



Univerzitet u Nišu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za hemiju
Katedra za neorgansku hemiju



Hemija prelaznih metala sa koordinacionom hemijom

Školska: 2018/2019. godina

Prof. dr Dragan M. Đorđević

M5_P17

KOBALT

- *Otkriće:* 1739. Georg Brandt
- *Ime:* od nemačke reči „kobald“ – goblin (patuljasta bića – Nemačka mitologija)

Atomski broj	27
Grupa	9
Perioda	4
Kategorija	d-metal
A_r	58.933
Elek. konf.	Co: [Ar] 4s ² 3d ⁷

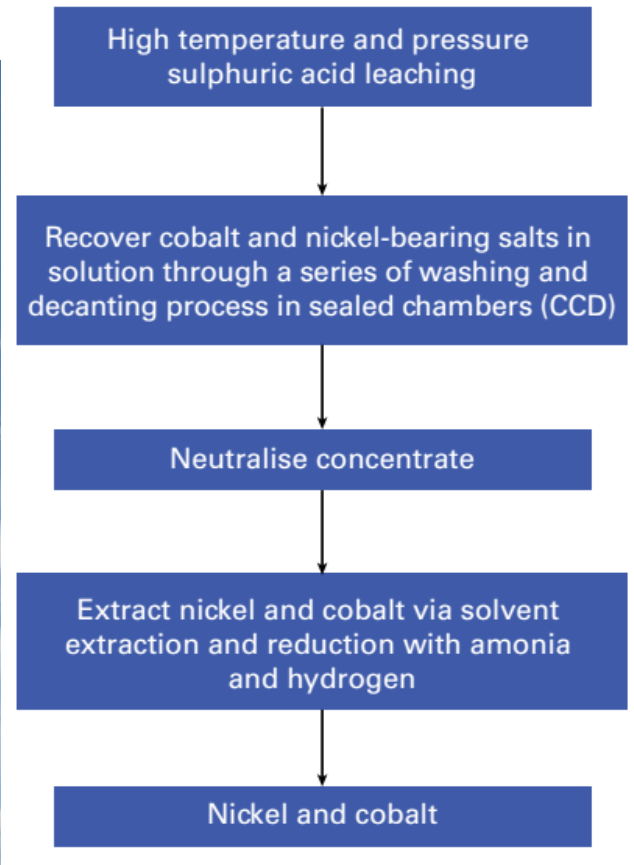
The image shows a standard periodic table of elements. The element Cobalt (Co) is highlighted with a black border. The table includes the following elements and their symbols:

1																	18
H	2											13	14	15	16	17	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		



➤ Kobalt (Co) nije posebno rasprostranjen element i u Zemljinoj kori ga ima oko 10-3 %.

➤ U prirodi, kobalt se nalazi skoro uvek zajedno sa niklom i arsenom i najvažniji izvor za dobijanje ovog metala su “jalovine” koje nastaju preradom ruda nikla, bakra i olova.

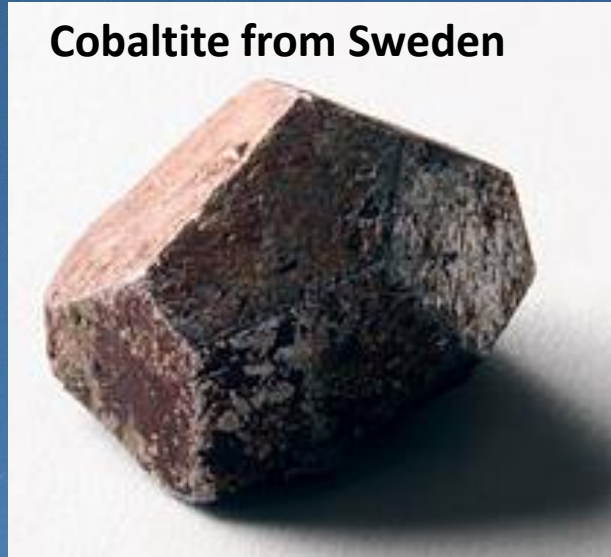


➤ Osnovni minerali kobalta su *smaltit*- $(\text{Co,Fe,Ni})\text{As}_2$ i *kobaltit*- CoAsS .

Smaltite - Schneeberg Germany

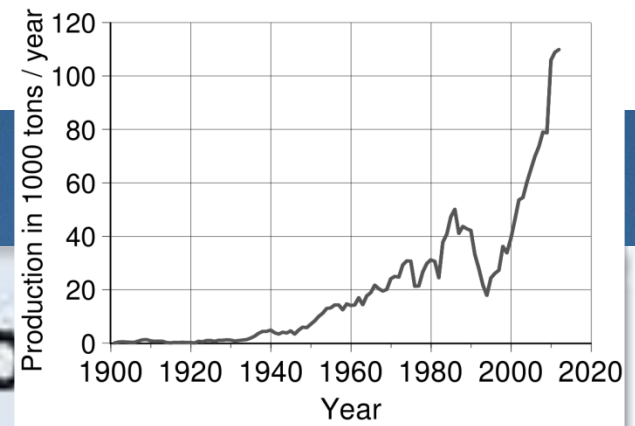


Cobaltite from Sweden

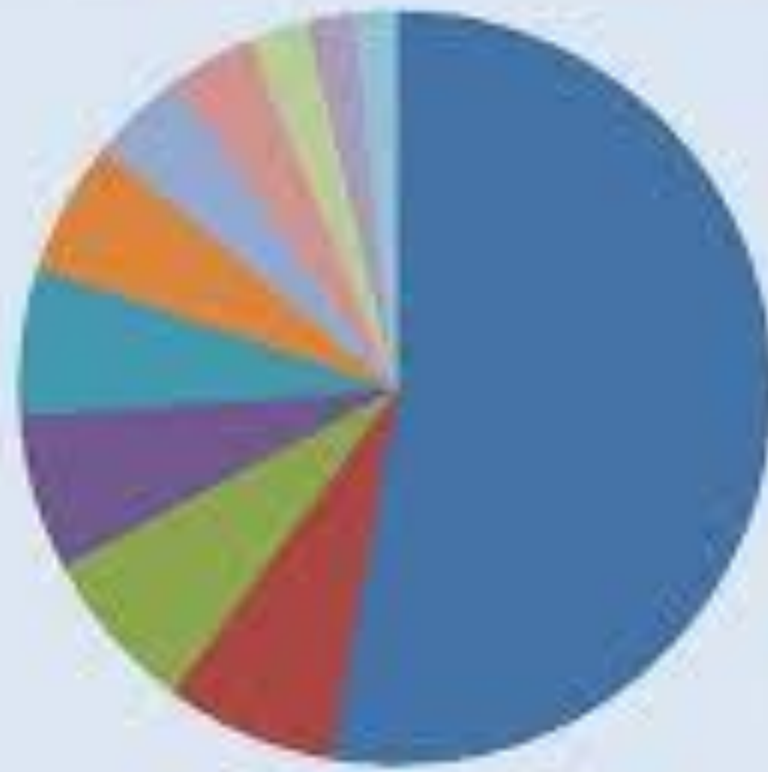


Name	Group	Formula	Example deposits
Erythrite	Arsenate	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Daniel Mine, Germany; Bou Azzer, Morocco.
Skutterudite	Arsenide	$(\text{Co,Ni})\text{As}_3$	Skutterud Mines, Norway; Bou Azzer, Morocco.
Cobaltite	Sulphosalt	CoAsS	Sudbury, Canada; Broken Hill, New South Wales, Australia.
Carrollite	Sulphide	$\text{Cu}(\text{Co,Ni})_2\text{S}_4$	Chambishi, Copperbelt, Zambia; Carroll County, Maryland, USA.
Linnaeite	Sulphide	$\text{Co}^{2+}\text{Co}_2^{3+}\text{S}_4$	Bou Azzer, Morocco; Nor'ilsk, Russia
Asbolite (Asbolane)	Oxide	$(\text{Ni,Co})_{2-x}\text{Mn}^{4+}(\text{O,OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Koniambo Massif, New Caledonia.

➤ Svetska proizvodnja kobalta



2011 Cobalt Mine Production



- DR Congo
- Canada
- Others
- China
- Russia
- Zambia
- Australia
- Cuba

Source:
USGS
Mineral
Commodity
Summary
2012

Dobijanje

➤ Tehnologija prerade ruda i izolovanja čistog metala je dosta složena, obuhvata niz procesa i operacija zavisno od prisustva ostalih metala (flotacija, prženje - oksidacija, izluživanje, elektroliza, rafinacija u elektropećima).

