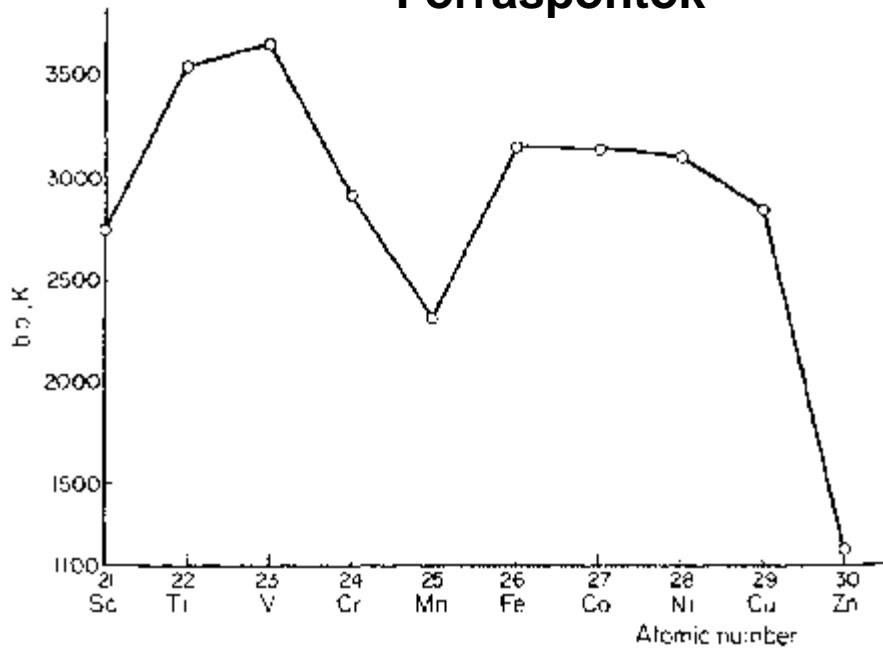
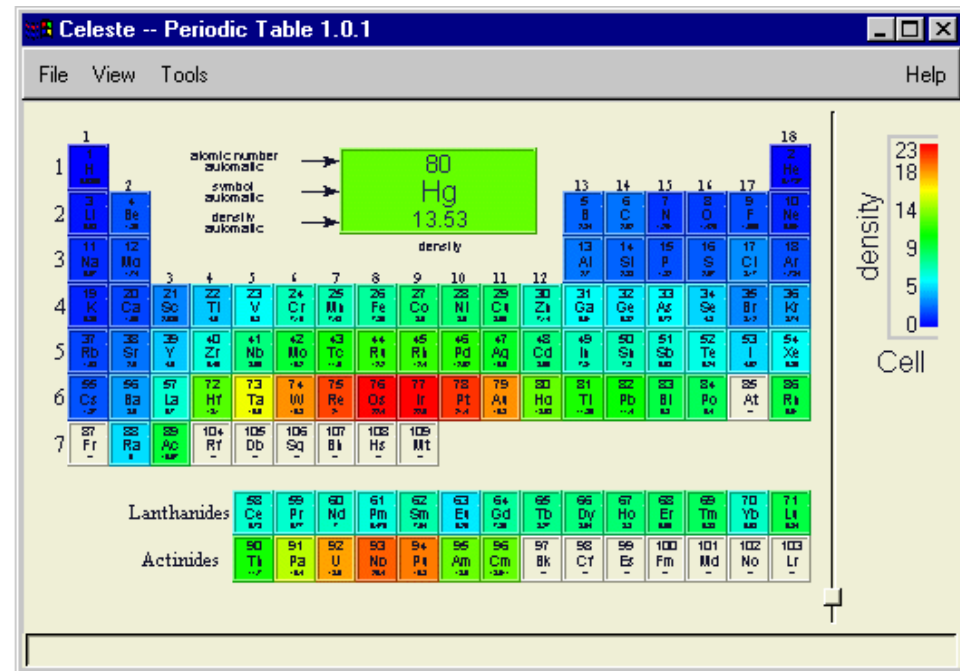


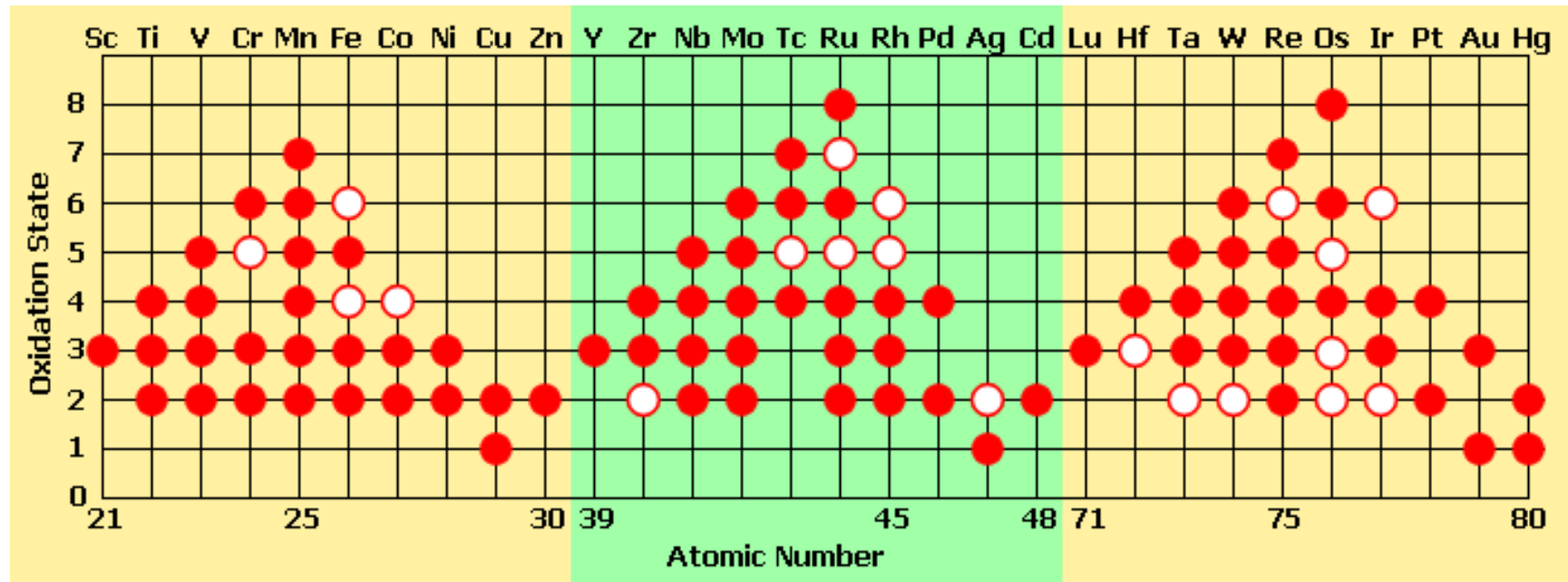
Figure 13.1 Graph of b.p. against atomic number for the first transition series

### Sűrűség



# A d-mező elemei

Jellemző oxidációs számok



# Szkandium, Ittrium, Lantán, Aktínium

20.1. táblázat. A 3. csoport elemeinek néhány tulajdonsága.

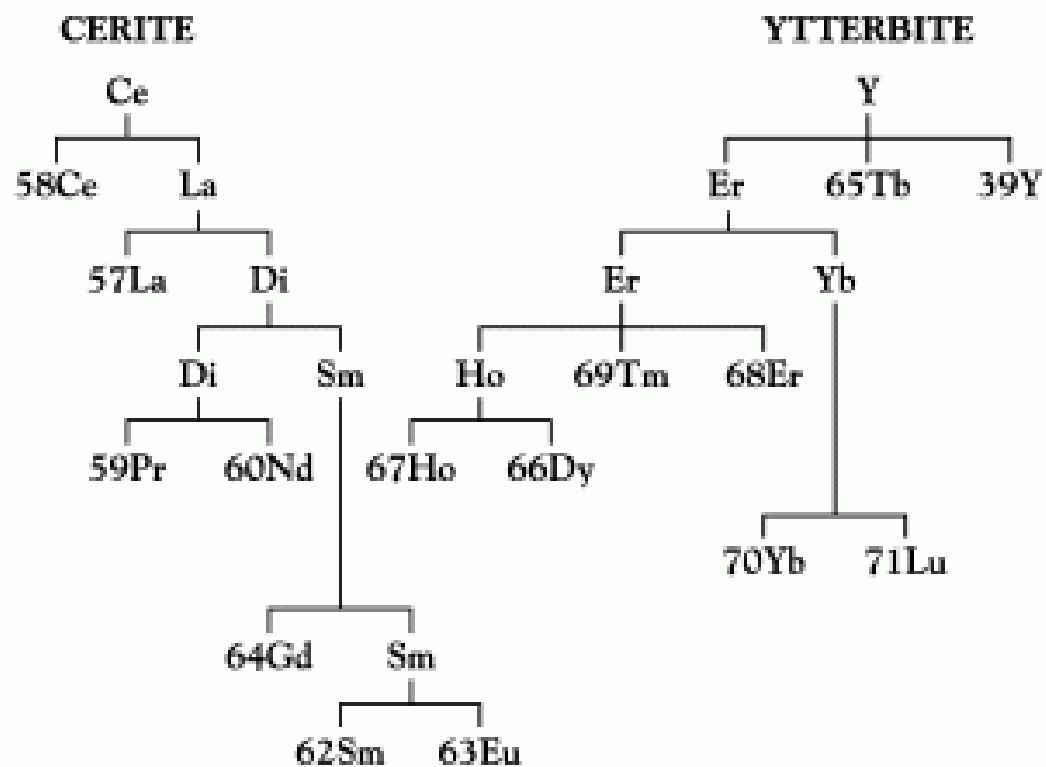
Forrás: Greenwood-Earnshaw: Az elemek kémiája

