



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

M6_P18

BAKAR

- *Otkriće*: praistorija
- *Ime*: od staroengleske reči „coper“, ali je izvedeno od latinske reči „Cyprium aes“ – metal sa kibra

Atomski broj	29
Grupa	11
Perioda	4
Kategorija	d-metal
A_r	63,546
Elek. konf.	Cu: [Ar] 4s ¹ 3d ¹⁰

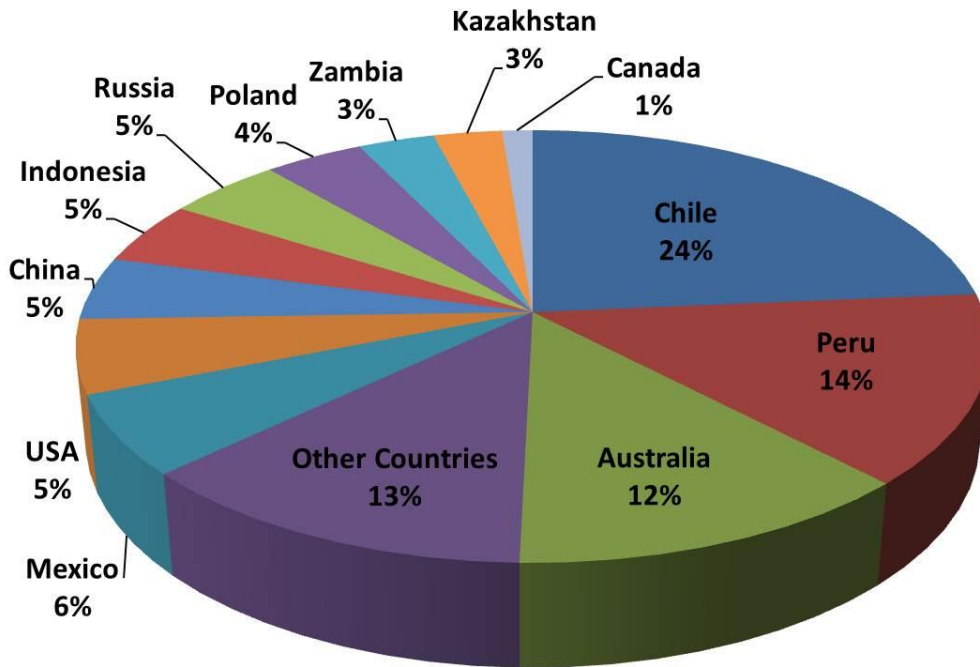


1																	18
H	2											13	14	15	16	17	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	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				

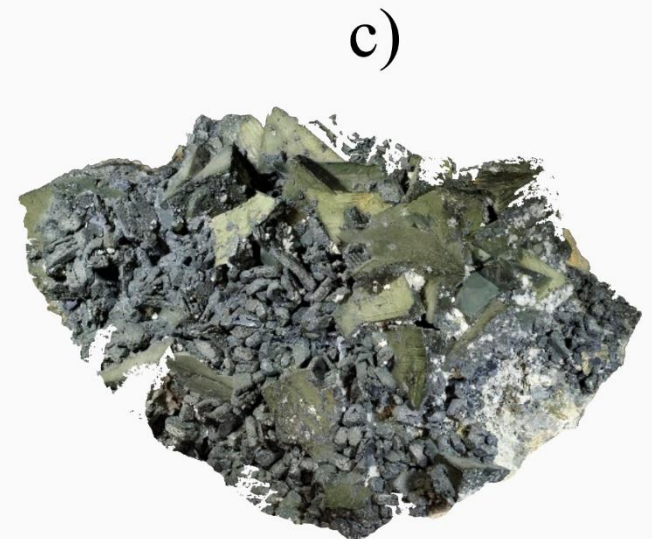
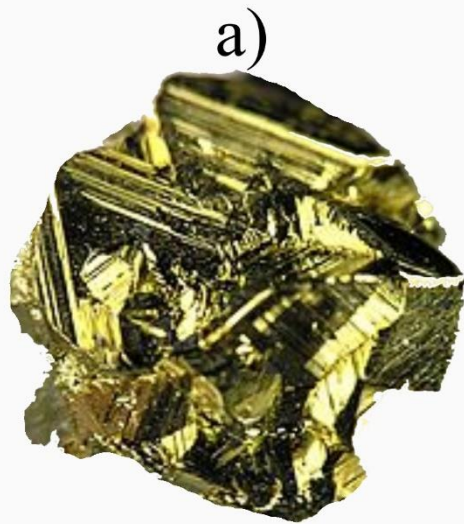
➤ Bakar (Cu) je široko rasprostranjen metal u prirodi i to kako u obliku raznovrsnih minerala, sulfida, arsenida, hlorida, karbonata, tako i u slobodnom stanju kao samородni metal; 10^{-5} % (~0,1 ppm)

Copper World Reserves

Data in thousand metric tons of copper content
World Total: 630,000



➤ Poznato je više od 100 minerala ovog elementa, a najznačajniji su od sulfidnih *halkopirit*- CuFeS_2 , *halkozin*- Cu_2S , a potom i *tetraedriti*- $(\text{Cu}_2, \text{Ag}_2, \text{Fe}, \text{Zn}, \text{Hg})_4(\text{Sb}, \text{As}, \text{Bi})_2\text{S}_7$ široko rasprostranjeni minerali hidrotermalnog porekla.

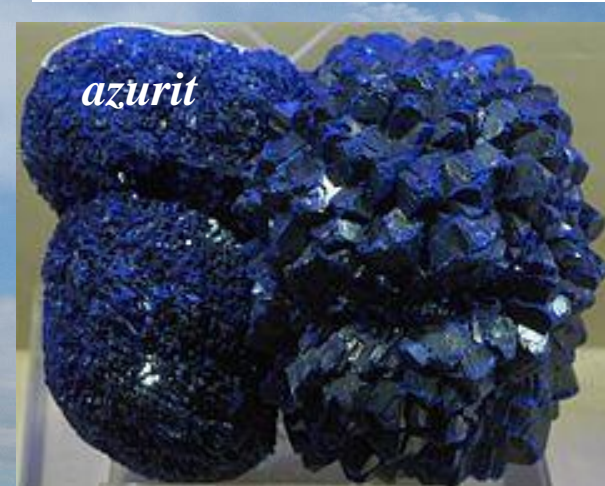


Minerali bakra: a) halkopirit, b) halkozin, c) tetraedrit

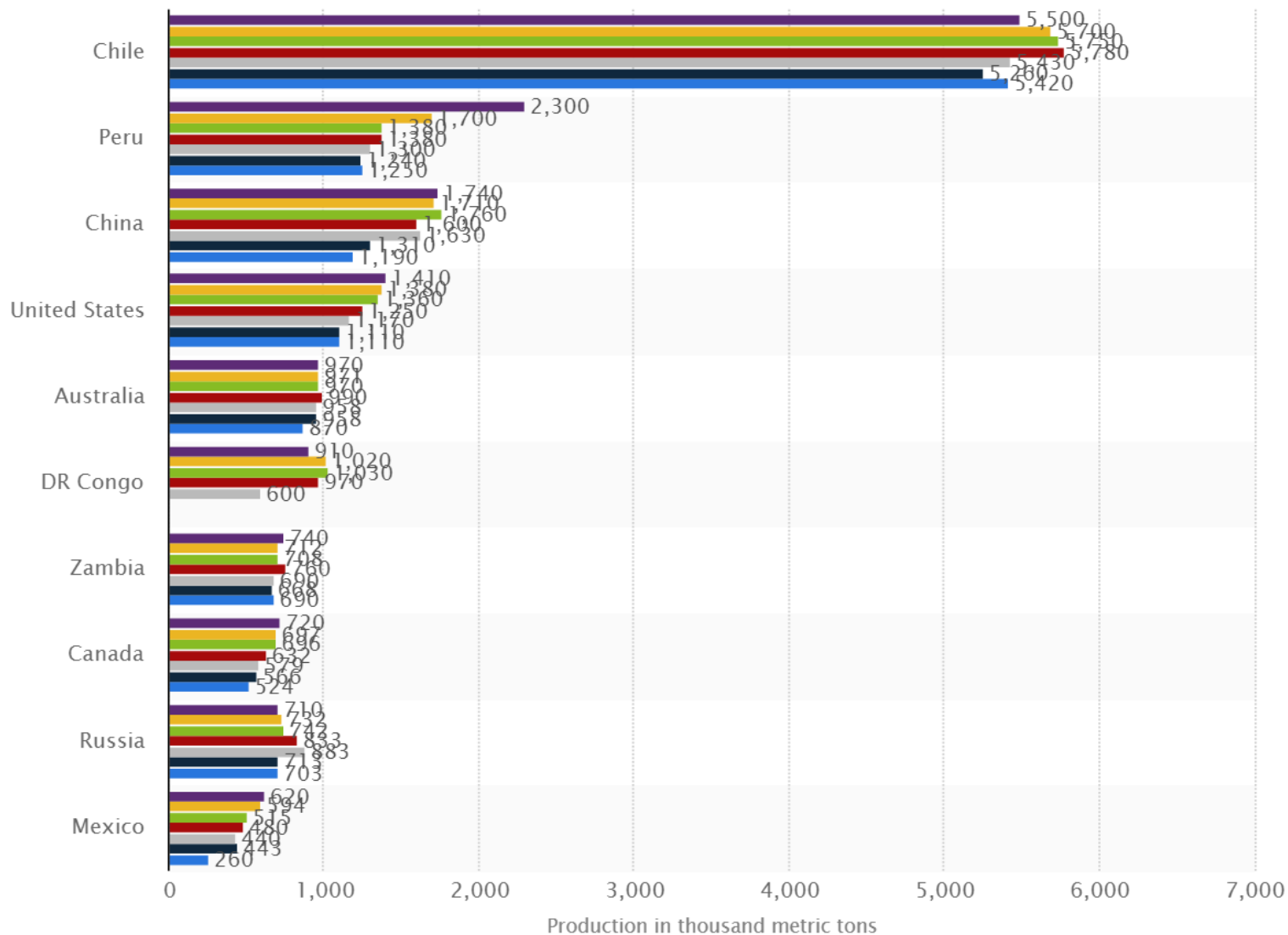
➤ Iz grupe baznih karbonata, bakar ima mineral *azurit*- $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ i to su izuzetno lepi prirodni kristali kojih ima u Austriji, Francuskoj i u Srbiji (Majdanpek).