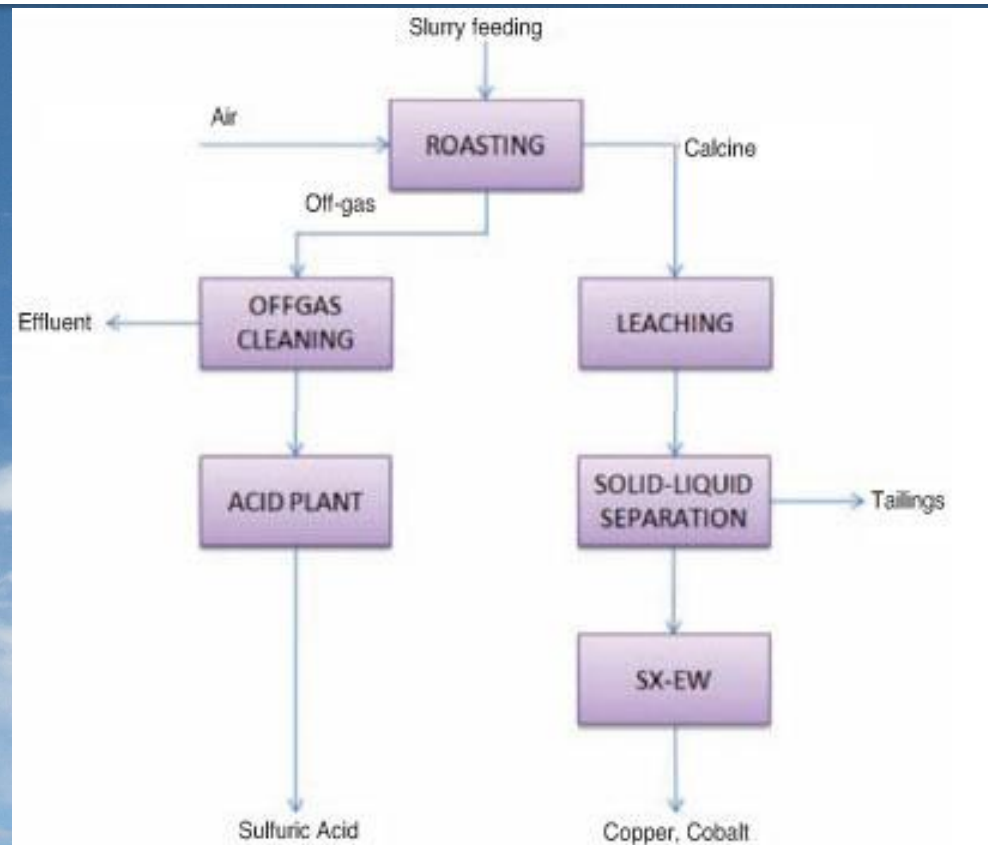
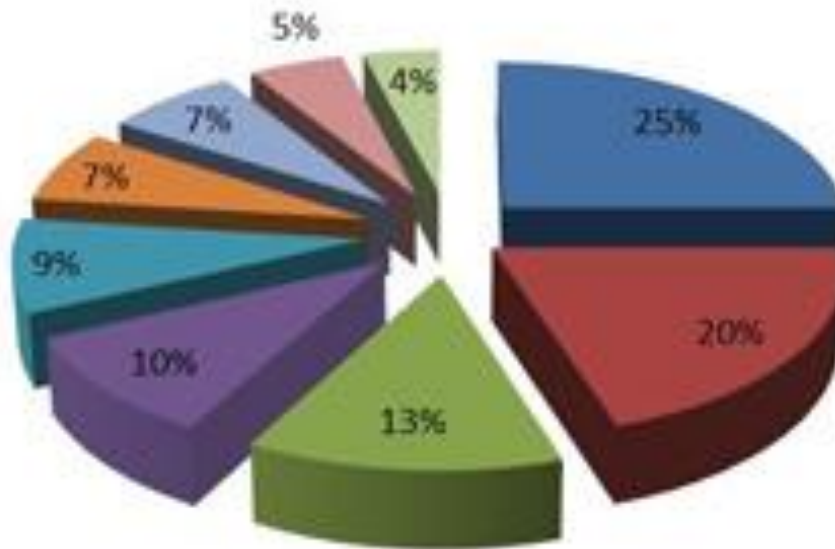


Figure 1 – Simplified block-flow diagram for copper-cobalt production

Primena kobalta

Cobalt consumption



- Batteries
- Super Alloys
- Carbides Diamond Tools
- Catalysts
- Colour
- Magnets
- Tyre Adhesives Soaps and Driers
- Hard Facing and Other Alloys
- Others

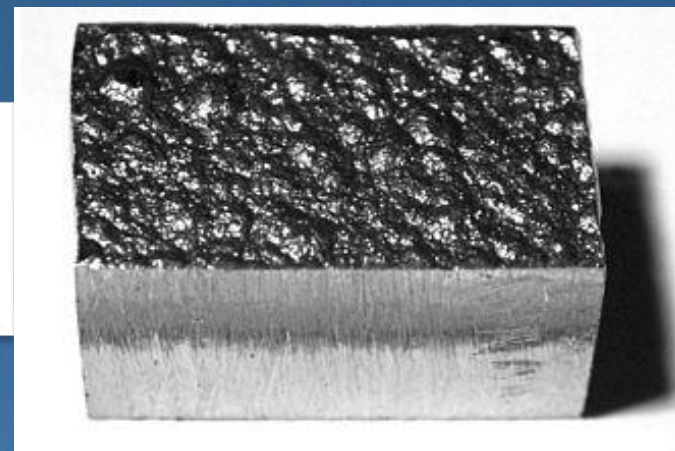
Izotopi

- U prirodi je zastupljeno samo jedan stabilan izotop ^{59}Co .
- Pronađeno je 22 radioizotopa, neki od njih su prokazani u tabeli

iso	NA	half-life	DM	DE (MeV)	DP
^{56}Co	syn	77.27 d	ϵ	4.566	^{56}Fe
^{57}Co	syn	271.79 d	ϵ	0.836	^{57}Fe
^{58}Co	syn	70.86 d	ϵ	2.307	^{58}Fe
^{59}Co	100%	is stable with 32 neutrons			
^{60}Co	syn	5.2714 y	β^- , γ	2.824	^{60}Ni

Fizičke osobine

➤ Kobalt je tvrd, beli metal sa plavičastim odsjajem, visoke tačke topljenja (1490 °C).



TT (°C)	1495
TK (°C)	2927
ρ (g/cm³)	8,9 _(s) ; 8,86 _(l)
Elektronegat.	1,88
At. rad. (pm)	125
Kov. rad. (pm)	126 (niskospinsko) 150 (visokospinsko)

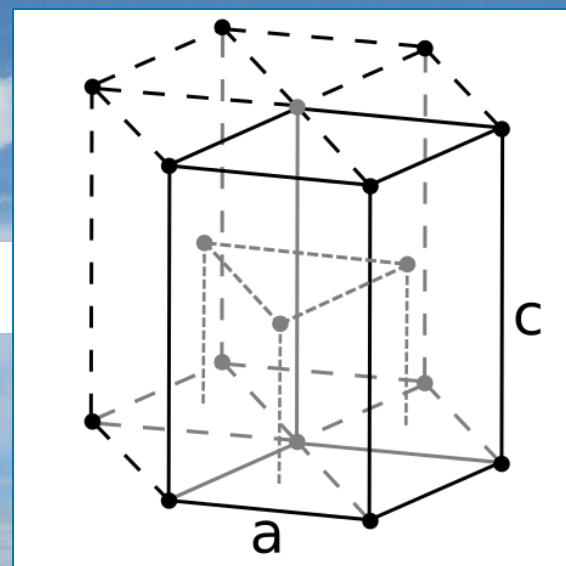
EI (kJ/mol)