Tulajdonság	Sc	Y	La	Ac
Rendszám	21	39	57	89
Természetes izotópok száma	1	1	2	(2)
Relatív atomtömeg	44,955910(9)	88,90585(2)	138,9055(2)	227,0278 <sup>(a)</sup>
Elektronkonfiguráció	[Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	[Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	[Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	[Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>
Elektronegativitás	1,3	1,2	1,1	1,1
Fématom sugár ( <i>N</i> = 12) (pm)	162	180	187	–
Ionsugár ( <i>N</i> = 6) (pm)	74,5	90,0	103,2	112
$E^\circ(M^{3+} + 3e = M(s))(V)$	–2,03	–2,37	–2,37	–2,6
Olvadáspont (°C)	1539	1530	920	817
Forráspont (°C)	2748	3264	3420	2470
Olvadáshő (kJ·mol <sup>–1</sup> )	15,77	11,5	8,5	(10,5)
Párolgáshő (kJ·mol <sup>–1</sup> )	332,71	367	402	(293)
Atomizációs hő (kJ·mol <sup>–1</sup> )	376 (±20)	425 (±8)	423 (±6)	–
Sűrűség (20°C) (g·cm <sup>–3</sup> )	3,0	4,5	6,17	–
Fajlagos ellenállás (20°C) (μohm·cm)	50–61	57–70	57–80	–

<sup>(a)</sup> Ez a legnagyobb felezési idejű izotópra (<sup>227</sup>Ac) vonatkozó érték

**Felfedezés:** Sc: 1879 Nilsen (név Skandináviáról), tiszta előállítás 1960(!)  
 Y: 1794 Gadolin (név Ytterby svéd városról), eá: 1828 Wöhler  
 La: 1824 Mosander, eá: 1923 (név: a görög „rejtőzködő” szóból)  
 Ac: 1899 Debierne (uránérből, radioaktív: 21,77 év felezési idő)

## SEPARATION OF THE LANTHANIDES (1794-1907)



<http://acswebcontent.acs.org/landmarks/landmarks/rareearth/therareearths.html>

# Szkandium, Ittrium, Lantán, Aktínium

**Előfordulás:** Nem ritkák, de kevésbé koncentráálódtak  
**Ásványok**



Thortveitit  $(\text{Sc}, \text{Y})_2\text{Si}_2\text{O}_7$



Gadolinit  $\text{Y}_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$



Monazit  $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})\text{PO}_4$



Bastnaezit  $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})\text{CO}_3\text{F}$

## Felhasználás:

Sc: lézerkristályok

Y: lézerkristályok (Pl. YAG:  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ), magas hőmérsékletű szupravezetők

TV képernyők vörös színe

La: nagy törésmutatójú üvegek

<http://www.polcirkelsten.com/Utst%E4llning-Ruotevare-jmk-mineral.htm>

# Titán, Cirkónium, Hafnium

21.1 táblázat. A 4. csoport elemeinek fontosabb jellemzői.

Tulajdonság	Ti	Zr	Hf
Rendszám	22	40	72
A természetes izotópok száma	5	5	6
Atomtömeg	47,867(1)	91,224(2)	178,49(2)
Elektronkonfiguráció	[Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	[Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>
Elektronegativitás	1,5	1,4	1,3
Fématomsugár (pm)	147	160	159
Ionsugár ( <i>N</i> = 6)(pm)			
M(IV)	60,5	72	71
M(III)	67,0	–	–
M(II)	86	–	–
Olvadáspont (°C)	1667	1857	2222 (vagy 2467)
Forráspont (°C)	3285	4200	4450
Olvadáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	18,8	19,2	(25)
Párolgáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	425(±11)	567	571(±25)
Atomizációshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	469(±4)	612(±11)	611(±17)
Sűrűség (25 °C) (g·cm <sup>-3</sup> )	4,50	6,51	13,28
Fajlagos ellenállás (20 °C) (μohm·cm)	42,0	40,0	35,1

**Felfedezés:** Ti: 1791 és 94 Gregor és Klaproth, előállítás: 1825 Berzelius

Zr: 1789: Klaproth , eá: 1824 Berzelius

Hf: 1922 Coster és Hevesy György (név: Koppenhága latin neve után)

# Titán, Cirkónium, Hafnium

**Előfordulás:** Nem ritkák, Ti a 9. leggyakoribb elem a földkéregben!

## Ásványok



Ilmenit  $\text{FeTiO}_3$



rutil  $\text{TiO}_2$

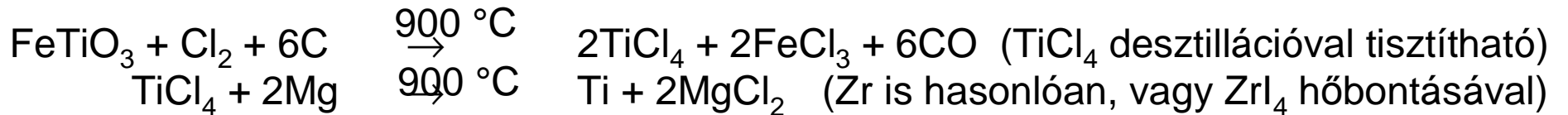


zirkón  $\text{ZrSiO}_4$   
(alvit Hf-tart.)



baddeleyit (bedeliit)  $\text{ZrO}_2$

## Előállítás:



## Felhasználás, vegyületek:

**Ti:** nagy szilárdságú fém, korrózióval szemben ellenálló → ötvöző, szerkezeti anyag

**TiO<sub>2</sub>:** fehér festék

**TiCl<sub>4</sub>:** Levegőn hidrolizál, AlR<sub>3</sub>-mal együtt katalizátorként használják

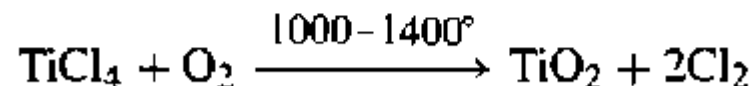
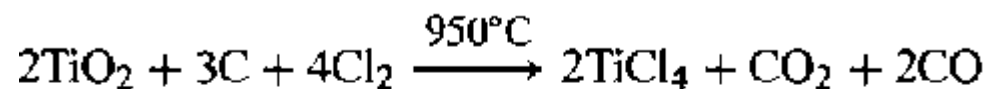