➤ *Malahit*- $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ je mineral izrazite zelene boje, sjajan poludrugi kamen nastao raspadanjem sulfida bakra u oksidacionoj sredini.

➤ *Samorodni bakar* danas više nije ekonomski značajan izvor ovog metala, ali su to vrlo lepi kristali crvenog metala prevučeni zelenom ili plavom patinom koju čine njegovi bazni karbonati malahit i azurit.



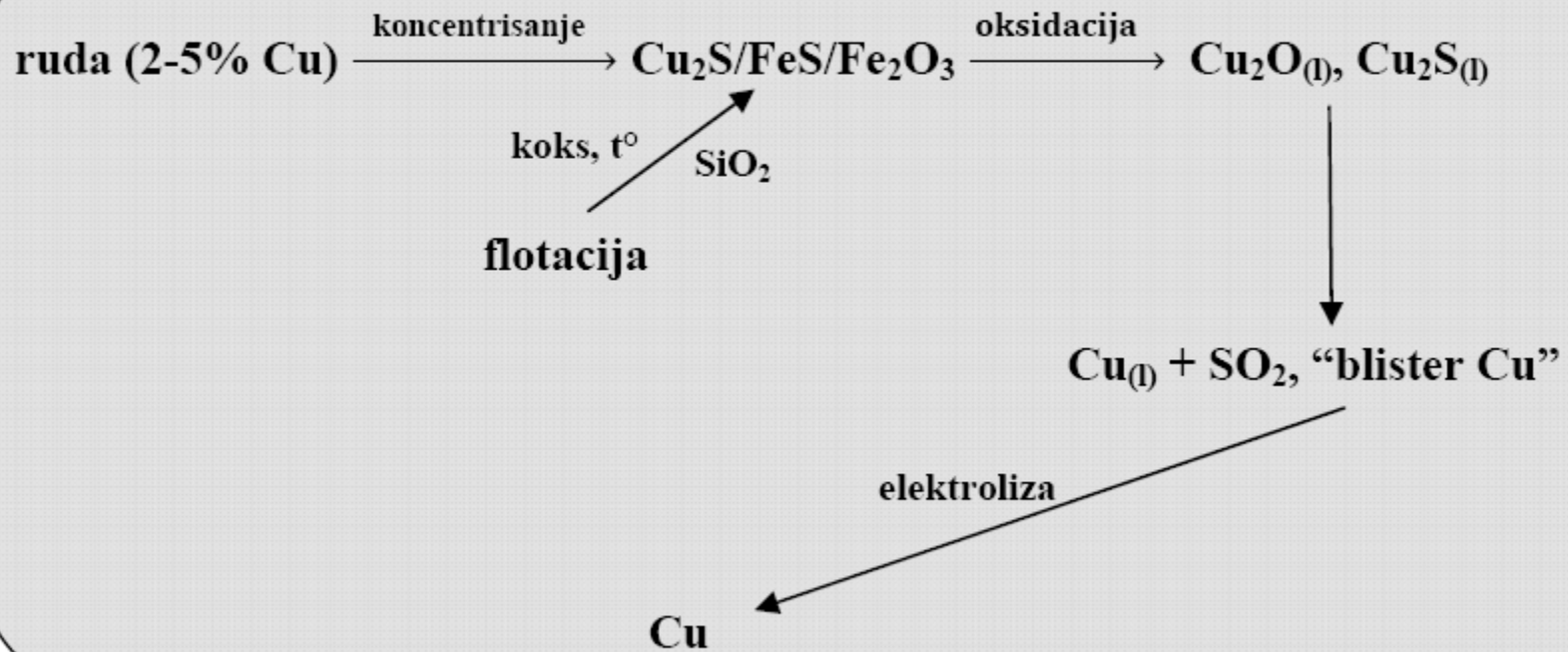
➤ Svetska proizvodnja bakra

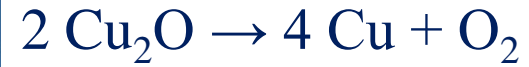
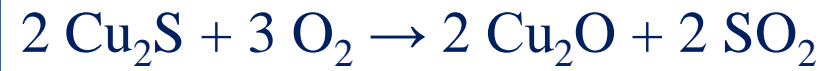
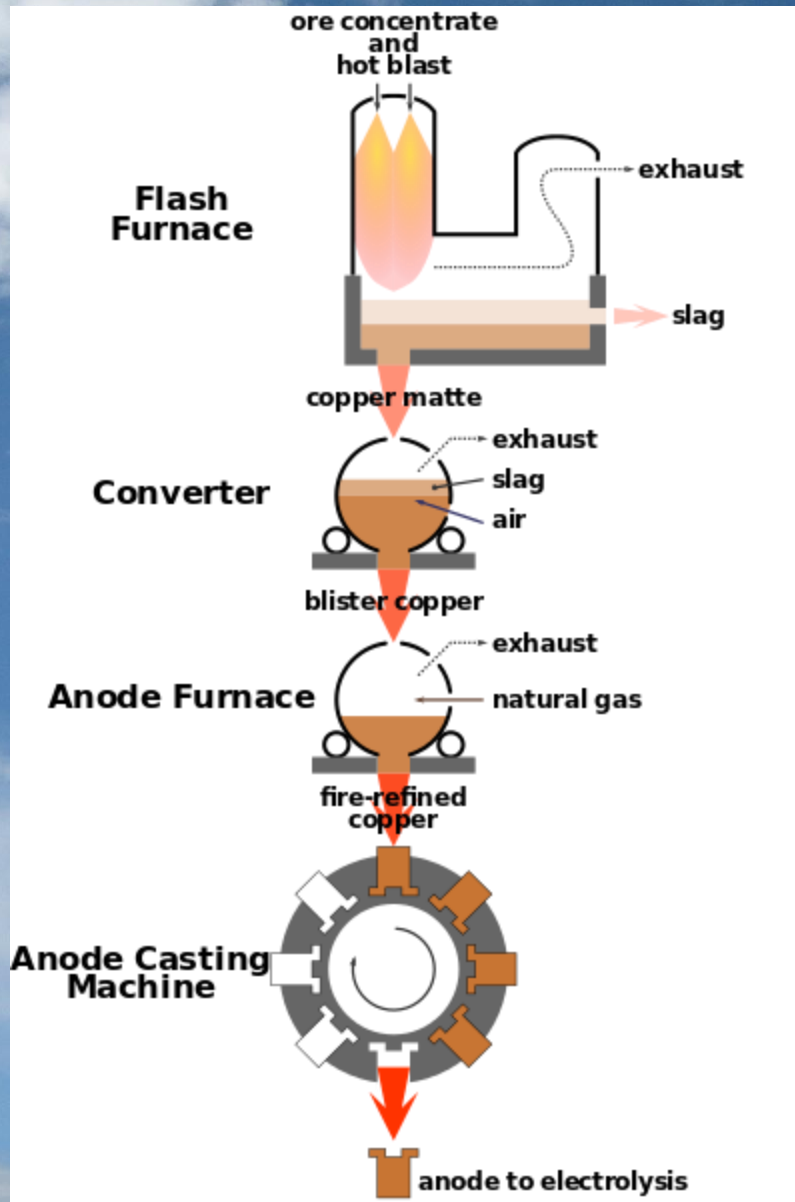


■ 2010
 ■ 2011
 ■ 2012
 ■ 2013
 ■ 2014
 ■ 2015
 ■ 2016*

Dobijanje

- Metalurško dobijanje ovog metala obuhvata proces prženja sulfidnih ruda, zatim njihovo topljenje i elektrolitičko prečišćavanje.