I: 760,4

II: 1648

III: 3232

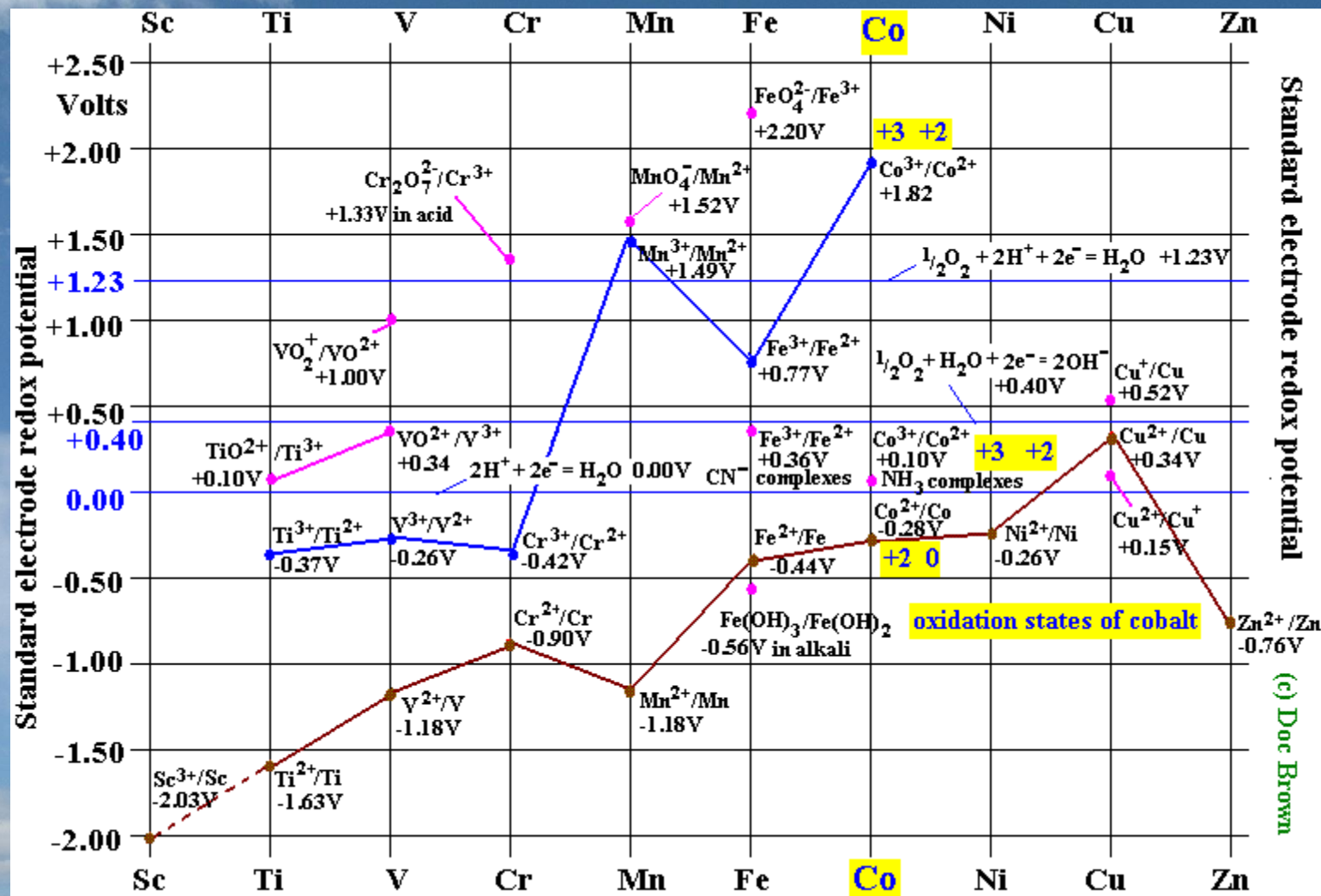
➤ Kristalna rešetka: heksagonalna

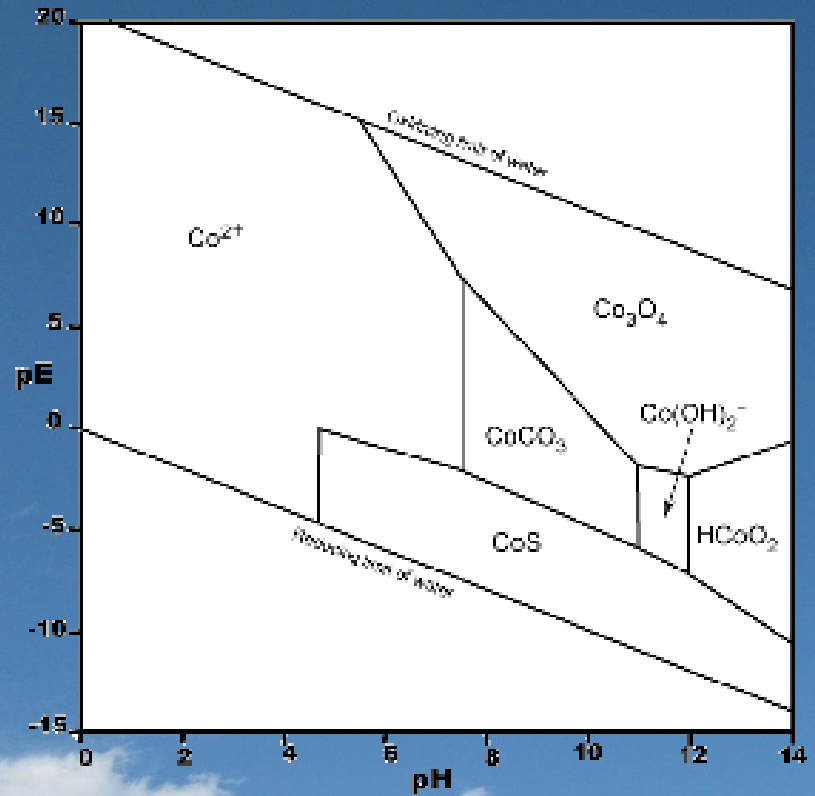
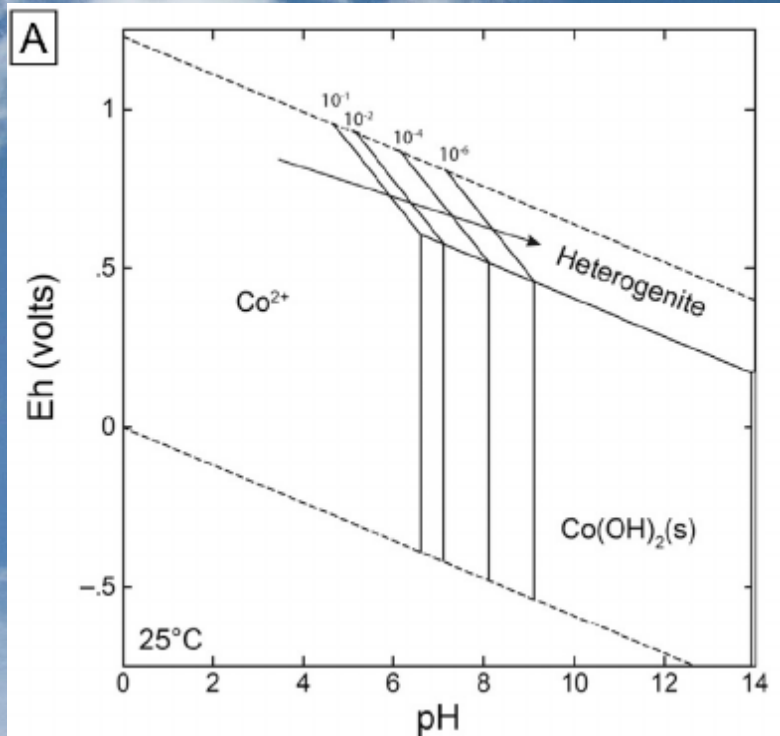


Hemijske osobine

- Sporo se rastvara u razblaženim kiselinama.
- Ne reaguje neposredno čak ni sa vodonikom, a na povišenoj temperaturi stupa u reakcije sa ugljenikom, fosforom, sumporom i kiseonikom.
- Oksid CoO , kobalt gradi na povišenoj temperaturi i u reakciji sa vodenom parom.
- U hemiji kobalta Co : $[\text{Ar}] 4s^2 3d^7$ najvažnija su oksidaciona stanja +2 i +3, a u odnosu na d-metale koji mu predhode u I prelaznoj seriji, to je prvi metal koji gradi stabilna jedinjenja sa oksidacionim stanjem +2.
- U višem oksidacionom stanju, stabilniji su samo hidroksid i fluorid kobalta od jednostavnijih jedinjenja, a u hemiji kompleksnih jedinjenja, daleko veći broj istih gradi Co(III) .

➤ Kobalt gradi i neke interesantne komplekse sa ligandima tipa π -kiselina, u oksidacionom stanju +1





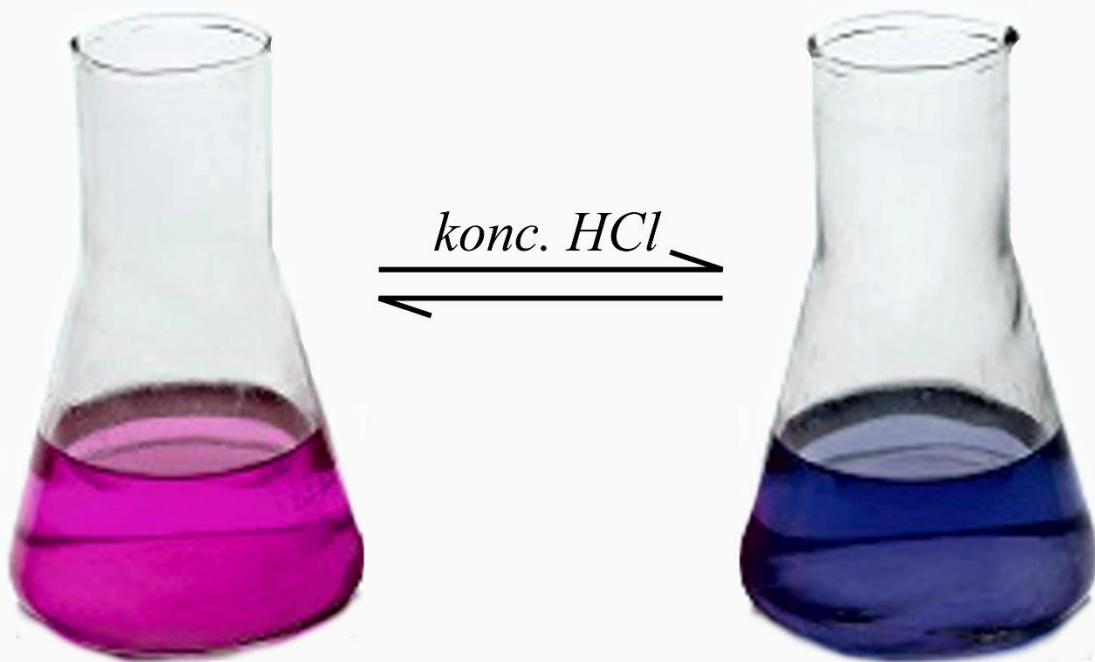
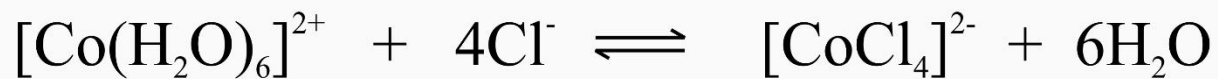
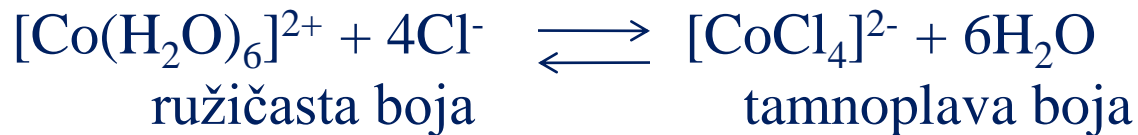
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674215300790>

Eh-pH dijagram za Co

Proste soli i jedinjenja kobalta

- Najveći broj jednostavnih jedinjenja kobalt gradi u oksidacionom stanju +2.
- Direktnom oksidacijom metala halogenima nastaju halogenidi $\text{CoX}_{2(s)}$.
- Rastvaranjem metala u odgovarajućim kiselinama (HF i HCl), iz rastvora kristališu $\text{CoF}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ i $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$.
- Hidratacija i dehidratacija kobalt hlorida praćena je promenom boje pa se rastvor ove soli koristi kao nevidljivo mastilo koje blagim zagrevanjem "pisma" daje tamnoplava slova.