# Titán, Cirkónium, Hafnium

## A világ TiO<sub>2</sub> termelése

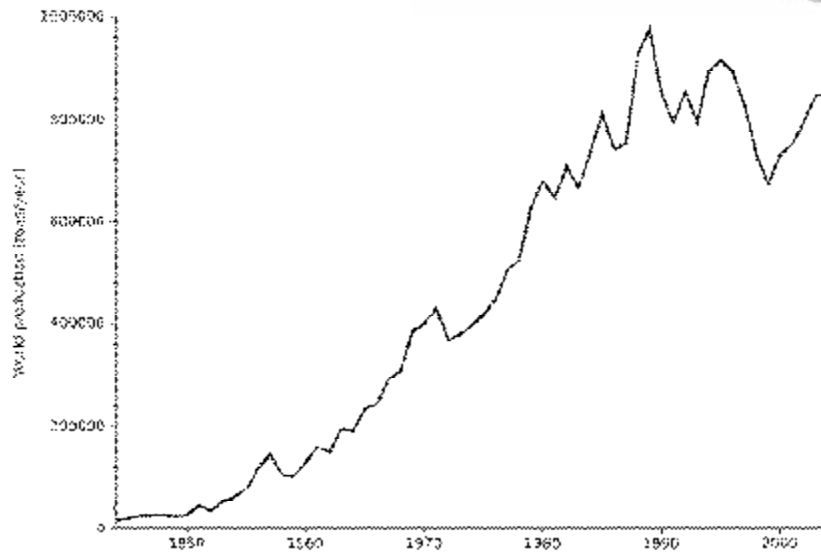
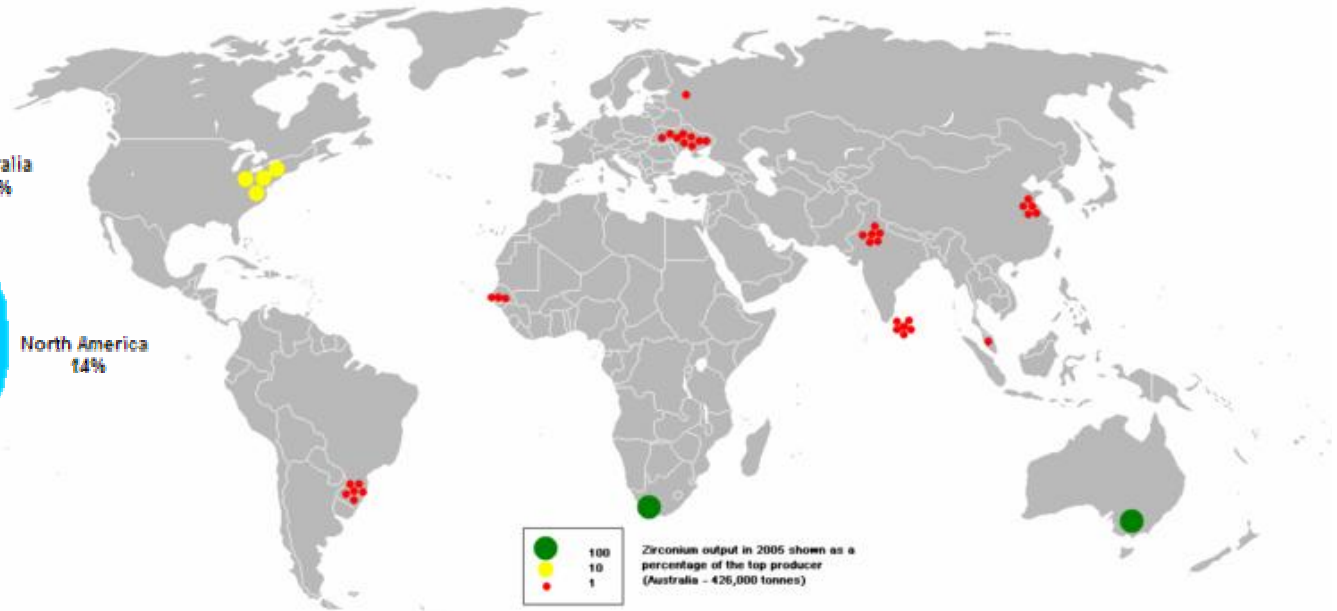
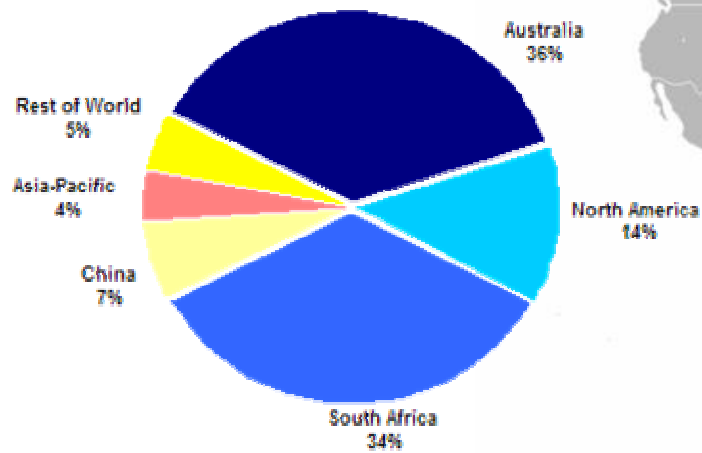
**Table A** Annual world production of TiO<sub>2</sub>

Year	1925	1937	1975	1993
TiO <sub>2</sub> /tonnes	5000	100 000	2 000 000	3 730 000





# Zirkónium-gyártás



## Felhasználás:

**Zr:** korrozióálló bevonatok/ötvözetek

**ZrO<sub>2</sub>:** kerámia, optikai elemek, kemencék, műfog

**ZrCl<sub>4</sub>:** katalizátor

# Vanádium, Nióbium, Tantál

**22.1. táblázat.** Az 5. csoport elemeinek néhány tulajdonsága.

Tulajdonság	V	Nb	Ta
Rendszám	23	41	73
A természetes izotópok száma	2	1	2
Atomtömeg	50,9415(1)	92,90638(2)	180,9479(1)
Elektronkonfiguráció	[Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	[Kr]4d <sup>3</sup> 5s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>
Elektronegativitás	1,6	1,6	1,5
Fématomsugár ( <i>N</i> =12, pm)	134	146	146
Ionsugár ( <i>N</i> = 6, pm)			
V	54	64	64
IV	58	68	68
III	64	72	72
II	79	–	–
Olvadáspont (°C)	1915	2468	2980
Forráspont (°C)	3350	4758	5534
Olvadáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	17,5	26,8	24,7
Párolgáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	459,7	680,2	758,2
Atomizációs hő (egyatomos gáz) (kJ·mol <sup>-1</sup> )	510(±29)	724	782(±6)
Sűrűség (20 °C) (g·cm <sup>-3</sup> )	6,11	8,57	16,65
Fajlagos ellenállás (20 °C) (μohm·cm)	-25	-12,5	(12,4)

**Felfedezés:** V: 1830 Sefström (név Vanadis istennőről), előállítás: 1867 Roscoe

Ta: 1802 Ekeberg, 1844 Rose

Nb: 1802 Ekeberg, 1844 Rose

(Ekeberg a Nb-ot és a Ta-t egy új elemnek hitte)

# Vanádium, Nióbbium, Tantal

## Ásványok



patronit,  $VS_4$



vanadinit,  $PbCl_2 \cdot 3Pb_3(VO_4)_2$



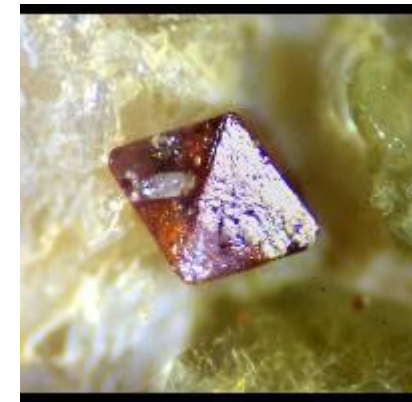
columbit  $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$   
tantalit  $(Fe,Mn)Ta_2O_6$

## Felhasználás:

**V:** ötvöző ( $V_4C_3$  magas hőmérsékletet bíró acélok, rugók)

**$V_2O_5$ :** kénsavgyártásban katalizátor

**Nb, Ta:** szupravezető mágnesek, ötvözők



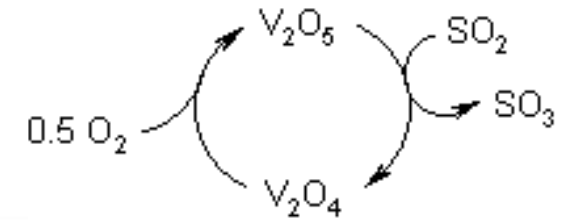
piroklór  
 $(Ca,Na)_2Nb_2O_6(OH,F)$

# Vanádium, Nióbium, Tantal

22.3. táblázat. A fémek 5. csoportjának oxidjai.