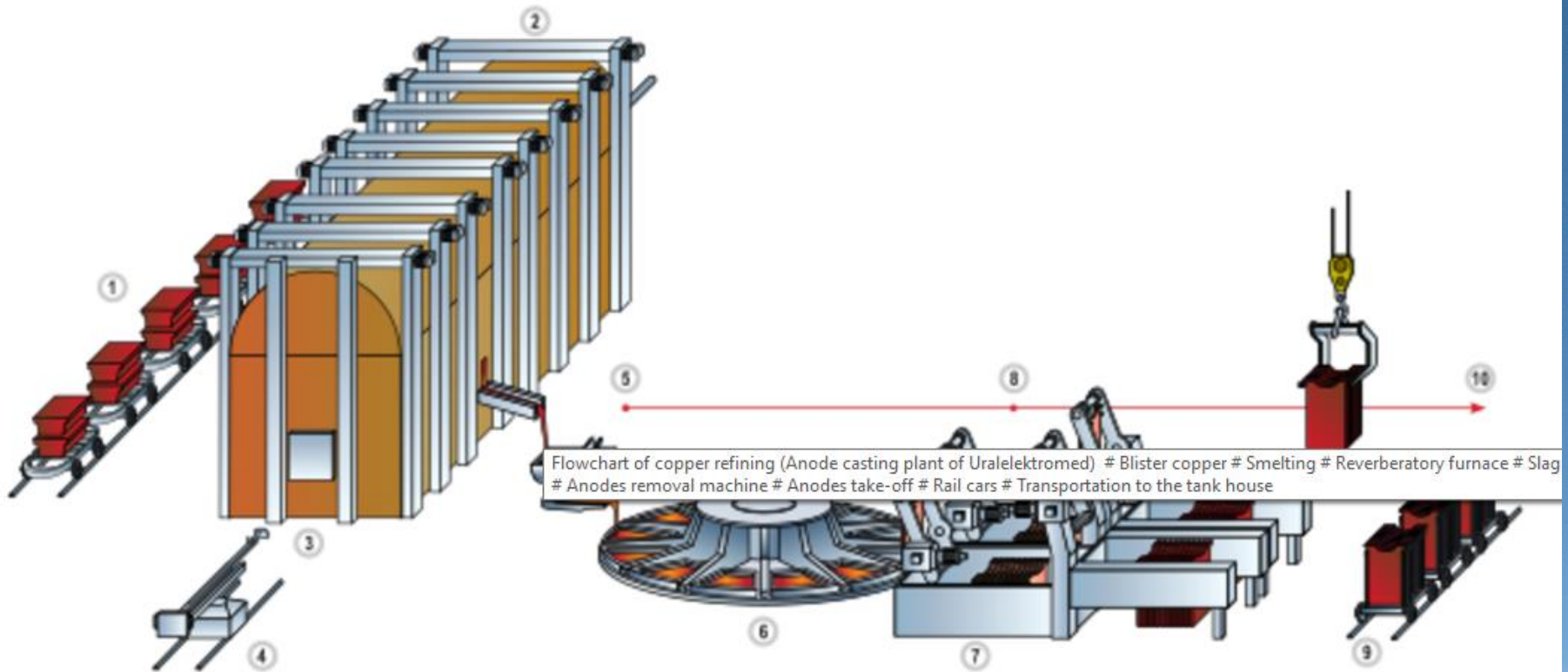




➤ Proces topljenja bakra

▼ Flowchart of copper refining (Anode casting plant of Uralelektromed)

1. *Blister copper*
2. *Smelting*
3. *Reverberatory furnace*
4. *Slag removal*
5. *Copper casting of anodes*
6. *Casting wheel*
7. *Anodes removal machine*
8. *Anodes take-off*
9. *Rail cars*
10. *Transportation to the tank house*

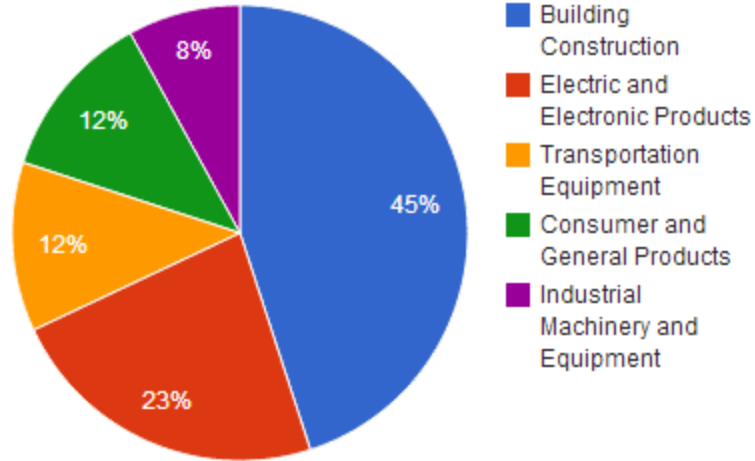


Printscreen: <https://en.wikipedia.org/wiki/Copper>

➤ Šematski prikaz refinacije bakra

Primena bakra

Uses of Copper in the United States During 2011



COPPER IN HISTORY



Cu Jug



Cu Plate



Cu Plate



Tibetan ethnic

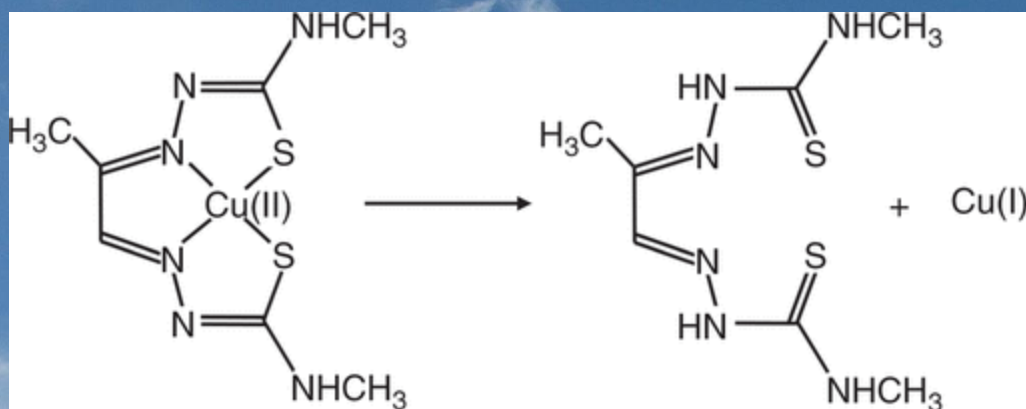


Personifying Copper



Izotopi

- 29 izotopa bakra; ^{63}Cu i ^{65}Cu su stabilni, i jedan i drugi imaju spin $3/2$
- ^{62}Cu se koristi za pozitron emisiju tomografiju u formi ^{62}Cu -PTSM [^{62}Cu -pyruvaldehide bis(N^4 -methyl-thiosemicarbazone)].



Izotop	zastuplje.	Polu-vreme	DM	DE (MeV)	DP
^{63}Cu	69.15%	stabilan			
^{64}Cu	Sint.	12.70 h	ϵ	—	^{64}Ni
			β^-	—	^{64}Zn
^{65}Cu	30.85%	stabilan			
^{67}Cu	syn	61.83 h	β^-	—	^{67}Zn

Fizičke osobine

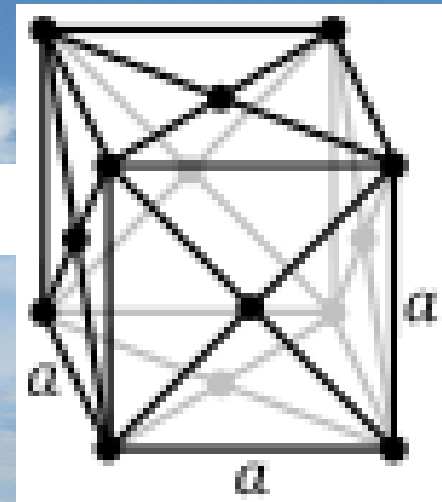
➤ Bakar je mek, kovan metal crvene boje, visoke toplotne i elektroprovodljivosti.



TT (°C)	1084.62
TK (°C)	2562
ρ (g/cm³)	8,96 _(s) ; 8,02 _(l)
Elektronegat.	1,90
At. rad. (pm)	128
Kov. rad. (pm)	132

EI (kJ/mol)	I 745.5 kJ/mol
	II 1957.9
	III 3555

➤ Kristalna rešetka: “face-centered cubic“



Hemijske osobine

- To je plemenit metal, stajanjem na vazduhu oksiduje se po površini gradeći tanku opnu baznog karbonata.
- Na temperaturi crvenog usijanja reaguje sa kiseonikom i gradi oksid CuO, a na višoj temperaturi oksid Cu₂O, dok sa sumporom daje sulfid Cu₂S.
- Bakar reaguje sa halogenim elementima, ali se ne rastvara u razblaženim kiselinama u odsustvu kiseonika.
- Dobro se rastvara u nitratnoj kiselini i sulfatnoj kiselini



- a takođe i u amonijaku i kalijum-cijanidu uz kiseonik iz vazduha:



➤ Prema valentnoj elektronskoj konfiguraciji **Cu:**[] **4s¹ 3d¹⁰**, bakar ima 1 elektron u četvrtom energetskom nivou, iznad popunjenog 3d- podnivoa, a ti d- elektroni relativno malo zasenjuju s- elektron od jezgra u poređenju sa elektronskim oblakom plemenitih gasova, pa Cu ima relativno visoku I E- jonizacije i visoku tačku topljenja u odnosu na alkalne metale (i oni imaju ns¹ elektronsku konfiguraciju).