➤ Co(II)-jon je i poznati indikator za vlagu, pa tako sredstva za sušenje kao silika gel u aktivnom obliku imaju plavu boju, a pojava ružičaste boje ukazuje na potpuno zasićenje vlagom:



➤ Oksid CoO može nastati zagrevanjem metala, hidroksida ili razlaganjem karbonata. Topljenjem ovog oksida sa aluminijum-oksidom nastaje tamnoplavi rastop tzv. *Tenardovo plavo*, CoAl_2O_4 koji se primenjuje za bojenje keramike.

➤ Rastvaranjem metala, oksida ili karbonata u odgovarajućoj kiselini, dobijaju se $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ odnosno nitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$.

➤ Jedinjenja $\text{Co}(\text{III})$ su vrlo nestabilna i mogu postojati samo u čvrstom agregatnom stanju.

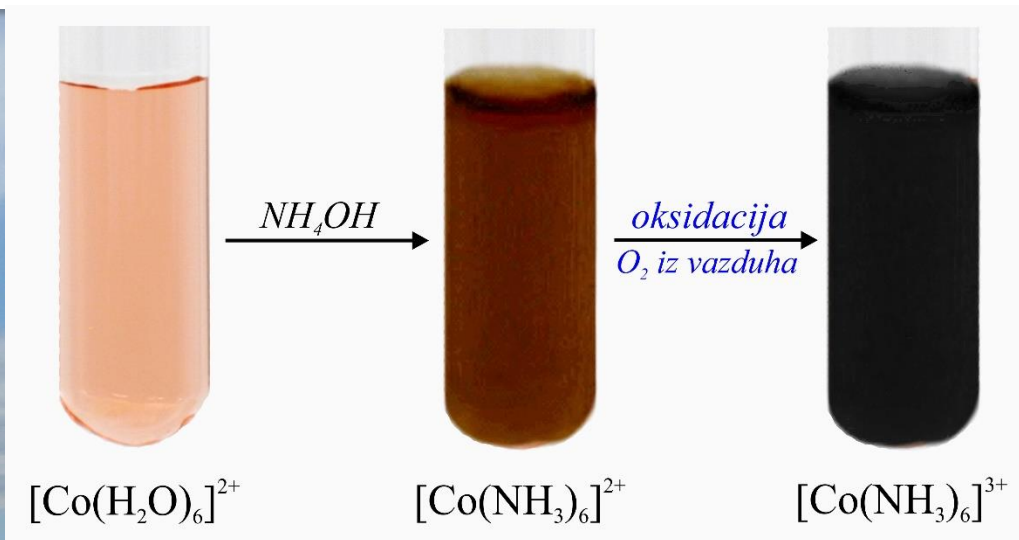


➤ U hemiji vodenih rastvora kobalta, najznačajnija su oksidaciona stanja +2 i +3. U vodenim rastvorima bez kompleksirajućih jona, rastvor Co(II) je stabilan i teško se oksiduje, što se vidi iz jednačine:



➤ Oksidaciju može da izvrši samo fluor, ozon ili peroksidisulfat.

➤ U prisustvu kompleksirajućih agenasa, NH_3 na primer, sa kojima kobalt gradi stabilne komplekse, stabilnost Co(III) je znatno veća:



- Co(III) je stabilniji u alkalnoj nego u kiselj sredini.
- U kiselj sredini oksidacioni potencijal Co(III), bez kompleksirajućih anjona je toliko visok da Co(III) jon brzo i lako oksiduje vodu. Co(III) ima daleko manje prostih binarnih jedinjenja nego Co(II).
- Co(II) jon gradi čitavu seriju prostih i hidratisanih soli.
- Poznata su sva četiri halogenida Co(II), a nastaju u reakcijama metala sa halogenidima na povišenoj temperaturi.
- Hidratisani halogenidi su bledocrvene boje i sadrže jon metala u oktaedarskom okruženju molekulima vode.

Kompleksna jedinjenja kobalta

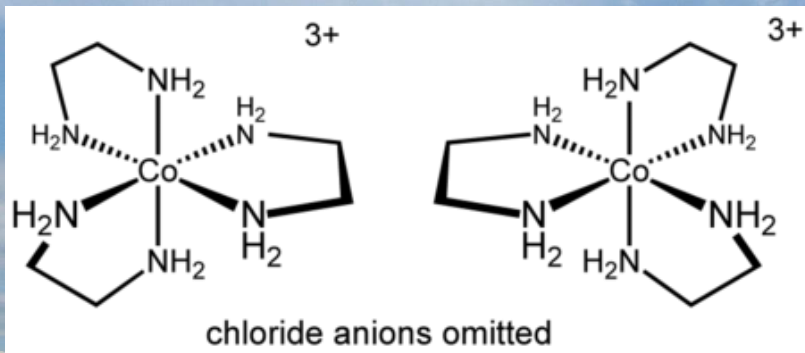
- Co(II) gradi brojna kompleksna jedinjenja sa različitim koordinacionim brojem, različitog stehiometrijskog sastava sa tetraedarskom, kvadratno-planarnom i oktaedarskom strukturom.
- Od svih jona metala I prelazne serije, Co(II) gradi najveći broj tetraedarskih kompleksa što je verovatno posledica samo neznatne razlike koja postoji u energiji stabilizacije jona sa elektronskom konfiguracijom d^7 u ligandnim poljima Td- i Oh-simetrije.
- Komplekse strukture tipa $[\text{CoX}_4]^{2-}$, kobalt gradi prevashodno sa monodetantnim anjonskim ligandima. Istu strukturu imaju i mešoviti kompleksi tipa $[\text{CoL}_2\text{X}_2]$ i svi su visoko spinski.

➤ Opšti postupak za dobijanje kompleksa Co(III) uključuje kao I stepen oksidaciju heksaakva jona Co(II) u rastvoru, uglavnom molekulskim kiseonikom ili vodonik-peroksidom u prisustvu katalizatora i liganada.

➤ Tako se, na primer, intenzivnim prodivavanjem vazduha u toku nekoliko časova kroz rastvor Co(II)-halogenida ili nitrata, u prisustvu amonijaka i aktivnog uglja dobija amonijačni kompleks Co(III):

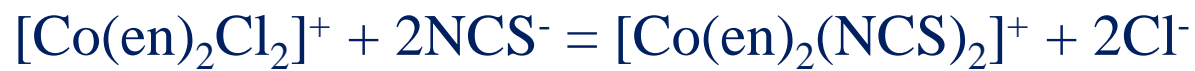


➤ Bez katalizatora dobijaju se mešoviti kompleksi tipa $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{X}]^{2+}$. Na isti način dobija se i kompleks $[\text{Co}(\text{en})_3]\text{Cl}_3$.

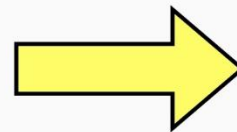
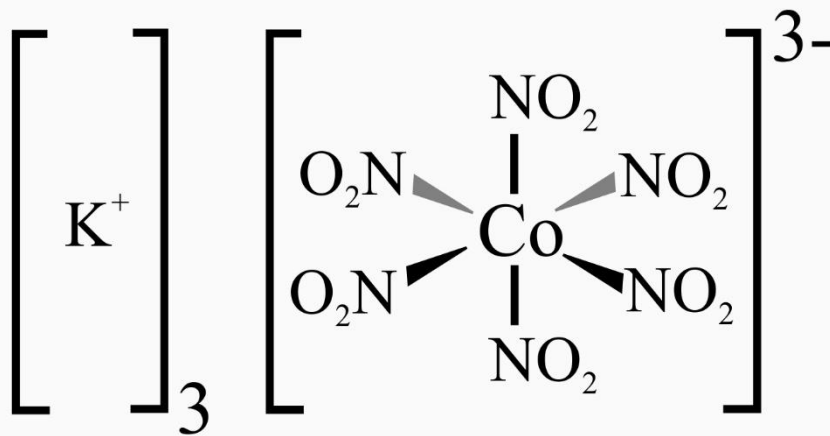


➤ U kiseloj sredini, u prisustvu gasovitog HCl nastaje *trans*-dihlorobis(etilendiamin)-kobalt(III) zelene boje $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]^+$ koji zagrevanjem rastvora do 100°C izomerizuje u *cis*-oblik crvene boje.