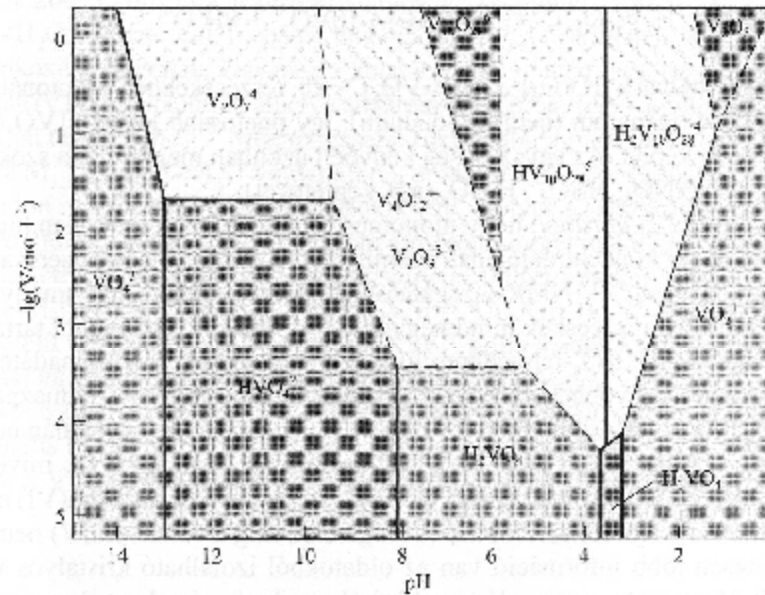
Oxidációs állapot	+5	+4	+3	+2
V	$V_2O_5$	$VO_2$	$V_2O_3$	$VO$
Nb	$Nb_2O_5$	$NbO_2$	–	$NbO$
Ta	$Ta_2O_5$	$TaO_2$	–	( $TaO$ )

## Kénsavgyártás $V_2O_5$ katalizátor



Vegyes összetételű fázisok is ® sokféle összetételű oxidok

## Vanadátok, polivanadátok



22.2. ábra. A különböző vanadát- és polivanadát-részecskék előfordulása a pH és a teljes vanádiumkoncentráció függvényében.

# Vanádium, Nióbbium, Tantál

**22.4. táblázat.** A vanádium, nióbbium és tantál szulfidjai.

$V_3S$	$Nb_{21}S_8$	$Ta_6S$	$V_2S_3$	–	–
–	–	$Ta_2S$	$V_5S_8$	$Nb_{1+x}S_2$	$Ta_{1+x}S_2$
$V_3S^4$	–	–	–	$NbS_2$	$TaS_2$
$VS$	$NbS_{1-x}$	$TaS$	–	$NbS_3$	$TaS_3$
$V_7S_8$	–	–	$VS_1$	–	–
$V_3S_4$	$Nb_3S_4$	–			

**22.5. táblázat.** A vanádium, nióbbium és a tantál szelenidjei és telluridjai.

$V_2Se$	–	–	–	–	–
$V_5Se_4$	$Nb_5Se_4$	–	$V_5Te_4$	$Nb_5Te_4$	–
$VSe$	$NbSe$	–	$VTe_{1+x}$	–	$TaTe$
$V_7Se_8$	–	–	–	–	–
$V_3Se_2$	$Nb_3Se_4$	–	$V_3Te_4$	$Nb_3Te_4$	–
$(V_2Se_3)$	$Nb_2Se_3$	$Ta_2Se_3$	$V_2Te_3$	–	–
$V_5Se_8$	–	–	$V_5Te_8$	–	–
–	$Nb_{1+x}Se_2$	$Ta_{1+x}Se_2$	$V_{1+x}Te_2$	$Nb_{1+x}Te_2$	$Ta_{1+x}Te_2$
$VSe_2$	$NbSe_2$	$TaSe_2$	$VTe_2$	$NbTe_2$	$TaTe_2$
–	–	$TaSe_3$	–	–	–
–	$NbSe_4$	–	–	$NbTe_4$	$TaTe_4$

# Vanádium, Nióbium, Tantál

22.6. táblázat. A vanádium, a nióbium és a tantál halogenidjei<sup>(1)</sup> (op, fp °C-ban).

Oxidációs állapot	Fluoridok	Kloridok	Bromidok	Jodidok
+5	VF <sub>5</sub> színtelen op. 19,5°C, fp. 48,3°C	–	–	–
	NbF <sub>5</sub> fehér op. 79°C, fp. 234°C	NbCl <sub>5</sub> sárga op. 203°C, fp. 247°C	NbBr <sub>5</sub> narancs op. 254°C, fp. 360°C	NbI <sub>5</sub> bronzszínű
	TaF <sub>5</sub> fehér op. 97°C, fp. 229°C	TaCl <sub>5</sub> fehér op. 210°C, fp. 233°C	TaBr <sub>5</sub> halványsárga op. 280°C, fp. 345°C	TaI <sub>5</sub> fekete op. 496°C, fp. 543°C
+4	VF <sub>4</sub> zöld (szubl. >150°C)	VCl <sub>4</sub> vörösbarva op. –26°C, fp. 148°C	VBr <sub>2</sub> bíborvörös (bomlik –23°C)	–
	NbF <sub>4</sub> fekete (bomlik >350°C)	NbCl <sub>4</sub> ibolyásfekete	NbBr <sub>4</sub> sötétbarva	NbI <sub>4</sub> sötétszürke op. 503°C
	–	TaCl <sub>2</sub> fekete	TaBr <sub>4</sub> sötétkék	TaI <sub>4</sub>
+3	VF <sub>3</sub> sárgászöld op. 800°C	VCl <sub>3</sub> vörösesibolya	VBr <sub>3</sub> szürkésbarva	VI <sub>3</sub> barnásfekete
	NbF <sub>3</sub> (?) kék	NbCl <sub>3</sub> fekete	NbBr <sub>3</sub> sötétbarva	NbI <sub>3</sub>
	TaF <sub>3</sub> (?) kék	TaCl <sub>3</sub> fekete	TaBr <sub>3</sub>	–
–2	VF <sub>2</sub> kék	VCl <sub>2</sub> halványzöld (szubl. 910°C)	VBr <sub>2</sub> narancsosbarva (szubl. 800°C)	VI <sub>2</sub> vörösesibolya

<sup>(1)</sup> A Nb és a Ta számos többmagnvú halogenidet képez, melyekben a fém oxidációs száma nem egész szám (lásd a szöveget).



# Króm, Molibdén, Volfrám

23.1. táblázat. A 6. csoport elemeinek tulajdonságai.

Tulajdonság	Cr	Mo	W
Rendszám	24	42	74
Természetes izotópok száma	4	7	5
Atomtömeg	51,9961(6)	95,94(1)	183,84(1)
Elektronkonfiguráció	[Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	[Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>
Elektronegativitás	1,6	1,8	1,7
Fémes sugár ( <i>N</i> = 12)(pm)	128	139	139
Ionsugár ( <i>N</i> = 6)(pm)	VI V IV III II <sup>(a)</sup>	44 59 61 65 69	59 60 62 66 –
Olvadáspont (°C)	1900	1620	3422
Forráspont (°C)	2690	4650	(5500)
Olvadáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	21(±2)	28(±3)	(35)
Párolgáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	342(±6)	590(±21)	824(±21)
Atomizációs hő(cyatomos gáz)(kJ·mol <sup>-1</sup> )	397(±3)	664(±13)	849(±13)
Sűrűség (20 °C)(g·cm <sup>-3</sup> )	7,14	10,28	19,3
Fajlagos ellenállás (20 °C) (μohm·cm)	13	–5	~5

<sup>(a)</sup>A sugár függ attól, hogy a Cr(II) kis spinszámú (ks) vagy nagy spinszámú (ns).

**Felfedezés:** Cr: 1797 Vauquelin

Mo: 1778 Scheele, előállítás: 1792 Hjelm

W: 1781 Scheele és Bergman, előállítás: 1792 Hjelm

# Króm, Molibdén, Volfrám

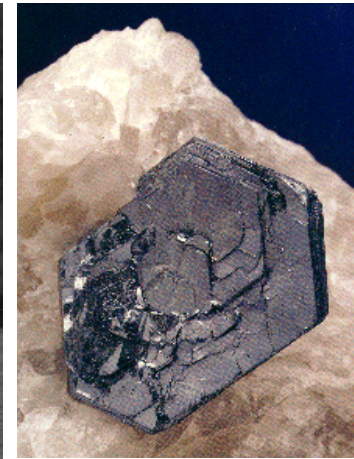
## Ásványok



kromit,  $(\text{Fe},\text{Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$



krokoit,  $\text{PbCrO}_4$



molibdenit,  $\text{MoS}_2$  powellit,  $\text{Ca}(\text{Mo},\text{W})\text{O}_4$