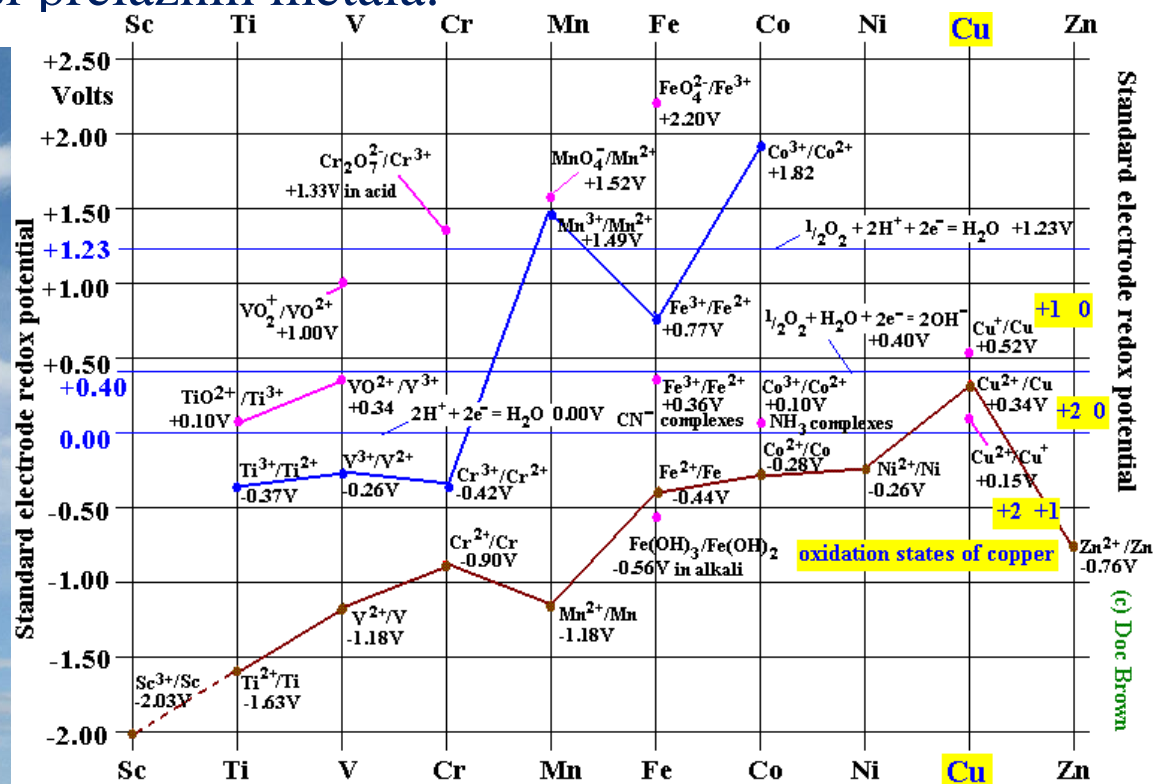
Metal	Li	Na	K	Cu
1 st EI [kJ/mol]	520	496	419	745,5

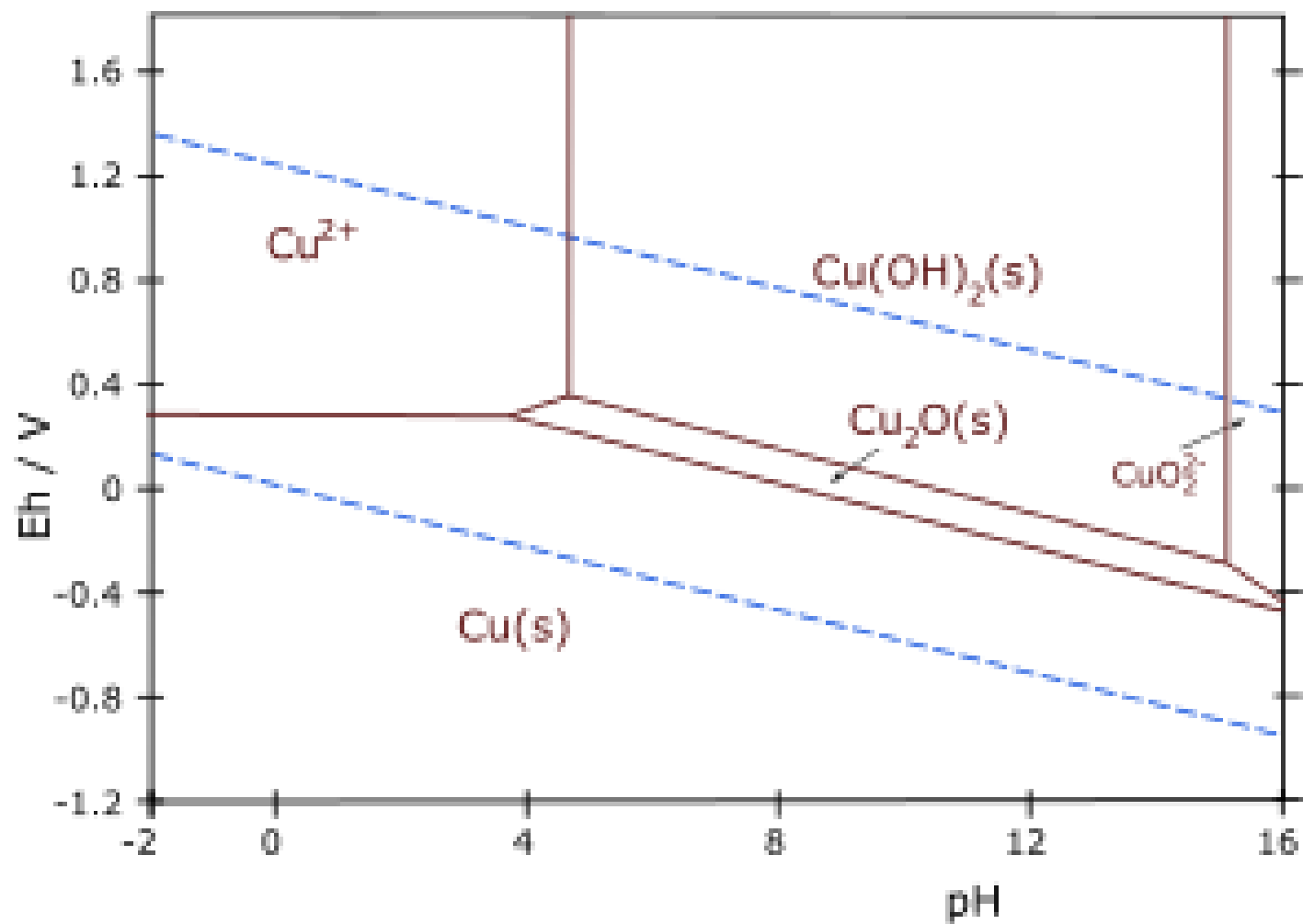
➤ U kristalnoj rešetci bakra osim s-elektrona, učestvuju i 3d-elektroni, pa je ovaj metal plemenitiji od drugih do sada razmatranih d- metala, a njegova jedinjenja su sa izraženijim kovalentnim karakterom veze.

➤ Druga i treća E_j Cu je mnogo manja nego kod alkalnih metala, što u znatnoj meri objašnjava pripadnost ovog elementa d- metalima i njegovu sposobnost da gradi paramagnetna i obojena jedinjenja sa stepenima oksidacije +2 i +3.

➤ Bakar gradi brojna jedinjenja i u oksidacionom stanju +1, a neka od njih su istog tipa kao i kompleksi prelaznih metala.

Metal	II EI	III EI
Li	7297	11810
Na	4562	6910.3
K	3052	4420
Cu	1957.9	3555





Eh-pH dijagram za Co

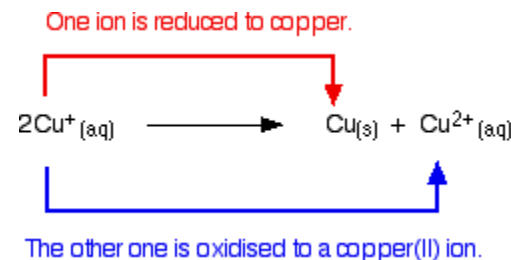
Jedinjenja Cu(I) jona

- Jon **Cu(I)**: [] $3d^{10}$ je stabilan, a njegova jedinjenja su dijamagnetna i **bezbojna**, sem u slučajevima kada je boja rezultat apsorpcije sa prenosom naelektrisanja ili uslovljena bojom anjona.



- Očigledno je da jon Cu^+ u vodenim rastvorima može postojati u beznačajno niskoj koncentraciji.
- Jedinstven primer u vodi stabilnog jedinjenja Cu(I) je teško rastvoran hlorid CuCl i manje značajan cijanid CuCN .

- Soli Cu(I) sa oksoanjonima mogu nastati samo u nevodenim sredinama, a u vodi se disproporcionišu do metala i soli Cu(II). Ta nestabilnost u vodi posledica je **visoke energije hidratacije jona Cu²⁺ i veće energije rešetke njegove soli**. Ravnoteža sistema:

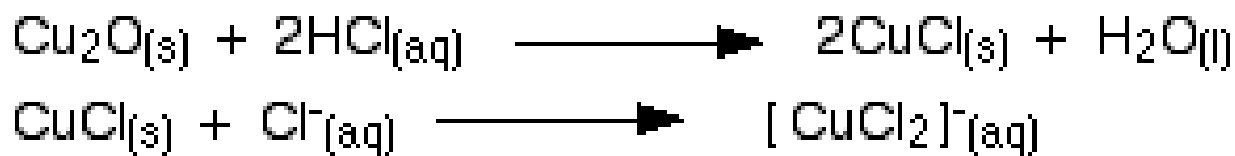


zavisi od prirode liganada u sistemu, njihove geometrije i helatne prirode:



- Od svih jedinjenja jednovalentnog bakra najstabilniji su oksid i sulfid.
- Pod određenim uslovima mogu se dobiti halogenidi Cu(I) (sem fluorida), a isti se rastvaraju u prisustvu kompleksirajućih jona: CN⁻, NH₃, S₂O₃²⁻, a i samih X⁻ jona. CuCl u 1M rastvoru KCl gradi CuCl₂⁻ jon, a u koncentrovanijem rastvoru postoje i joni CuCl₃²⁻ i CuCl₄³⁻.

- Bakar(I) gradi kompleksna jedinjenja sa ligandima koji ne formiraju π veze (NH_3), zatim sa ligandima $p\pi$ - donorima i $d\pi$ - donorima (hloridima, cijanidima, olefinima, acetilenom).
- Sa monodentantnim ligandima gradi stabilne komplekse sa KB 2 linearne strukture: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{CuCl}_2]^-$, $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$.