➤ Oba izomera zagrevanjem vodenih rastvora daju hidrate $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}(\text{H}_2\text{O})]^{2+}$ i $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{3+}$ iz kojih se lako dobijaju kompleksi sa svim ligandima koji su desno od vode u spektrohemijskom nizu liganada, na primer:



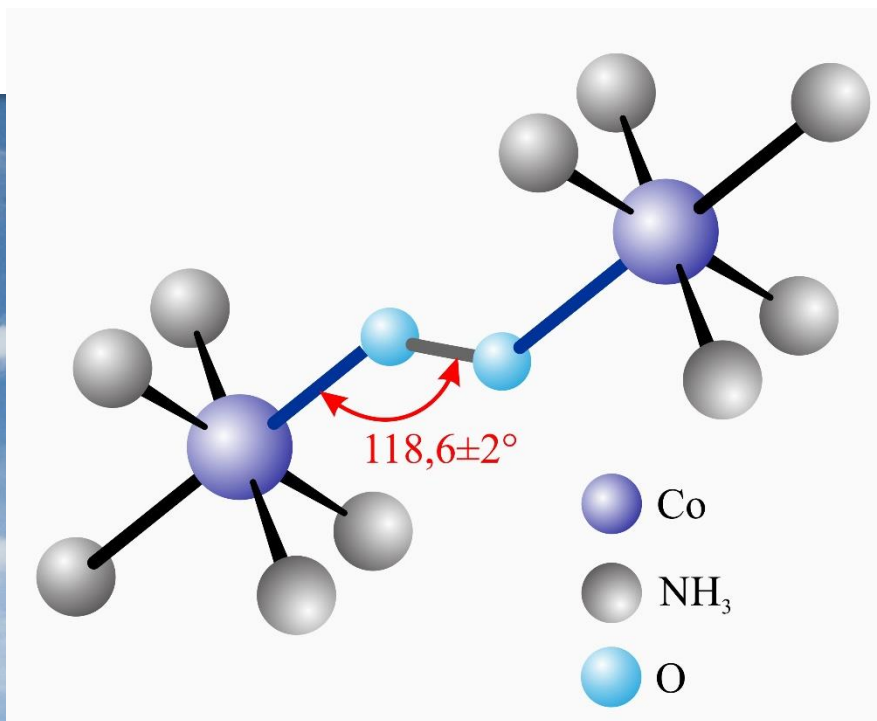
- Najveću praktičnu vrednost ima heksanitrokobaltat(III)-jon $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$, koji se taloži iz vodenih rastvora dodatkom alkohola sa alkalnim metalima $\text{M}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$.
- Kalijumova so ovog kompleksa je intenzivno žute boje i služi kao dokazni reagens za Co(III)-jon.
- Kobalt gradi i brojne polinuklearne komplekse, binuklearne pre svega, sa hidroksidnim, peroksidnim, amidnim i imidnim mostovima.



➤ Oksidacijom rastvora CoCl_2 na vazduhu u prisustvu amonijaka nastaje dijamagnetni kompleks braon boje:



➤ Peroksidni kompleks lako gubi elektron i daje kompleks sa superoksidnim mostom, zelene boje:



➤ Prema rezultatima rendgeno-strukturne analize, rastojanje O – O je bliže dužini veze u superoksidnom (1,28 Å) nego u peroksidnom jonu (1,48 Å).

NIKAL

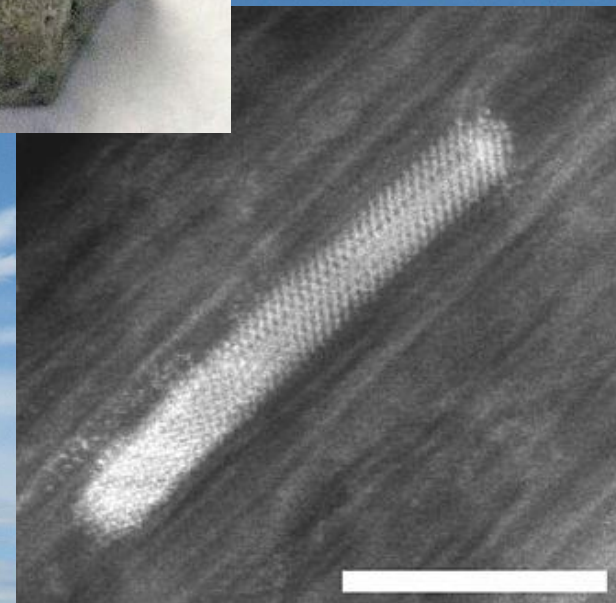
➤ *Otkriće:* 1751. Axel Fredrik Cronstedt

➤ *Ime:* nemačka reč „kupfernickel“ đavolski bakar (St. Nicholas copper)

Atomski broj	28
Grupa	10
Perioda	4
Kategorija	d-metal
A_r	58.6934
Elek. konf.	Ni: [Ar] 4s ² 3d ⁸

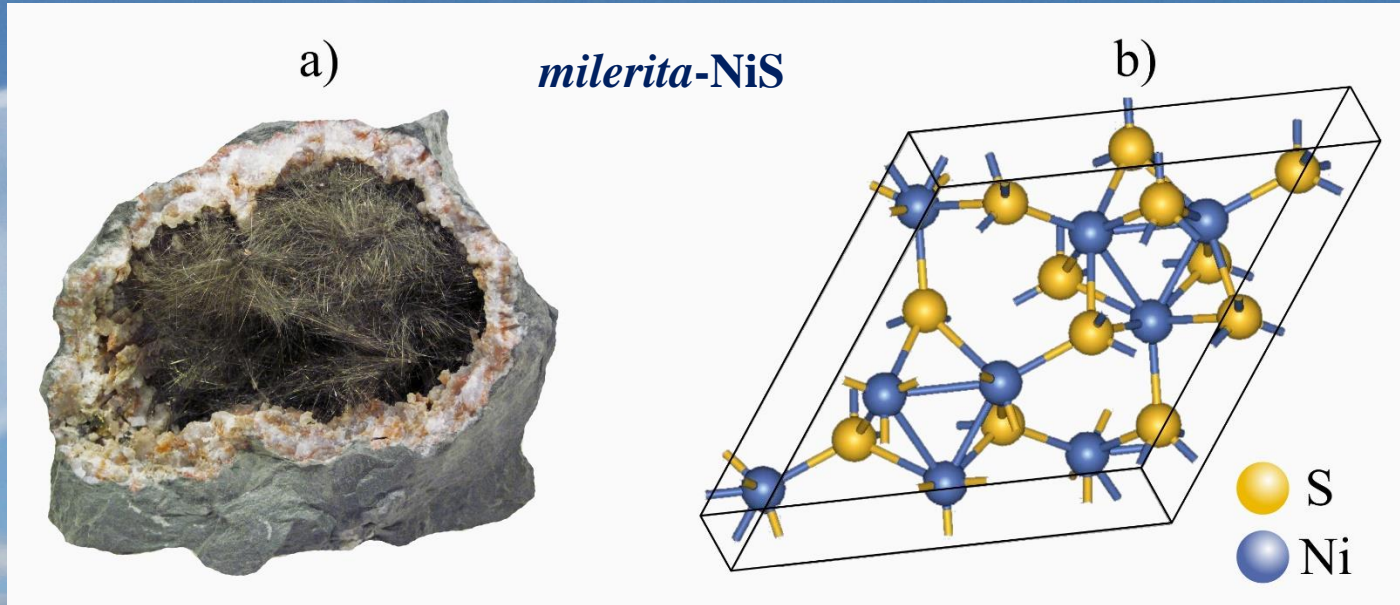


1																	18	
H	2											13	14	15	16	17	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba		Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra		Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Ff	Uup	Lv	Uuq	Uuo
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb			
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No			



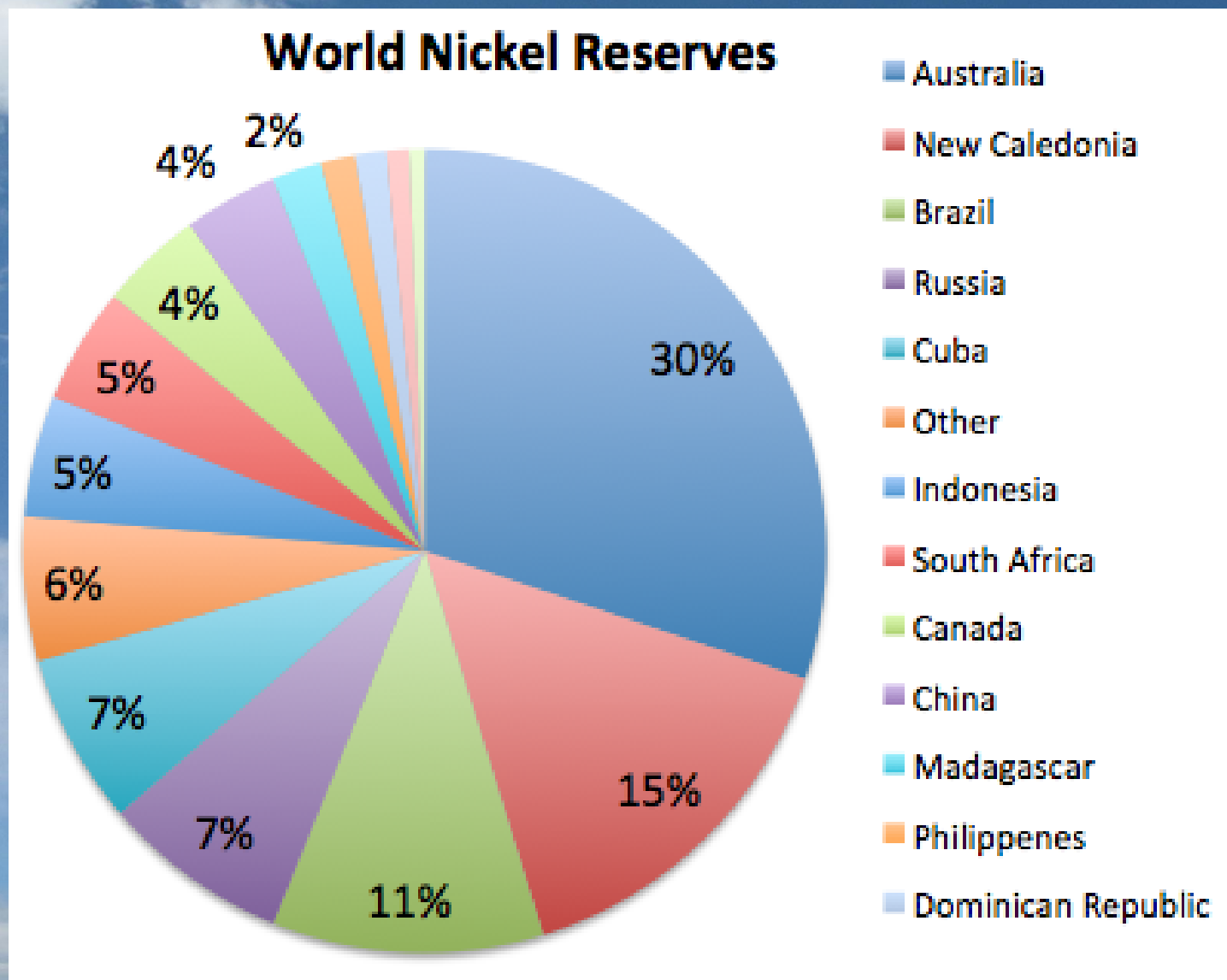
➤ Na Zemlji, nikla (Ni) ima skoro deset puta više nego kobalta i to najviše u silikatima.