wulfenit,  $\text{PbMoO}_4$



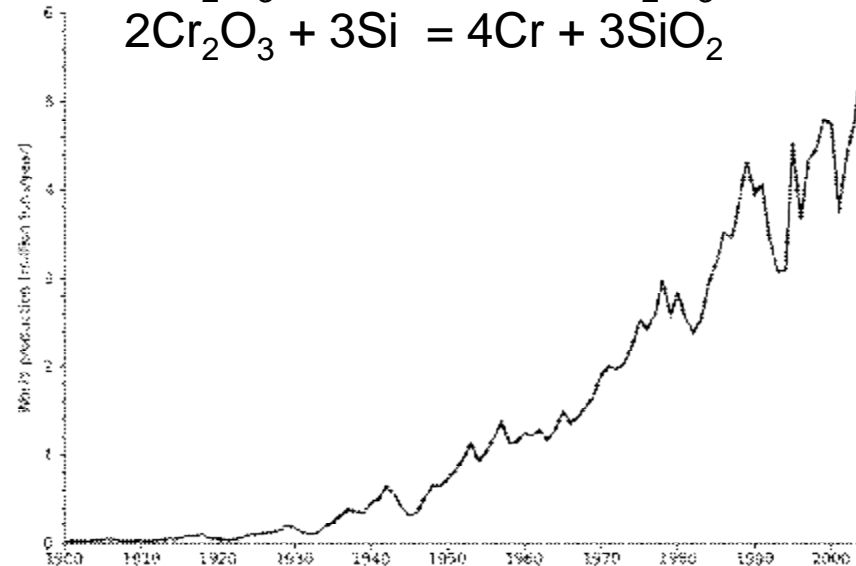
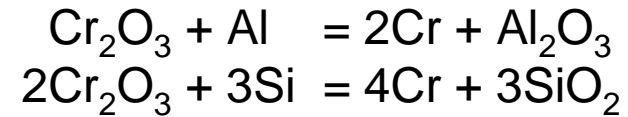
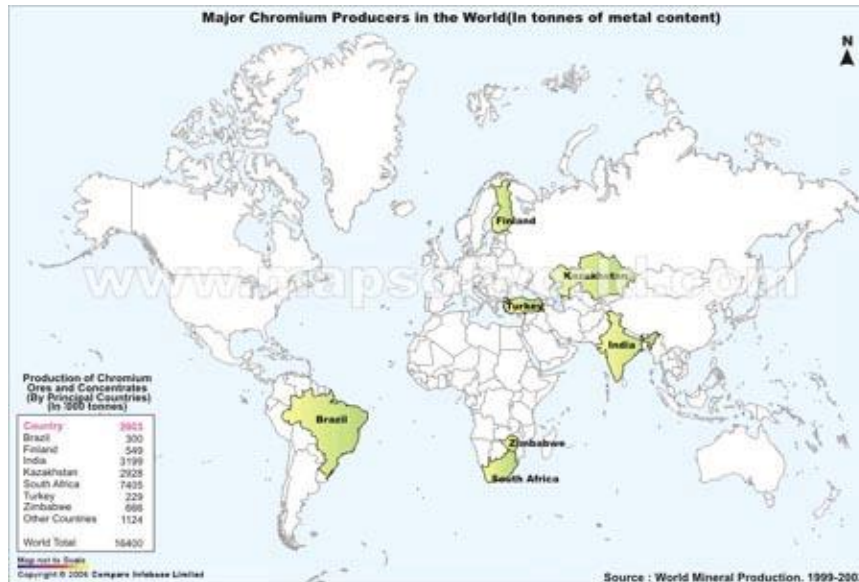
scheelit,  $\text{CaWO}_4$



volframit,  $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$

# Króm, Molibdén, Volfrám

## Krómgyártás



## Felhasználás, vegyületek:

**Cr:** ötvöző (krómacél)

**CrO<sub>2</sub>:** magnószalagok bevonata

**Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:** s.zöld, polírozó szer

**PbCrO<sub>4</sub>:** korábban festékként (krómsárga)

**K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>** (kálium-kromát), **K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**(kálium-bikromát): oxidálószer

**(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:** „vulkán”

**CrO<sub>3</sub>:** vörös, erős oxidálószer

# Króm, Molibdén, Volfrám

23.3. táblázat. A 6. csoport oxidjai.

Oxidációs állapot	+6	Közbülső	+4	+3
Cr	CrO <sub>3</sub>	Cr <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Cr <sub>5</sub> O <sub>12</sub> , etc.	CrO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Mo	MoO <sub>3</sub>	Mo <sub>9</sub> O <sub>26</sub> , Mo <sub>8</sub> O <sub>23</sub> , Mo <sub>5</sub> O <sub>14</sub> , Mo <sub>17</sub> O <sub>47</sub> , Mo <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	MoO <sub>2</sub>	–
W	WO <sub>3</sub>	W <sub>49</sub> O <sub>119</sub> , W <sub>50</sub> O <sub>148</sub> , W <sub>20</sub> O <sub>58</sub> , W <sub>18</sub> O <sub>49</sub>	WO <sub>2</sub>	–

23.4. táblázat. A 6. csoport halogénidjei (op. °C).

Oxidációs állapot	Fluoridok	Kloridok	Bromidok	Jodidok
+6	CrF <sub>6</sub> sárga (bomlik > -100°C)	(MoCl <sub>6</sub> ) fekete		
	MoF <sub>6</sub> színtelen (17,1°C) fp. 34°C	WCl <sub>6</sub> sötétkék (275°C) fp. 346°C	WBr <sub>6</sub> sötétkék (309°C)	
	WF <sub>6</sub> színtelen (1,9°C) fp. 17,1°C			
+5	CrF <sub>5</sub> vörös (34°C) fp. 117°C	MoCl <sub>5</sub> fekete (194°C) fp. 268°C		
	MoF <sub>5</sub> sárga (67°C) fp. 213°C	WCl <sub>5</sub> sötétzöld (242°C) fp. 286°C	WBr <sub>5</sub> fekete	
	WF <sub>5</sub> sárga			
+4	CrF <sub>4</sub> amatisztiholya <sup>(6)</sup>	CrCl <sub>4</sub> (bomlik > 600°C, gázfázis)	CrBr <sub>4</sub> ?	CrI <sub>4</sub>
	MoF <sub>4</sub> halványzöld	MoCl <sub>4</sub> fekete	MoBr <sub>4</sub> fekete	MoI <sub>4</sub> ?
	WF <sub>4</sub> vörösbarna	WCl <sub>4</sub> fekete	WBr <sub>4</sub> fekete	WI <sub>4</sub> ?
+3	CrF <sub>3</sub> zöld (1404°C)	CrCl <sub>3</sub> vöröscsíholya (1150°C)	CrBr <sub>3</sub> nagyon sötétzöld (1130°C)	CrI <sub>3</sub> nagyon sötétzöld
	MoF <sub>3</sub> barna (> 600°C)	MoCl <sub>3</sub> nagyon sötétvörös (1027°C)	MoBr <sub>3</sub> zöld (977°C)	MoI <sub>3</sub> fekete (927°C)
		WCl <sub>3</sub> vörös	WBr <sub>3</sub> fekete (bomlik > 80°C)	WI <sub>3</sub>
+2	CrF <sub>2</sub> zöld (894°C)	CrCl <sub>2</sub> fehér (820°C)	CrBr <sub>2</sub> fehér (842°C)	CrI <sub>2</sub> vörösbarna (868°C)
		MoCl <sub>2</sub> sárga (bomlik > 530°C)	MoBr <sub>2</sub> sárgásvörös (bomlik > 900°C)	MoI <sub>2</sub>
		WCl <sub>2</sub> sárga	WBr <sub>2</sub> sárga	WI <sub>2</sub> barna

# Króm, Molibdén, Volfrám

## A világ molibdéngyártása



### Felhasználás, vegyületek:

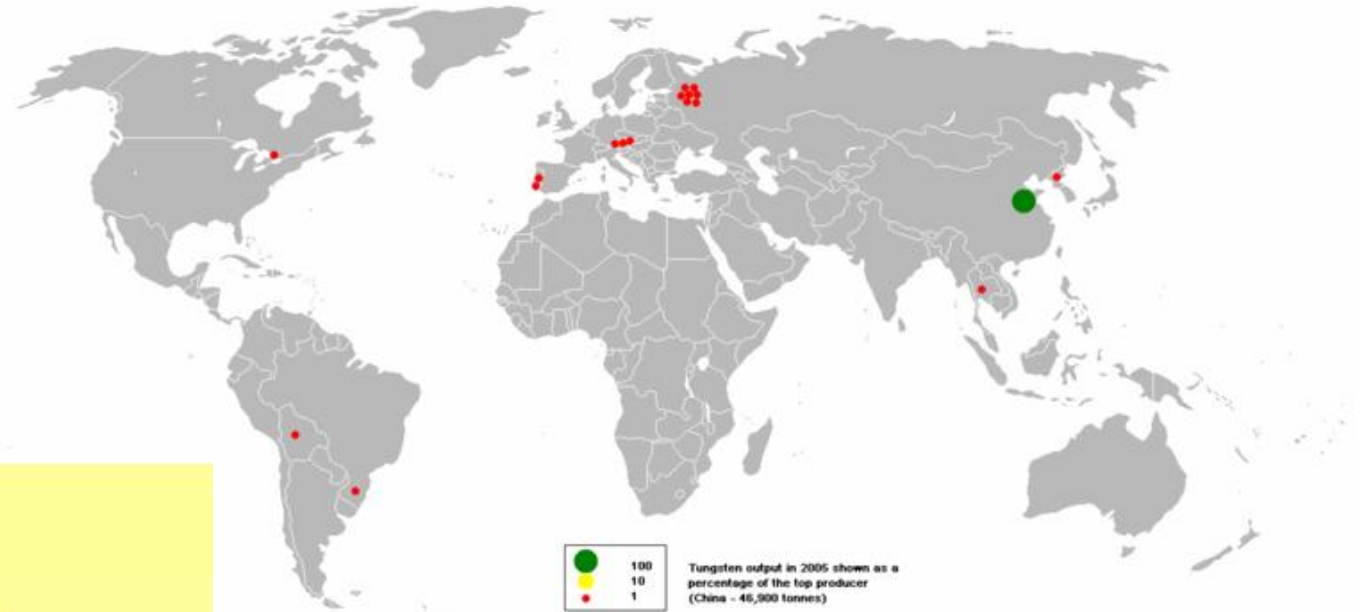
**Mo:** kis hőtágulása miatt magas hőmérsékleten működő mechanikai alkatrészek