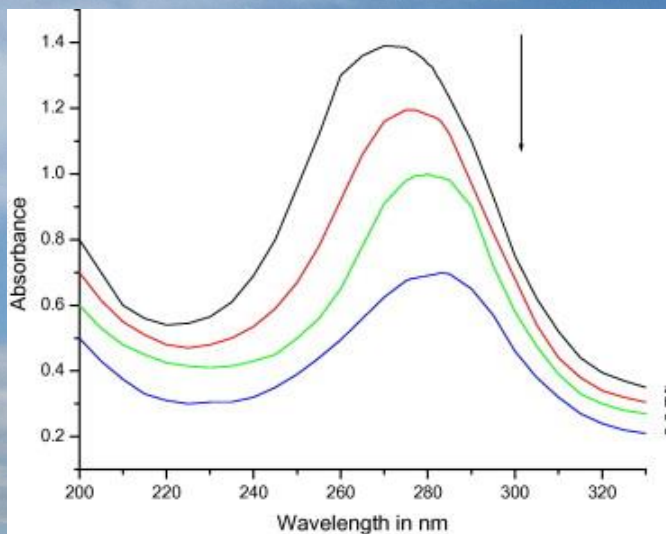
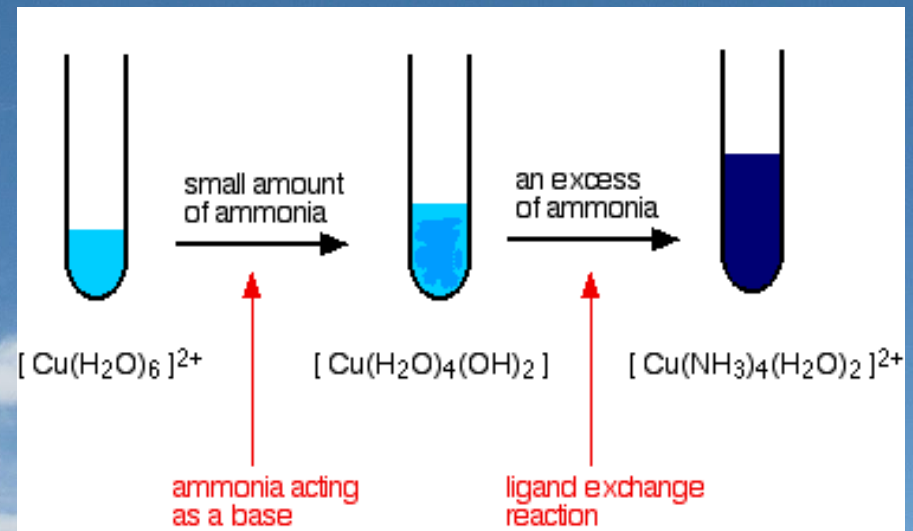
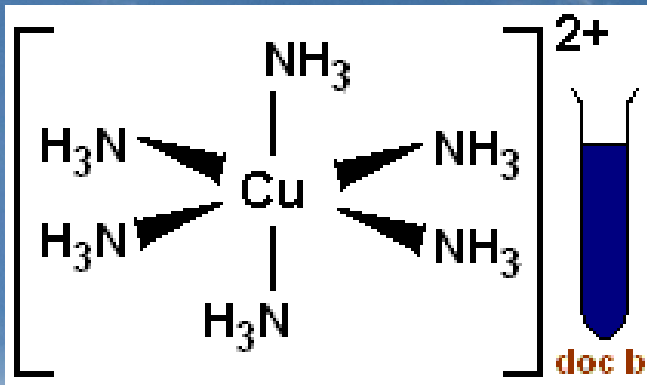


- Kompleksi sa koordinacionim brojem bakra 4 su deformisane T_d -strukture.
- Sa cijanidom, Cu(I) gradi polimerne spiralne strukture sa koordinacionim brojem 3. Ditiokarbamati bakra su takođe kompleksi-polimeri.

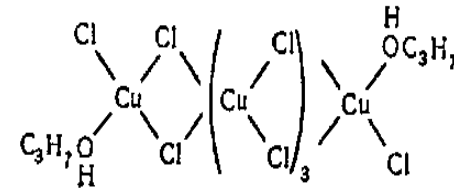
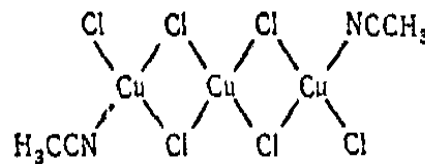
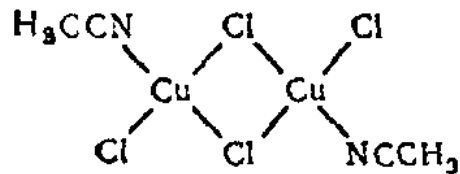
Jedinjenja Cu(II) jona

- Većina jedinjenja Cu(I) oksiduje se do jedinjenja Cu(II), dalja oksidacija do Cu(III) nije jednostavna, pa je **Cu(II) najrasprostranjenije oksidaciono stanje ovog metala.**
- Hemija vodenih rastvora Cu(II)- jona je dosta obimna jer ovaj jon gradi brojne rastvorne soli i veliki broj kompleksnih jedinjenja.
- Zagrevanjem okso soli Cu(II) nastaje oksid CuO koji se na višim temperaturama razlaže do Cu₂O oksida, a sa vodonikom i CO lako se redukuje do metala.

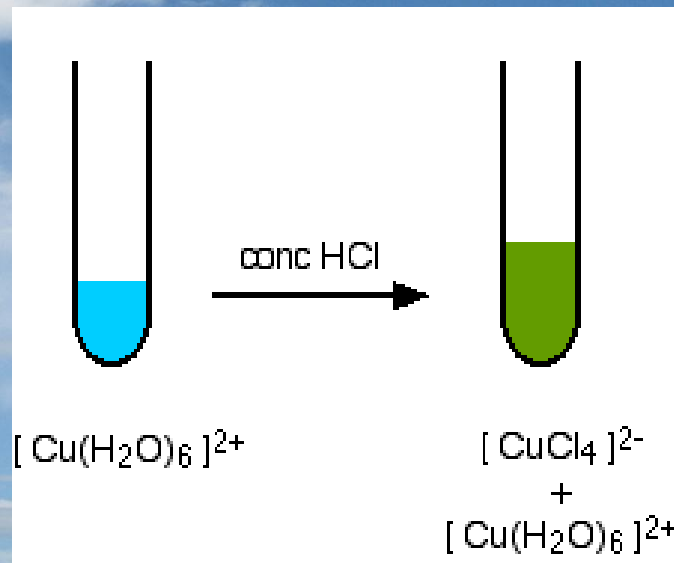
➤ Hidroksid $\text{Cu}(\text{OH})_2$ nastaje taloženjem jona $\text{Cu}(\text{II})$ sa alkalnim hidroksidima, dok sa amonijum-hidroksidom nastaje karakterističan tetraaminski kompleks intenzivne plave boje.



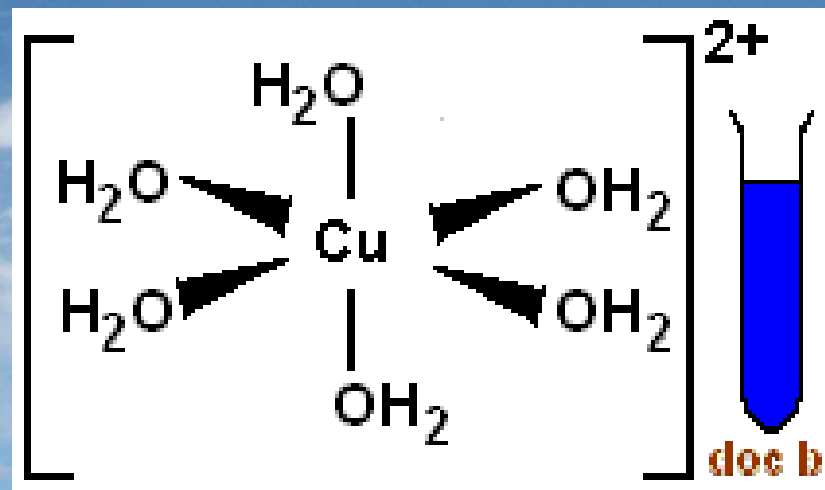
➤ Sa hloridom bakar gradi interesantne polimerne komplekse sa hloridnim mostovima:



➤ Prost hlorokuprat(II)-jon $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ je žute boje, jon deformisane oktaedarske strukture je narandžaste boje, a polimer $[\text{Cu}_2\text{Cl}_6]^{2-}$ je tamno crven.



- Tehnički najvažnija so bakra je hidratizirani sulfat $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – “plavi kamen”.
- Sa anjonima organskih kiselina, bakar gradi soli/dimere: $[\text{Cu}_2(\text{OCOCH}_3)_4] \times 2\text{H}_2\text{O}$, slične strukture kao Cr(II)- acetat.
- U vodenim rastvorima soli Cu(II) postoji $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ jon u kome su dva molekula vode u *trans* položaju na većem rastojanju.