➤ U rudnim nalazištima i ležištima nikal se nalazi zajedno sa arsenom, antimonom i sumporom, a najrasprostranjenija ruda ovog metala, crveno obojena, sastoji se uglavnom od *milerita-NiS* i drugih sulfidnih minerala, čiji sastav odgovara formulama: NiSb , NiAs_2 , NiAsS i NiSbS .



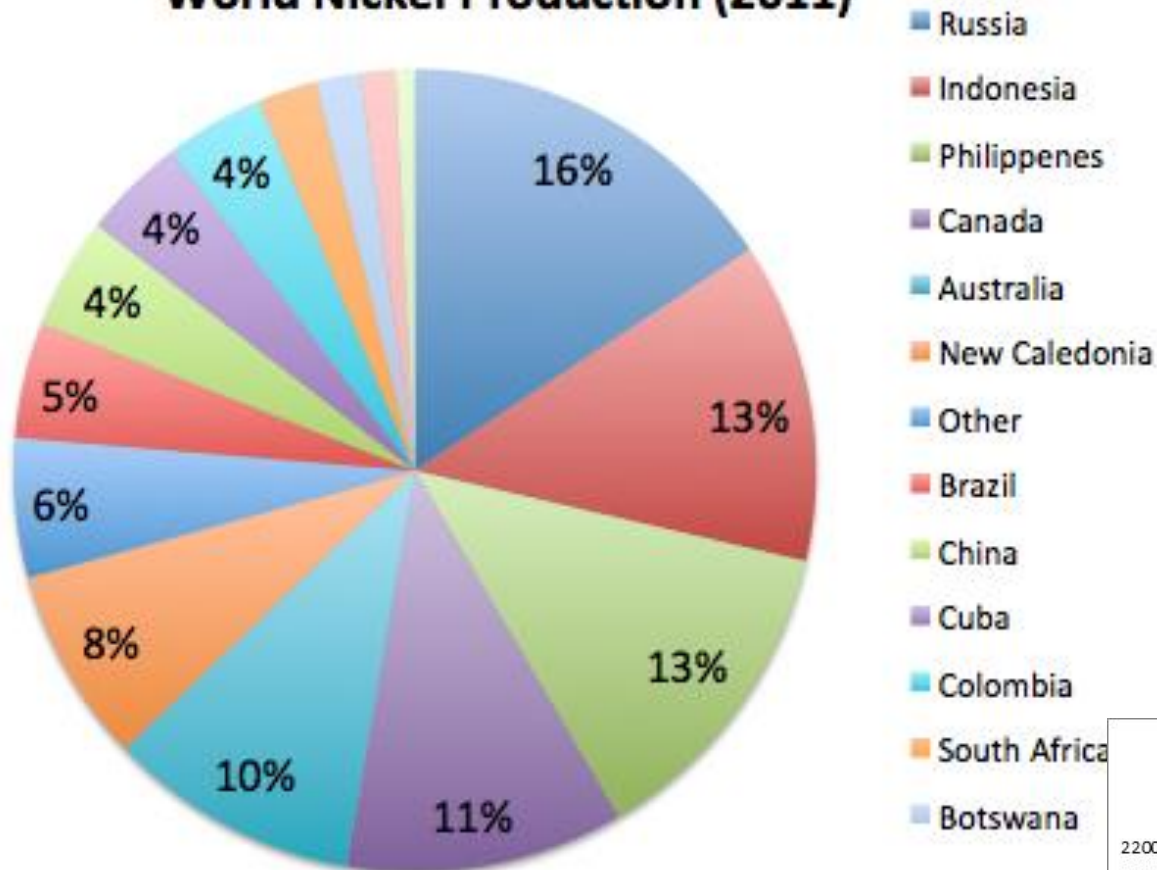
- Relativno velike količine nikla nalaze se zajedno sa manganom u mešovitom silikatnom mineralu *karneritu* promenljivog sastava.
- U *pirotitu* $\text{Fe}_n\text{S}_{n+1}$ ima 3-5% primesa nikla.
- U meteoritima ima legure Fe-Ni, a kako su oni sličnog sastava kao jezgra planeta, to je osnova pretpostavke da se značajne količine ovog metala nalaze u jezgru Zemlje.

➤ Svetska rezerve nikla

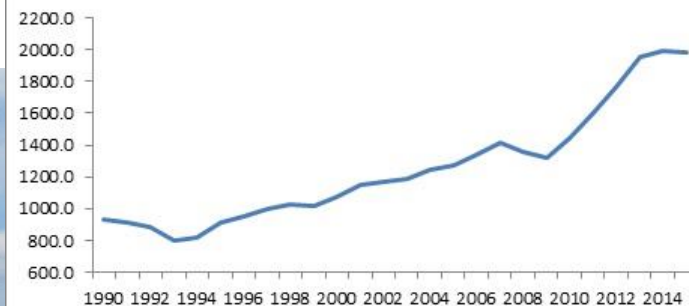


➤ Svetska proizvodnja nikla

World Nickel Production (2011)

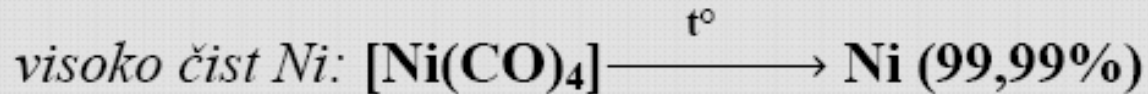
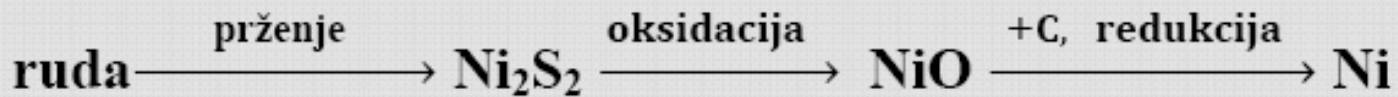