**MoS<sub>2</sub>:** kenőanyag, műanyag adalékanyag (erősebb, puhább műanyag)

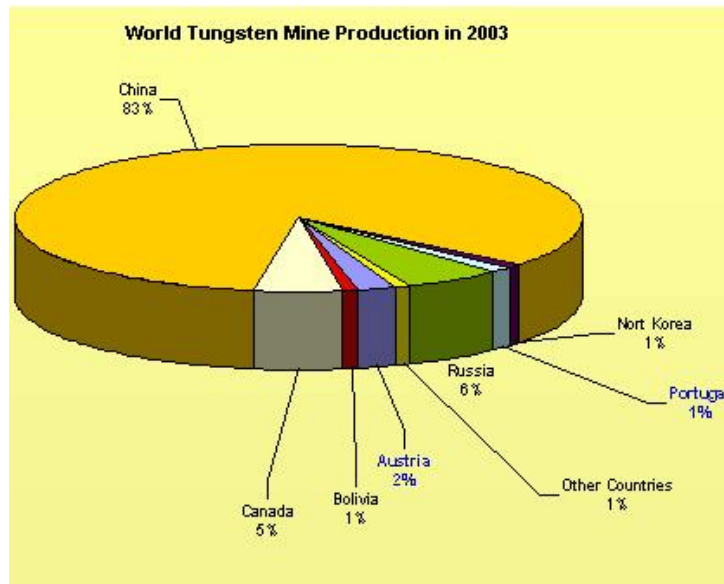
# Króm, Molibdén, Volfrám

A világ wolframérc-bányászata

2005



2003



**Felhasználás, vegyületek:**

**W:** izzólámpák (magas o.p.), darts (nagy sűrűség)

**WC, W<sub>2</sub>C:** fúróhegyek

# Mangán, technécium, rénium

24.1. táblázat. A 7. oszlop elemeinek fontosabb jellemzői.

Tulajdonság	Mn	Tc	Re
Rendszám	25	43	75
Természetes izotópok száma	1	–	2
Atomtömeg	54,93805(1)	98,9063 <sup>(a)</sup>	186,207(1)
Elektronkonfiguráció	[Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	[Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>
Elektronegativitás	1,5	1,9	1,9
Fématomsugár ( <i>N</i> = 12) (pm)	127	136	137
Ionsugár (pm)	VII 46	56	53
(általában <i>N</i> = 6 , de * <i>N</i> = 4)	VI 25,5*	–	55
	V 33*	60	58
	IV 53	64,5	63
	III 58(ks) <sup>†</sup> , 64,5(ns) <sup>†</sup>	–	–
	II 67	–	–
Olvadáspont (°C)	1244	2200	3180
Forráspont (°C)	2060	4567	(5650)
Olvadáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	(13,4)	23,8	34(±4)
Párolgáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	221(±8)	585	704
Atomizációs hő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	281(±6)	–	779(±8)
Sűrűség (25 °C, g·cm <sup>-3</sup> )	7,43	11,5	21,0
Fajlagos ellenállás (20 °C, μohm·cm)	185,0	–	19,3

<sup>(a)</sup> Ez az adat a <sup>99</sup>Tc-ra vonatkozik (*t*<sub>1/2</sub> = 2,11·10<sup>5</sup> év). A <sup>97</sup>Tc (*t*<sub>1/2</sub> = 2,6·10<sup>6</sup> év) és <sup>98</sup>Tc (*t*<sub>1/2</sub> = 4,2·10<sup>6</sup> év) esetén az atomtömeg-értékek 96,9064, illetve 97,9072.

<sup>†</sup> (ks = kis spinszámú) (ns = nagy spinszámú)

**Felfedezés:** Mn: 1774 Scheele

Tc: 1937 Perrier és Segré (név: a görög „mesterséges” szóból)

Re: 1925 Noddack, Tacke és Berg (név: Rajna után)



# Mangán, technécium, rénium

## Ásványok



piroluzit,  $\text{MnO}_2$



hausmannit,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$



rodokrozit,  $\text{MnCO}_3$

## Felhasználás:

**Mn:** ötvöző

**$\text{Mn}^{2+}$ :** enzimek kofaktora

**$\text{MnO}_2$ :** oxidálószer, száraz- és alkálielemek, barna festék

**$\text{KMnO}_4$ :** oxidálószer, fertőtlenítő

**$(\text{C}_5\text{H}_5)\text{Mn}(\text{CO})_3$ :** benzin-adalékanyag

**Tc:** gyógyászatban radioaktív nyomjelzés

**Re:** katalizátorként

# Mangán, technécium, rénium

24.4. táblázat. A 7. oszlop oxidjai.

Oxidációs szám	+ 7	+ 6	+ 5	+ 4	+ 3	+ 2
Mn	$\text{Mn}_2\text{O}_7$			$\text{MnO}_2$	$\text{Mn}_2\text{O}_3$ $\text{Mn}_3\text{O}_4$	$\text{MnO}$
Tc	$\text{Tc}_2\text{O}_7$	$\text{TcO}_3(?)$		$\text{TcO}_2$		
Re	$\text{Re}_2\text{O}_7$	$\text{ReO}_3$	$\text{Re}_2\text{O}_5$	$\text{ReO}_2$		

# Vas, Ruténium, Ozmium

**25.1. táblázat.** A vas, a ruténium és az ozmium néhány jellemző adata.

Tulajdonság	Fe	Ru	Os
Rendszám	26	44	76
Természetes izotópok száma	4	7	7
Atomtömeg	55,845(2)	101,07(2)	190,23(3)
Elektronkonfiguráció	[Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	[Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>
Elektronegativitás	1,8	2,2	2,2
Fématomsugár ( $N = 12$ , pm)	126	134	135
Effektív ionsugár (pm)			
VIII	–	36 <sup>(a)</sup>	39 <sup>(a)</sup>
( $N = 4$ , ha <sup>(a)</sup> ,			
VII	–	38 <sup>(a)</sup>	52,5
egyébként $N = 6$ )			
VI	25 <sup>(a)</sup>	–	54,5
V	–	56,5	57,5
IV	58,5	62	63
III	55(ks), 64,5(ns)	68	–
II	61(ks), 78(ns)	–	–
Olvadáspont (°C)	1535	2282(±20)	3045(±30)
Forráspont (°C)	2750	extr. 4050(±100)	extr. 5025(±100)
Olvadáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	13,8	~ 25,5	31,7
Párolgáshő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	340(±13)	–	738
Atomizációs hő (kJ·mol <sup>-1</sup> )	398(±17)	640	791(±13)
Sűrűség (20 °C, g·cm <sup>-3</sup> )	7,874	12,37	22,59
Fajlagos ellenállás (20 °C, μohm·cm)	9,71	6,71	8,12

<sup>(a)</sup>  $N = 4$  koordinációs számra vonatkozik; ks – kis spinszámú, ns – nagy spinszámú.