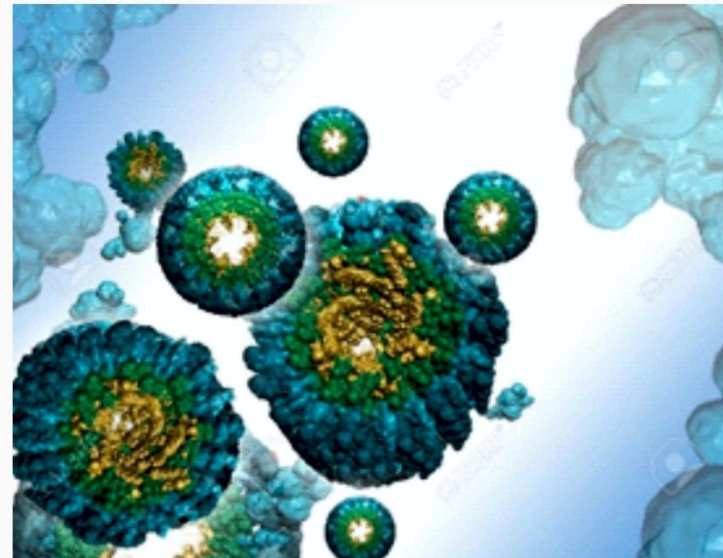
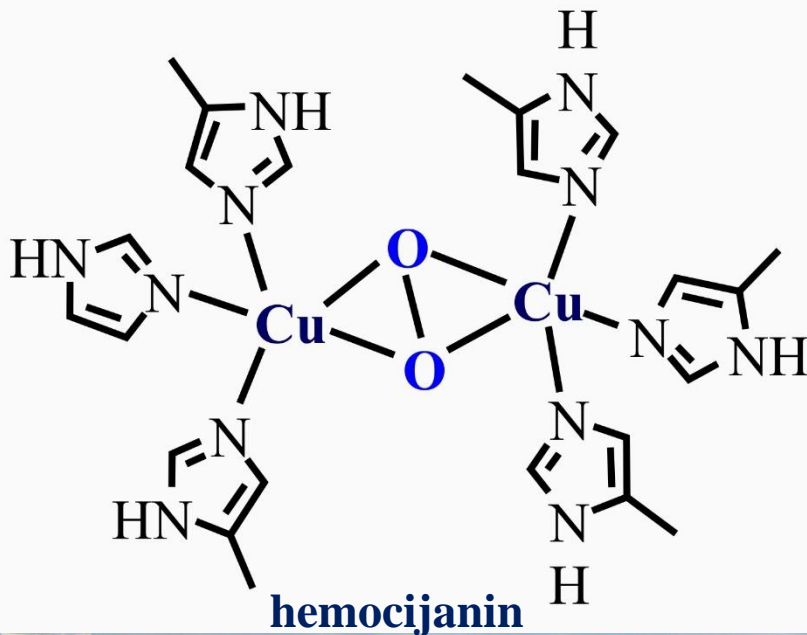


➤ Kompleksni jon Cu(II) je značajan katalizator u mnogim procesima oksidacije.

➤ Par Cu(I) – Cu(II) učestvuje u mnogim oksido-redukcionim ciklusima.

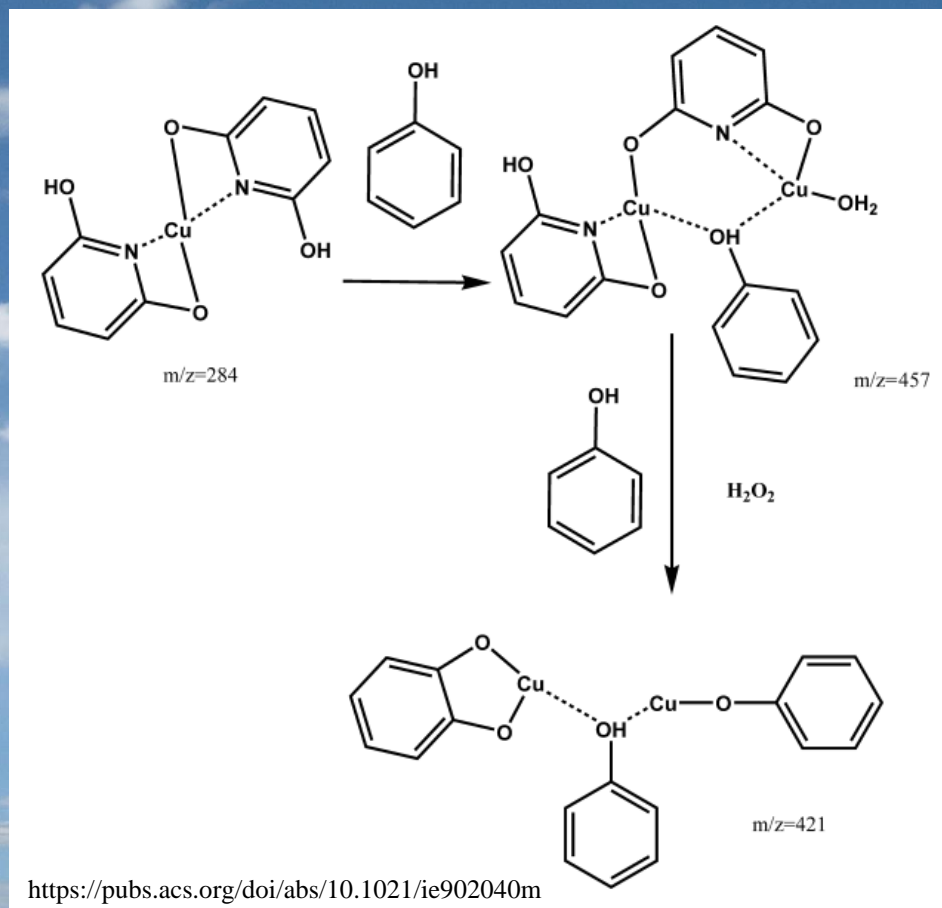
Bakra ima u fermentu fenolazi, a Cu(I) u **hemocijaninu**.

➤ Oba ova proteina transportuju kiseonik, slično hemoglobinu, a u tim procesima verovatno sudeluju čestice tipa ili $\text{CuO}_2\text{Cu}^{2+}$.

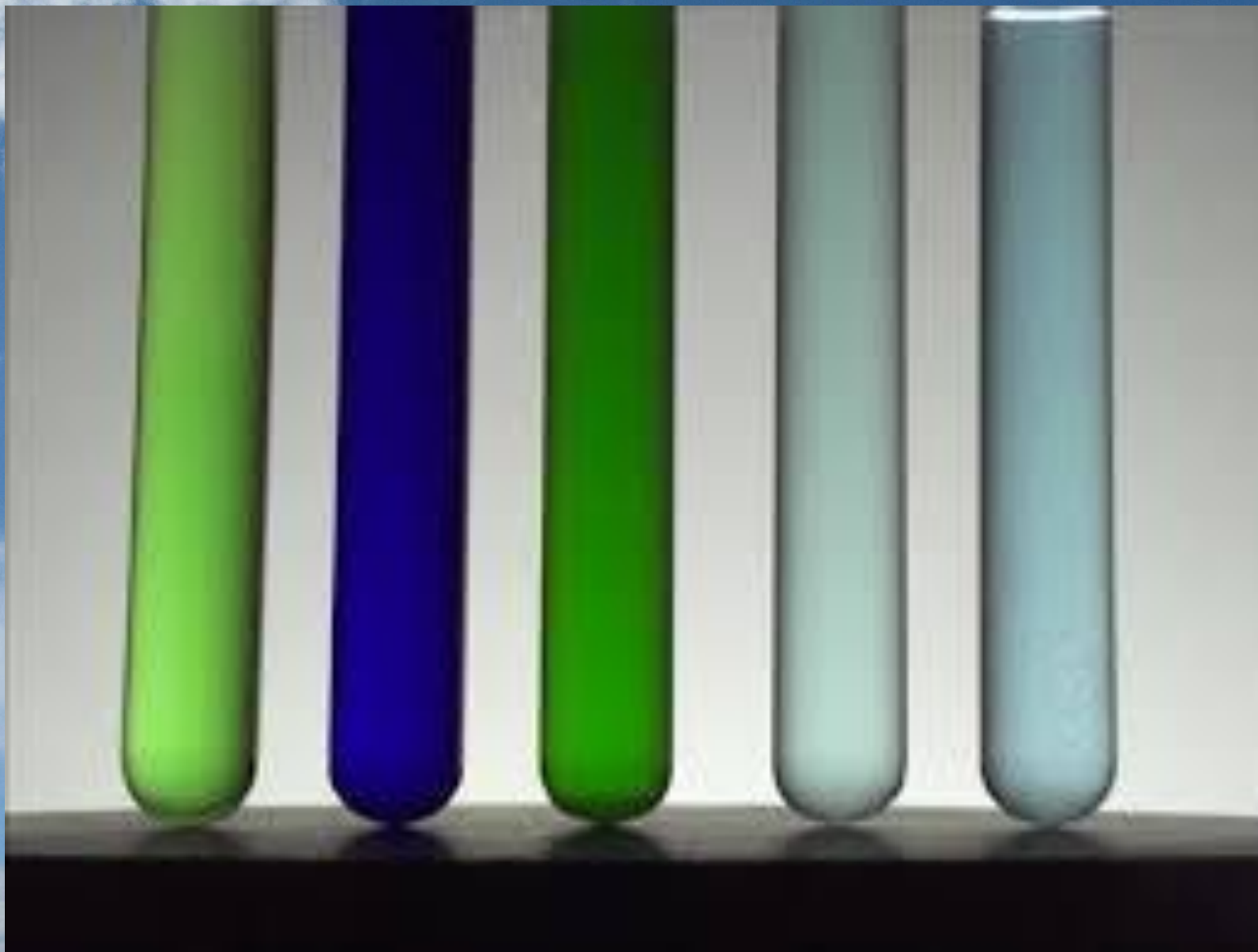


➤ Sistem Cu^{2+} –amin– H_2O_2 ima osobine fermenta fenolaze, tj. katalizuje hidroksilovanje fenola u *orto* položaju.

➤ U nekim kristalnim jedinjenjima, ali više u kompleksima postoji i jon Cu(III) izoelektronske konfiguracije sa Ni(II) jonom.