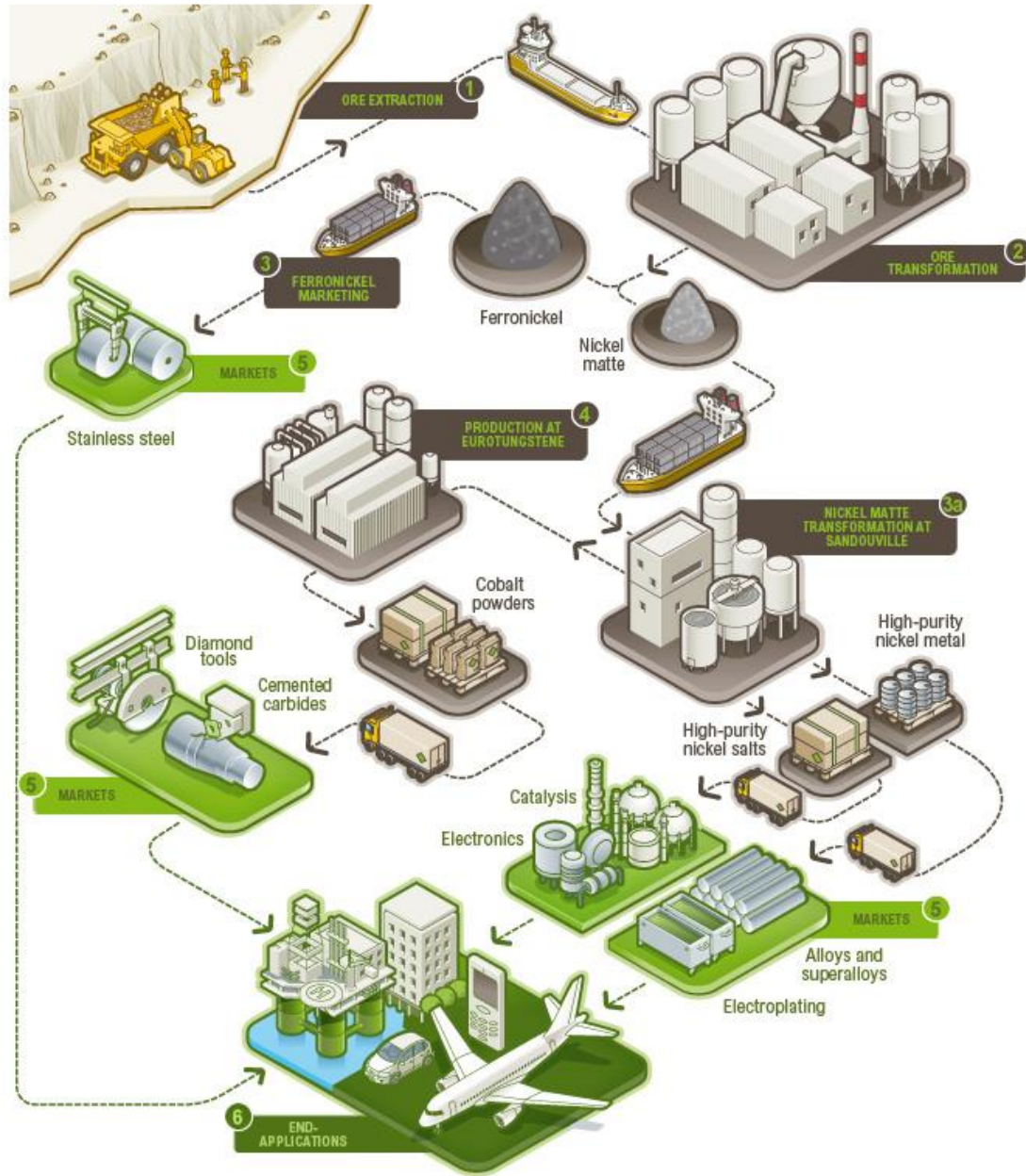
Production of Primary Nickel ('000 t)



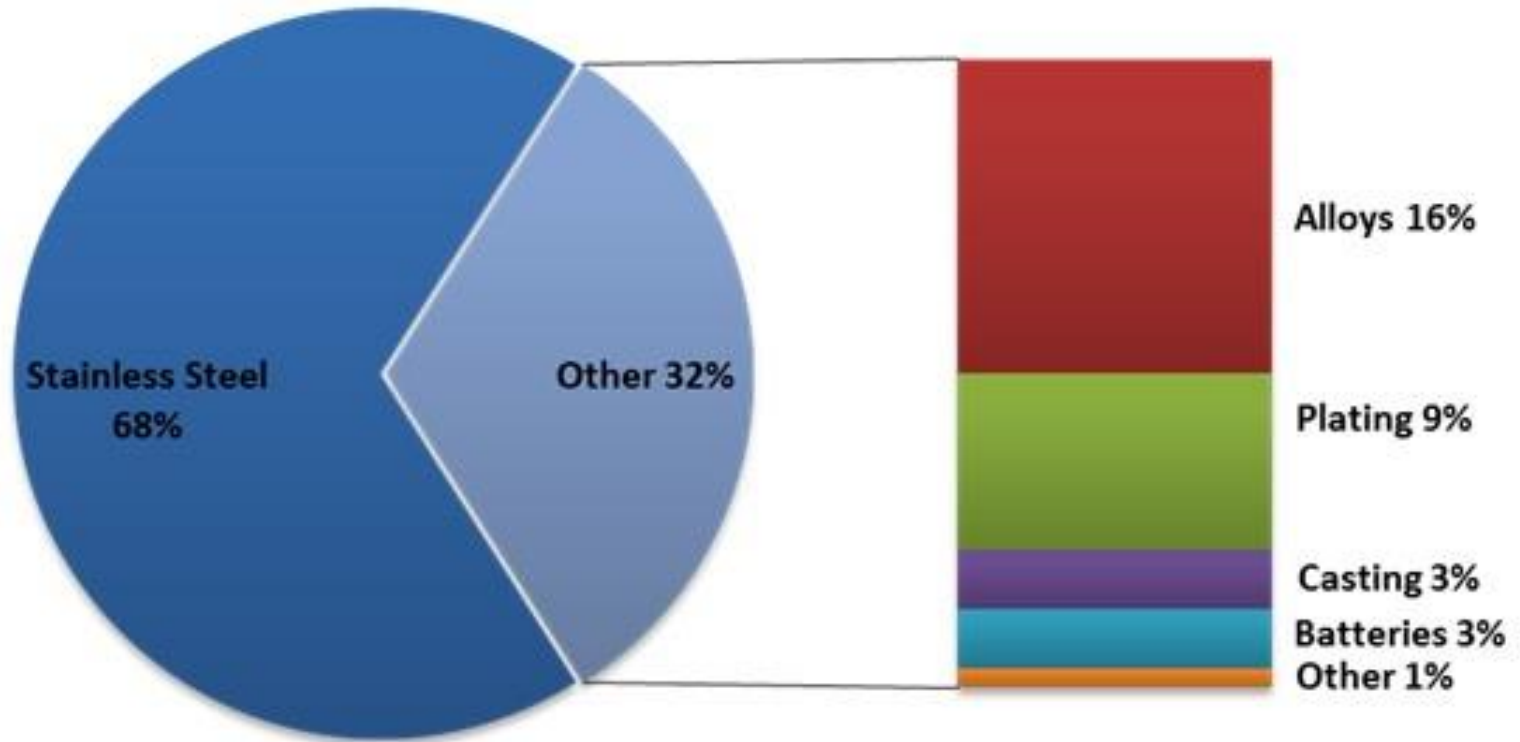
Dobijanje

- Metalurgija nikla je složena tehnološka disciplina koja obuhvata prženje ruda do sulfida Ni_2S_2 , koji se potom oksiduje do NiO , a oksid redukuje ugljenikom do metala.
- Metal visoke čistoće 99,99% dobija se termičkim razlaganjem karbonila $\text{Ni}(\text{CO})_4$.





Primena nikla



Izotopi

➤ U prirodi su zastupljeni izotopi ^{58}Ni , ^{60}Ni , ^{61}Ni , ^{62}Ni i ^{64}Ni .

<u>iso</u>	<u>NA</u>	<u>half-life</u>	<u>DM</u>	<u>DE (MeV)</u>	<u>DP</u>
^{58}Ni	68.077%	stabilan sa 30 neutrona			
^{59}Ni	<u>trace</u>	<u>7.6×10^4 y</u>	<u>ϵ</u>	0.0506	<u>^{59}Co</u>
^{60}Ni	26.223%	stabilan sa 32 neutrona			
^{61}Ni	1.140%	stabilan sa 33 neutrona			
^{62}Ni	3.635%	stabilan sa 34 neutrona			
^{63}Ni	<u>syn</u>	100 y	<u>β^-</u>	0.0669	<u>^{63}Cu</u>
^{64}Ni	0.926%	stabilan sa 36 neutrona			

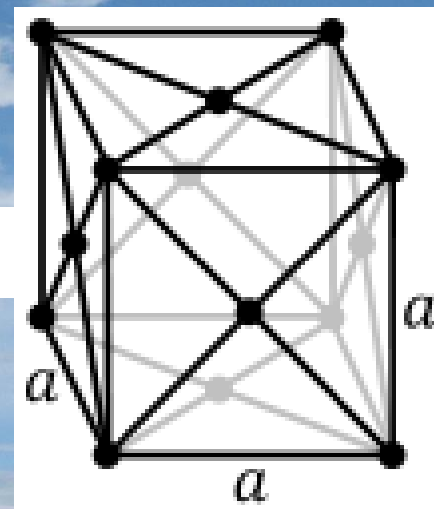
Fizičke osobine

➤ Po fizičkim osobinama, nikal je tipičan metal (sjajan, kovan, dobro se polira i ima dobru toplotnu i električnu provodljivost).

TT (°C)	1455
TK (°C)	2730
ρ (g/cm³)	8,908 _(s) ; 7,81 _(l)
Elektronegat.	1,91
At. rad. (pm)	124
Kov. rad. (pm)	124

EI (kJ/mol)	I: 737,1 II: 1753 III: 3395
--------------------	-----------------------------------

➤ Kristalna rešetka: centrirana kubna



Hemijske osobine

- Pod običnim uslovima, to je postojan metal i koristi se za izradu zaštitnih prevlaka.
- U fino dispergovanom stanju, reaguje sa kiseonikom iz vazduha i gradi oksid.
- Pod određenim uslovima proizvodi se i piroforni nikal.
- Nikal se lako rastvara u razblaženim kiselinama, a koncentrovana HNO_3 ga pasivizira.

- Tendencija opadanja stabilnosti viših oksidacionih stanja u hemiji nikla je još izrazitija u odnosu na predhodne elemente Fe i Co.
- Pod običnim uslovima, nikal gradi stabilna jedinjenja u oksidacionom stanju +2, a u nekim sistemima i kompleksima može se naći i kao Ni(III) i Ni(IV).
- Jedinjenja Ni(0) i Ni(I) su krajnje retka.
- Bez obzira na to što je za ovaj element karakteristično jedno oksidaciono stanje, hemija nikla je vrlo složena, jer ovaj metal gradi jedinjenja različitih struktura koje mogu prelaziti jedna u drugu (oktaedarska, tetraedarska, kvadratnoplanarna i polimerna).