**Felfedezés:** Ru: 1844 Klaus (név Oroszország [„Ruthenia”] latin neve után)  
Os: 1803 Tennant (a görög osme (búz) szóból; OsO<sub>4</sub> miatt)

# Vas, Ruténium, Ozmium

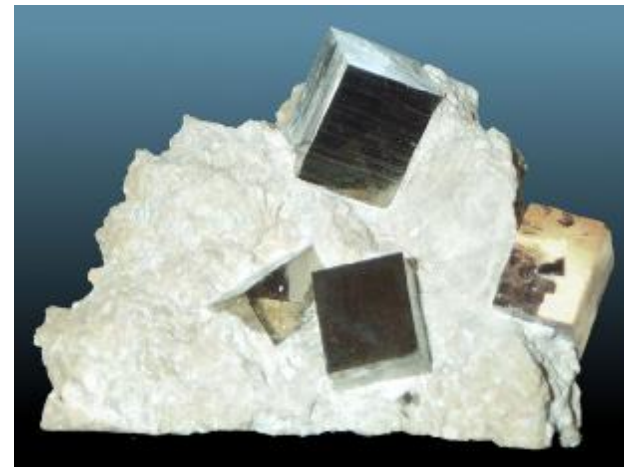
## Előfordulás, főbb ásványok



hematit,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (vörösvasérc) magnetit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (mágnesvasérc) sziderit,  $\text{FeCO}_3$



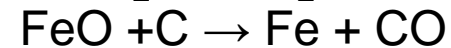
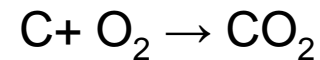
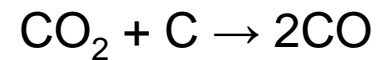
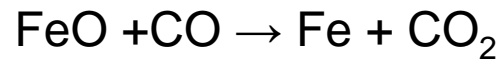
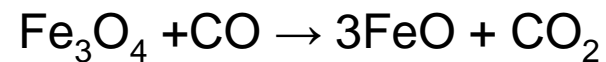
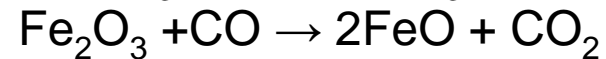
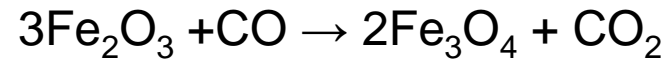
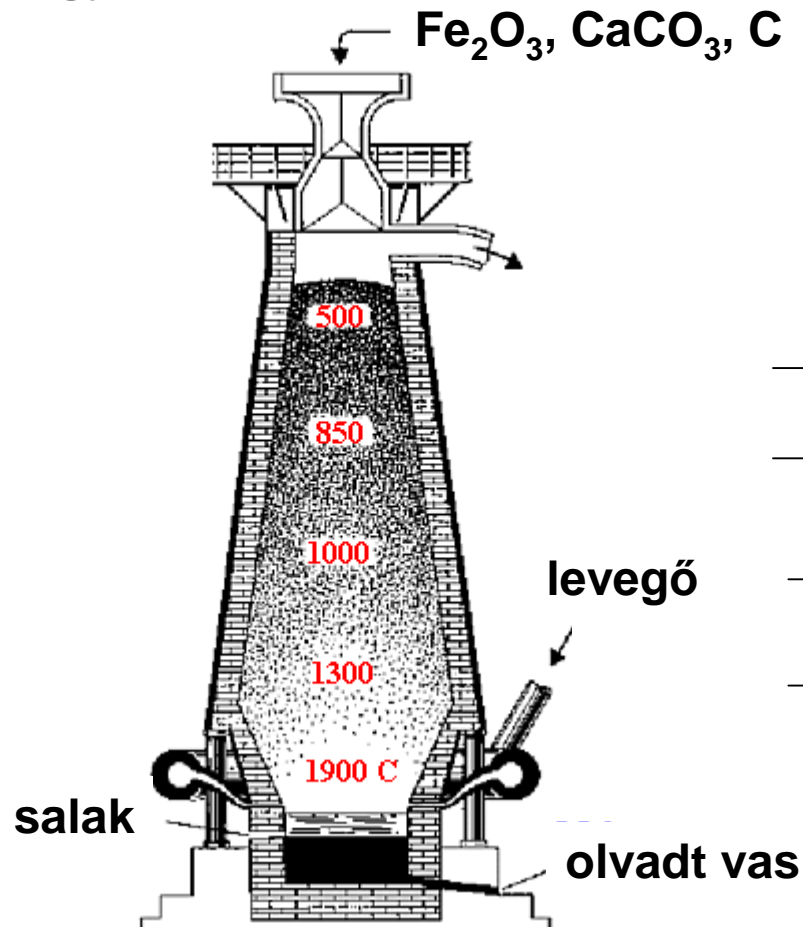
limonit,  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



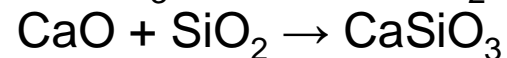
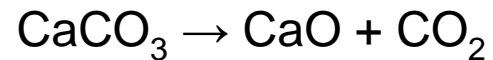
pirit,  $\text{FeS}_2$