Cu(II) kompleksi



<https://www.youtube.com/watch?v=6yyIpS3mXr8>

CINK, KADMIJUM, ŽIVA

	Zn	Cd	Hg
<i>Otkriće:</i>	Izolovan 1746, ali poznat još u doba Rimljana i Grka	1817, Friedrich Stromeyer	Pre 3500 god
<i>Ime:</i>	Od nemačke reči „zin“ - kalaj	grčka reč „cadmia“ - zemlja	Po polaneti Merkur
			
<i>Rasprostranjenost:</i>	$\sim 10^{-2} \%$	$< 10^{-2} \%$	$< 10^{-4} \%$
<i>El. Konf.</i>		$ns^2(n-1)d^{10}$	

➤ Opšta elektronska konfiguracija ovih elemenata je M: [] (n-1)d¹⁰ ns² i kod njih se završava popunjavanje odgovarajućih d-podnivoa elektronima u I, II i III seriji prelaznih elemenata.

➤ Ova elektronska konfiguracija se smatra stabilnom i zato se ovi elementi u mnogome razlikuju od ostalih teških metala.

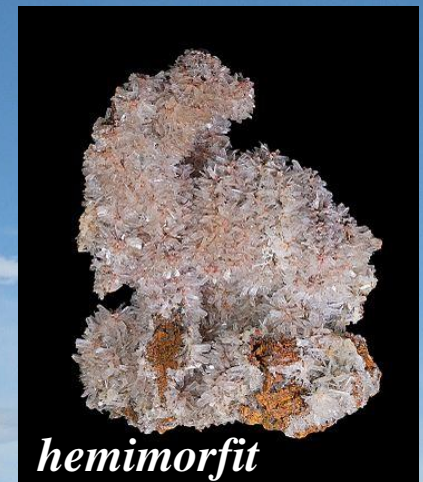
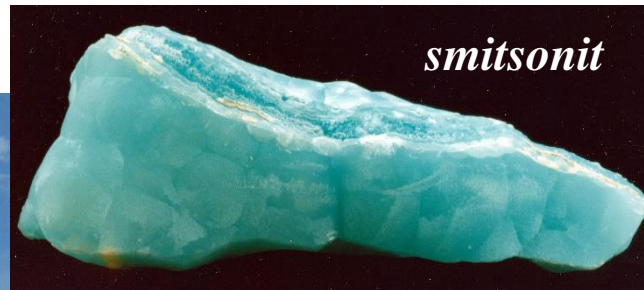
➤ Njihovi d-elektroni su slabo angažovani u stvaranju metalnih veza pa stoga imaju niže tačke topljenja u poređenju sa d-metalima, a živa je pod običnim uslovima u tečnom agregatnom stanju jer sa porastom naelektrisanja jezgra u grupi opada jačina metalne veze.

➤ Pošto su kod cinka, kadmijuma i žive ns-elektroni poslednjeg energetskog nivoa jače vezani za jezgro nego kod zemnoalkalnih metala, oni su slabije angažovani, ne samo u metalnoj vezi, već i u ostalim tipovima veza koje ostvaruju građenjem jedinjenja sa drugim elementima.

➤ Jedinjenja ovih elemenata imaju pretežno kovalentni tip veze.

➤ Prema valentnoj elektronskoj konfiguraciji Zn, Cd i Hg grade jedinjenja sa oksidacionim stanjem +2, a prisustvo (n-1) d^{10} elektrona u poslednjem energetskom nivou čini odgovarajuće M^{2+} jone jako polarizabilnim.

- Cink je relativno rasprostranjen element i u Zemljinoj kori ga ima oko 100 puta više nego bakra na primer.
- Najvažnije rude ovog metala su sulfidne sa mineralom ZnS – *sfaleritom* i *vurcitom*, a ima ga i u karbonatnom mineralu *smitsonitu* - $ZnCO_3$.
- Ima ga i u *hemimorfitu* – $ZnSiO_4 \times H_2O$, *cinkitu* - ZnO
- Sfalerit uvek sadrži primese kadmijuma, koga ima oko 1000 manje na Zemlji nego cinka.



➤ Kadmijum se javlja u obliku sledećih minerala: *grinokit* – CdS; *otavit* – CdCO₃ i *monteponit* - CdO



Kristali grinokita iz rudnika Tsumeb,
Namibija (širina 1 mm)



Otavite, Tsumeb, Oshikoto Region,
Namibia

monteponit



➤ Žive u prirodi ima skoro 20 puta više nego kadmijuma, uglavnom u obliku sulfida HgS u mineralu *cinabaritu*, koga u rudama ima manje od 1%.

➤ Ostali minerali žive: *tiemanit* HgSe, *koloradoit* HgTe, *kalomel* Hg₂Cl₂

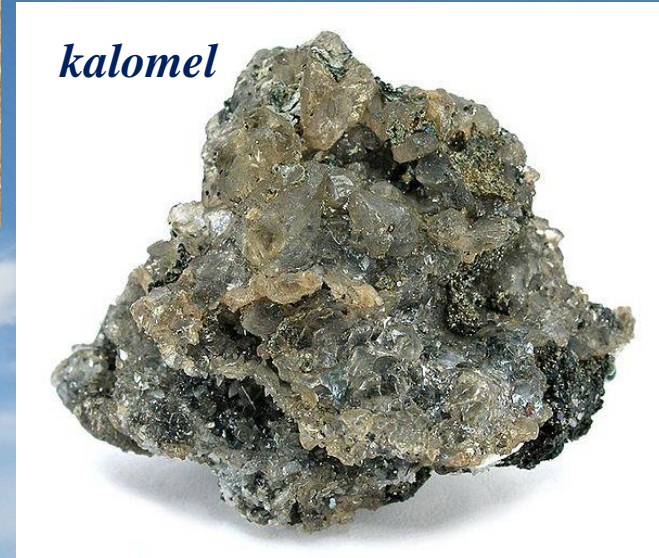
cinabarit



koloradoit



kalomel



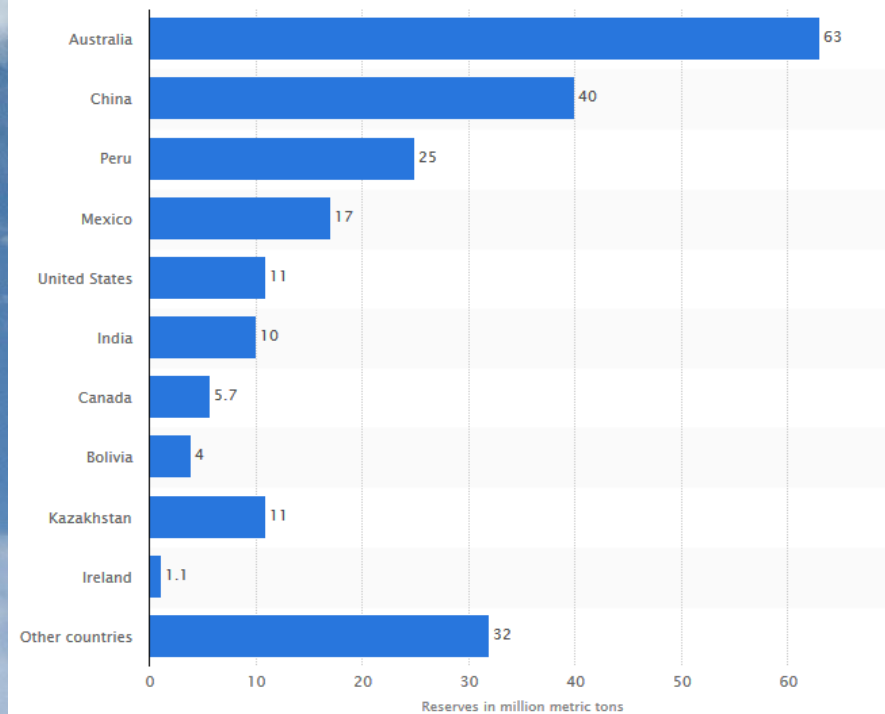
tiemanit



➤ Svetska rezerve cinka, kadmijuma i žive

Global zinc reserves as of 2016, by country (in million metric tons)

<https://www.statista.com/statistics/273639/global-zinc-reserves-by-country/>

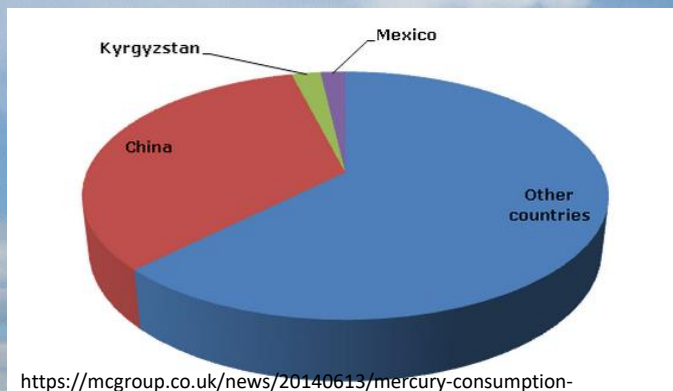


World cadmium reserves

(Data in metric tons of cadmium content unless otherwise noted --USGS,2014)

Country	2013
United States	32,000
Australia	NA
Canada	23,000
China	92,000
India	35,000
Japan	—
Kazakhstan	30,000
Korea, Republic of	—
Mexico	47,000
Netherlands	—
Peru	55,000
Poland	16,000
Russia	44,000
Other countries	130,000
World total (rounded)	500,000