Jedinjenja nikla

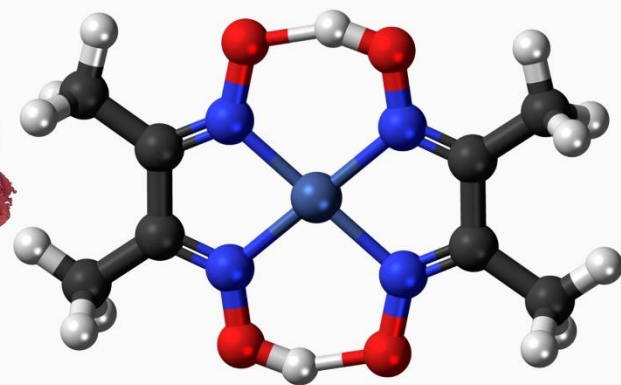
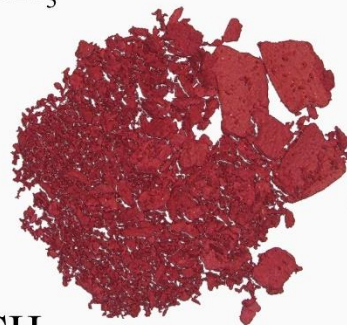
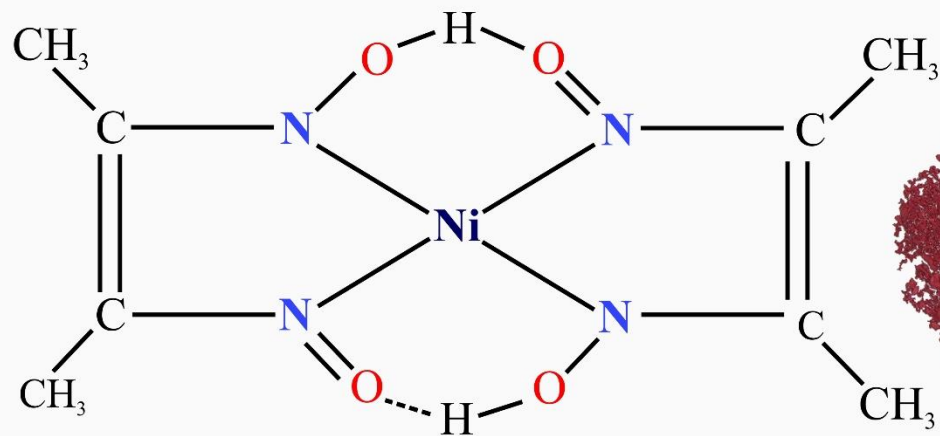
- Dvovalentni nikel gradi brojna vrlo različita jedinjenja. To osnovno oksidaciono stanje poznato je kako u hemiji njegovih vodenih, tako i nevodenih rastvora.
- Od prostih binarnih jedinjenja najpoznatiji je oksid NiO, supstanca zelene boje sa strukturom kamene soli, koja nastaje termičkim razlaganjem oksosoli Ni(II). To je u vodi nerastvorno jedinjenje, ali se rastvara u kiselinama.
- Hidroksid, Ni(OH)₂ nastaje taloženjem iz vodenih rastvora soli Ni(II) sa alkalnim hidroksidima u obliku gela zelene boje.
- Ima amfoterne osobine i u literaturi ima podataka o jedinjenjima koja se nazivaju nikelati(II).

- Poznata su sva četiri halogenida nikla, ali se ne dobijaju direktnim sjedinjavanjem elemenata.
- Ove soli su rastvorne u vodi i iz vodenih rastvora kristališu u obliku heksahidrata; a samo je NiF_2 trihidrat.
- Iz vodenih rastvora soli nikla, u prisustvu cijanida, kristališe hidratizani $\text{Ni}(\text{CN})_2$ zelene boje, a bezvodna so je žućkasto mrke boje.
- Rastvaranjem u cijanidima iz $\text{Ni}(\text{CN})_2$ jedinjenja nastaje žuti $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ jon koji kristališe iz rastvora sa promenljivim brojem molekula vode.
- U vrlo koncentrovanim rastvorima CN^- jona gradi se $[\text{Ni}(\text{CN})_5]^{3-}$ jon crvene boje postojan samo u rastvoru.

- Nikal(II) gradi brojna binarna jedinjenja sa različitim nemetalima (P, As, Sb, S, Te, C, B) koja su po pravilu nestehiometrijskog sastava.
- Sa oksidnim kiselinama, nikal gradi soli koje su uglavnom kristalohidrati i rastvaraju se u vodi, na primer $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ i druge.
- Vodeni rastvori Ni(II)- jona u odsustvu jačih kompleksirajućih agenasa od vode, sadrže jon $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ zelene boje.
- Ovaj jon postoji u kristalohidratima (solima oksidnih kiselina), ali ne i u hloridu $\text{NiCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ pošto je ova so *trans*- $[\text{NiCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]$.
- Akva jon je labilan, kao i uopšte svi kompleksi nikla(II).

- Nikal gradi brojne komplekse i to oktaedarske, tetraedarske i kvadratno-planarne strukture.
- Sa koordinacionim brojem 4 gradi brojna jedinjenja tetraedarske strukture, strogo stehiometrijskog sastava tipa: $[\text{NiX}_4]^{2-}$, $[\text{NiL}_3\text{X}]^-$, $[\text{Ni}(\text{L-L})_2]^{2+}$ u kojima je L neutralni ligand (NH_3 , arsin), L-L bidentntni npr. etilendiamin a X halogenid. Svi tetraedarski kompleksi nikla(II) su intenzivno obojeni.
- Kvadratno planarni kompleksi nikla su dijamagnetni i vrlo stabilni.

➤ Najpoznatiji među njima su narandžasti tetracijanokobalt(II)-jon $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ i tamno crveni bis(*dimetilglioksimato*)nikal(II)-jon, koji nastaje kao rezultat analitičke reakcije dokazivanja ovog jona po Čugajevu.

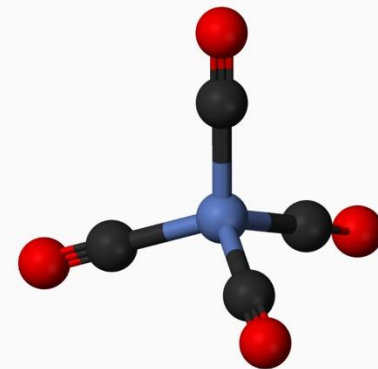
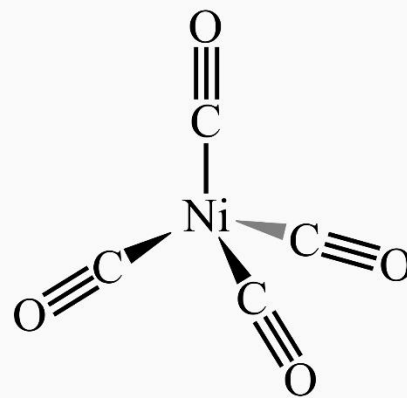


- U hemiji nikla je poznata pojava da neka dijamagnetna jedinjenja kvadratno-planarne strukture u rastvoru postaju paramagnetna. To je rezultat njihove transformacije u oktaedarske komplekse vezivanjem dva molekula liganda-rastvarača koji su dobri donori elektrona (voda, piridin, alkohol):

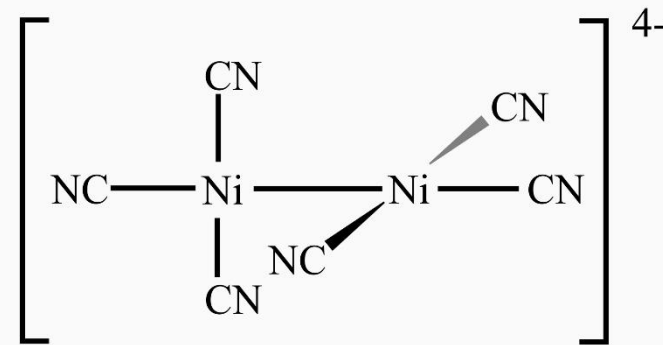


- Ravnoteža ove reakcije je pomerenjena u desno pa se tako dešava da npr. crveni dijamagnetni Ni-salicilildiminati rastvaranjem u piridinu kristališu u obliku zelenih kristala sa paramagnetnim karakteristikama.
- U hemiji kompleksnih jedinjenja nikla(0) poznati su karbonil $\text{Ni}(\text{CO})_4$ i njegovi brojni derivati tipa $\text{NiL}_x(\text{CO})_{4-x}$. Postoje i drugi kompleksi sličnog tipa ML_4 , sa ligandima koji su jake π -kiseline, kao što su PCl_3 , $\text{P}(\text{OCN})_3$ ili $\text{P}(\text{OR})_3$.

- **Nikal (0):** tetrakarbonilnikal(0) – toksično jedinjenje koje se raspada zagrijanjem $\text{Ni}(\text{CO})_4 \rightleftharpoons \text{Ni} + 4\text{CO}$



- **Nikal (I):** neuobičajeno oksidaciono stanje. Postoji Td $\text{NiBr}(\text{PPh}_3)_3$. Ni(I) kompleksi imaju Ni-Ni vezu. Kompleks $\text{K}_4[\text{Ni}_2(\text{CN})_6]$ nastaje redukcijom $\text{K}_2[\text{Ni}_2(\text{CN})_6]$ sa natrijum amalgamom.



➤ **Nikal (II):** gradi komplekse sa različitim ligandima