# Vas, Ruténium, Ozmium

## Vasgyártás

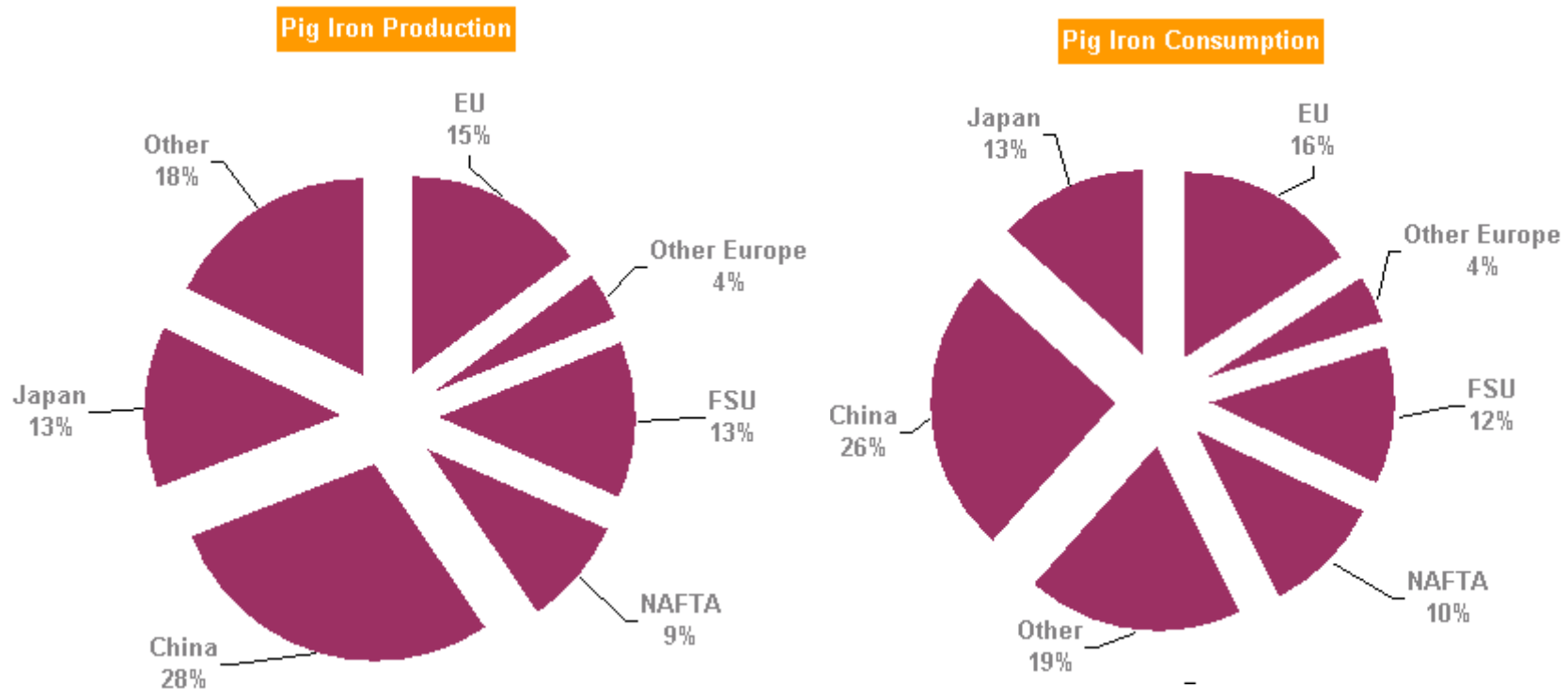


### Salakképzés:



# Vas, Ruténium, Ozmium

## A világ vasgyártása és felhasználása (2002)



# Vas, Ruténium, Ozmium

## Acélgártás

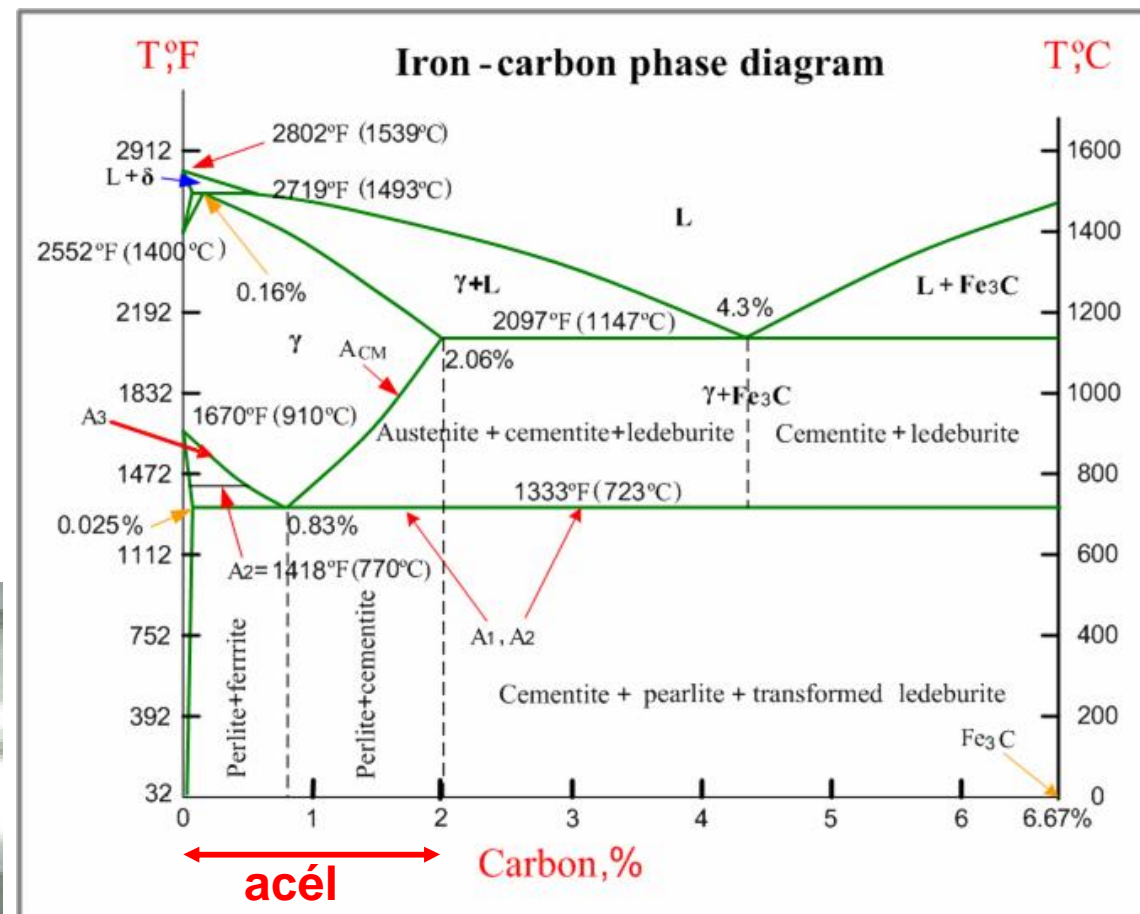


### Bessemer-eljárás

C kiegészése O<sub>2</sub>-nel



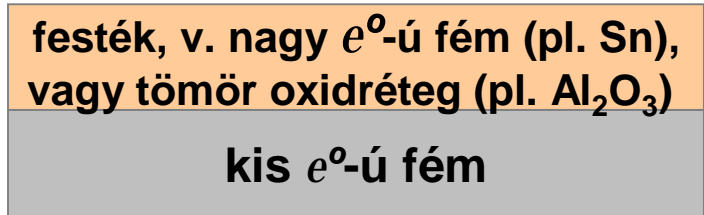
### Siemens-Martin-eljárás



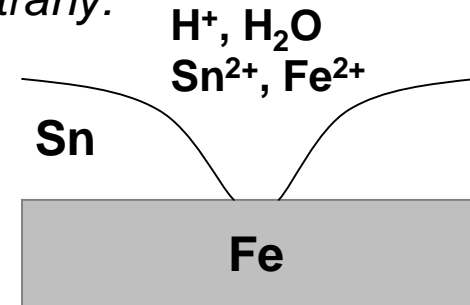
C kiegészése vas-oxiddal (rozsdás vas)

# Vas, Ruténium, Ozmium

Passzív korrózióvédelem:

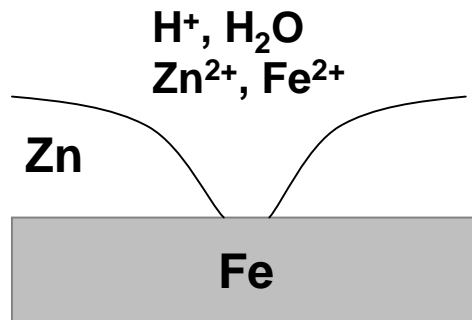
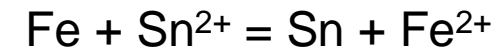


*hátrány:*

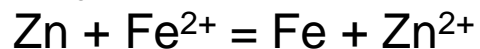


Aktív korrózióvédelem :

*helyi elem:*



*helyi elem:*



*vaav - potenciál*



Fe

belül zinkrúd



# Vas, Ruténium, Ozmium

## Halogenidek

### 25.3. A vas, ruténium és ozmium vegyületei

1477

25.6. táblázat. A vas, ruténium és ozmium halogenidjei (olvadáspont, °C).

Oxidációs szám	Fluoridok	Kloridok	Bromidok	Jodidok
+7	OsF <sub>7</sub> , sárga			
+6	RuF <sub>6</sub> , sötétbarna (54 °C)			
	OsF <sub>6</sub> , sárga (33 °C)			
+5	RuF <sub>5</sub> , sötétzöld (86,5 °C)			
	OsF <sub>5</sub> , kék (70 °C)	OsCl <sub>5</sub> , fekete (bomlik > 160 °C)		
+4	RuF <sub>4</sub> , sárga			
	OsF <sub>4</sub> , sárga (230 °C)	OsCl <sub>4</sub> , vörös (fekete módosulat is van)	OsBr <sub>4</sub> , fekete (bomlik 350 °C)	
+3	FeF <sub>3</sub> , halványzöld (> 1000 °C)	FeCl <sub>3</sub> , barnásfekete (306 °C)	FeBr <sub>3</sub> , vörösbarna (bomlik >200 °C)	FeI <sub>3</sub> , fekete
	RuF <sub>3</sub> , sötétbarna (bomlik >650 °C)	RuCl <sub>3</sub> , fekete (α), sötétbarna (β)	RuBr <sub>3</sub> , vörösbarna (bomlik >400 °C)	RuI <sub>3</sub> , fekete
		OsCl <sub>3</sub> , sötétzöld (bomlik 450 °C)		OsI <sub>3</sub> , fekete
+2	FeF <sub>2</sub> , fehér (>1000 °C)	FeCl <sub>2</sub> , halványsárga (674 °C)	FeBr <sub>2</sub> , sárgászöld (bomlik 684 °C)	FeI <sub>2</sub> , szürke
		RuCl <sub>2</sub> , barna	RuBr <sub>2</sub> , fekete	RuI <sub>2</sub> , kék
+1				OsI <sub>2</sub> , fekete
				OsI, fémes szürke

# Vas, Ruténium, Ozmium

## Vegyületek, felhasználás:

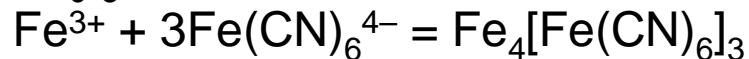
**Fe:** szerkezeti anyag

**FePO<sub>4</sub>:** műtrágya (Fe<sup>2+</sup> hemoglobinban)

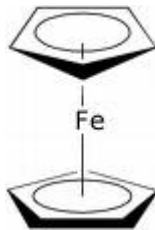
**Fe(C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>O<sub>7</sub>)<sub>2</sub>:** vas-glükonát: gyógyszer

**Fe<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>2</sub>:** Turnbull-kék (festék)

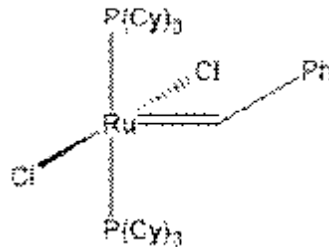
**Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>:** Berlini-kék (festék)



**Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>:** ferrocén: „szendvics-vegyület”: benzin-  
adalékanyag, rákellenes  
gyógyszerek



**Ru:** egyes fémorganikus vegyületei katalizátorok  
(Grubbs-katalizátorok)



*Robert H. Grubbs, Richard R. Schrock  
és Yves Chauvin: 2005: kémiai Nobel-díj*



**A.S. Marggraf**



# Vas, Ruténium, Ozmium

Olefin-metatézis