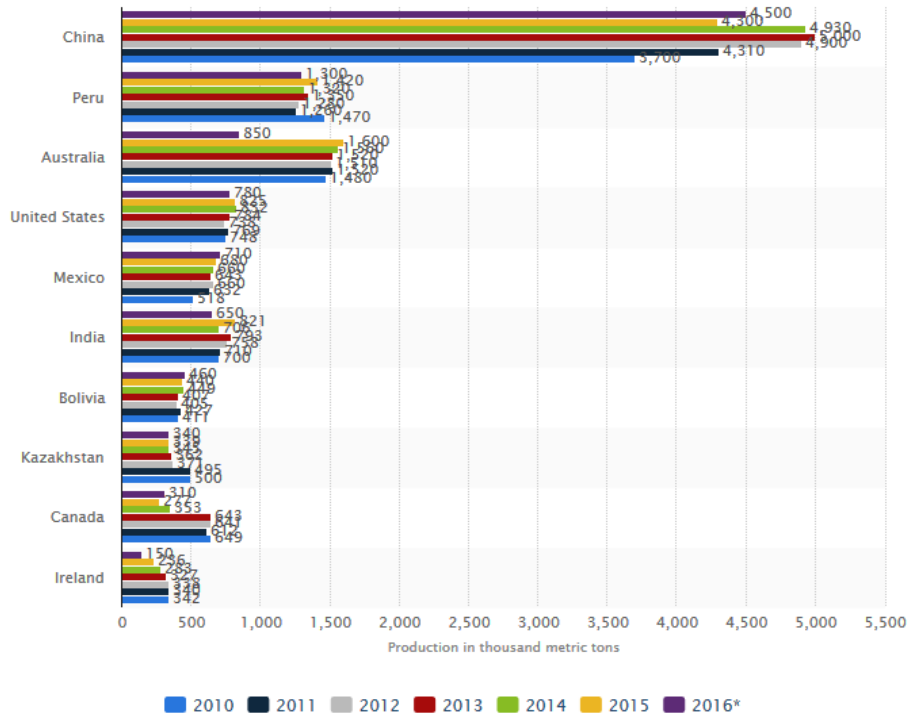
<http://metalpedia.asianmetal.com/metal/cadmium/resources&production.shtml>



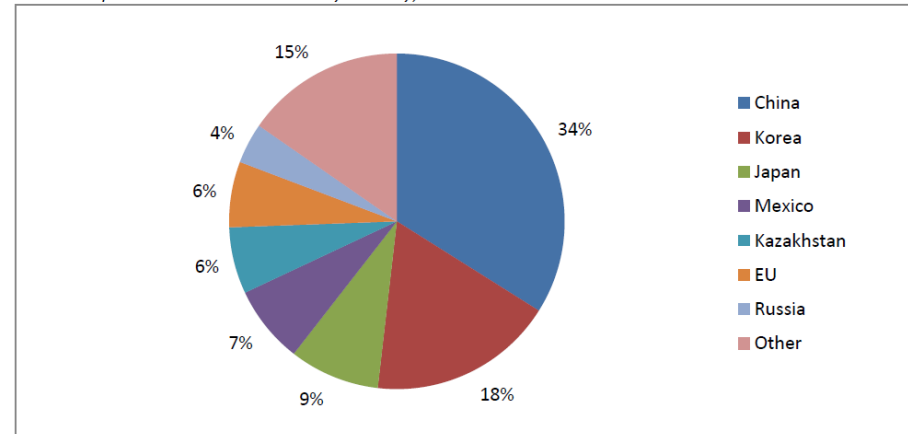
<https://mcgroup.co.uk/news/20140613/mercury-consumption-production-follow-downward-trend.html>

➤ Svetska proizvodnja cinka, kadmijuma i žive

Major countries in worldwide zinc mine production from 2010 to 2016 (in 1,000 metric tons)

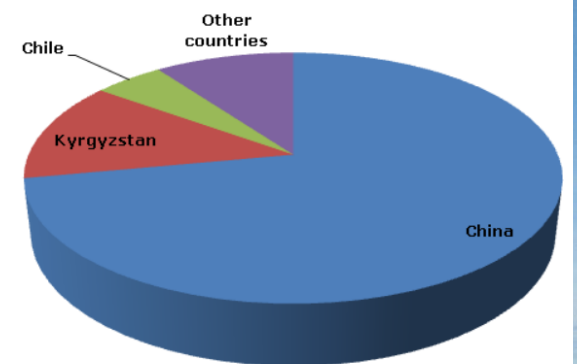


Cadmium production concentration by country, 2013



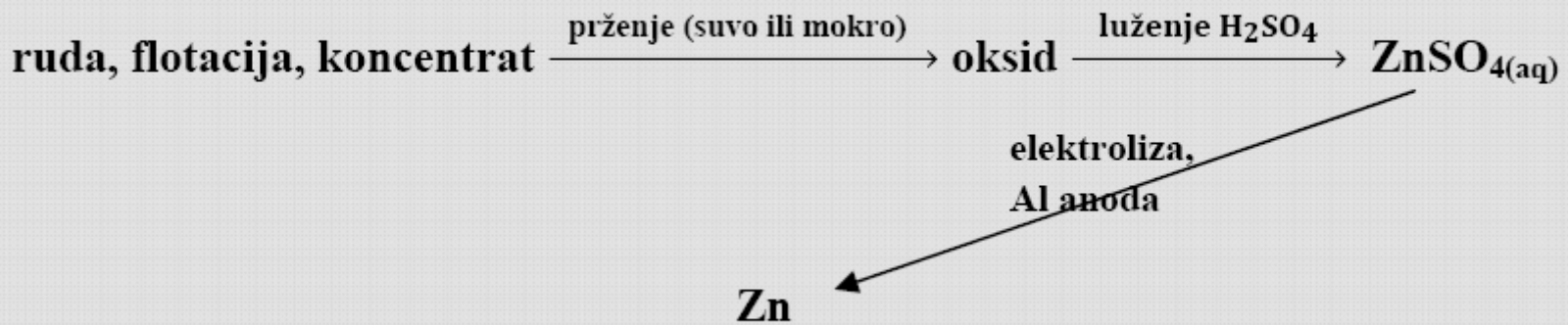
Source: USGS (2014), Mineral Commodity Summaries

Mercury: structure of the world production, broken down by country, 2012

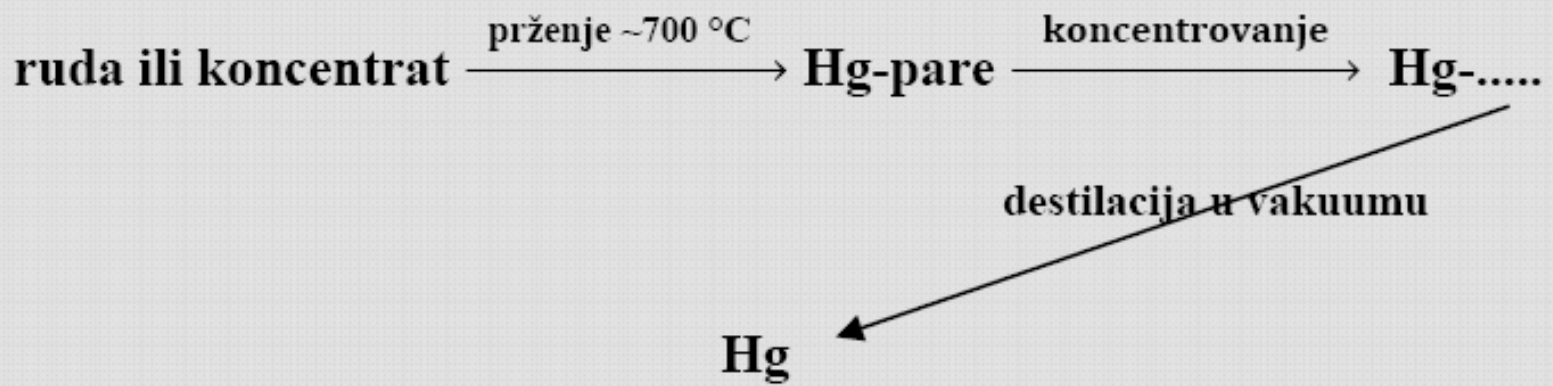
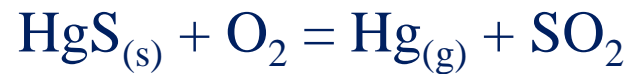


Dobijanje

- Cink i kadmijum se relativno jednostavno dobijaju iz ruda pa su zato poznati od davnina.
- Prženjem sulfidnih ruda ili žarenjem karbonata, dobija se cink-oksidi ZnO koji se na visokoj temperaturi redukuje koksom do praškastog metala. Industrijski je razvijen i postupak elektrolitičkog dobijanja cinka elektrolizom rastvora ZnO u sulfatnoj kiselini. Kadmijum je uvek sporedni proizvod u metalurgiji cinka.

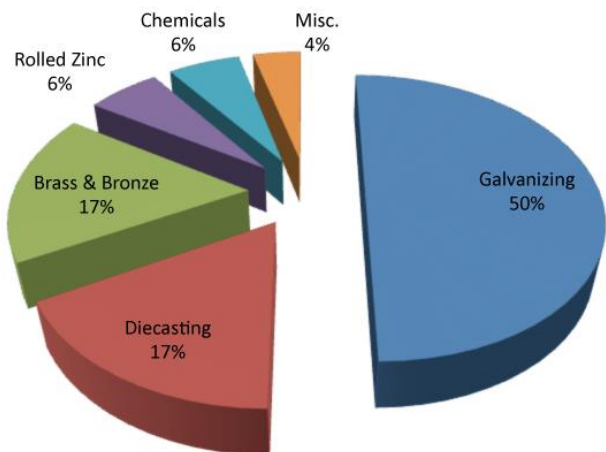


- Živa se lako dobija prženjem sulfida.



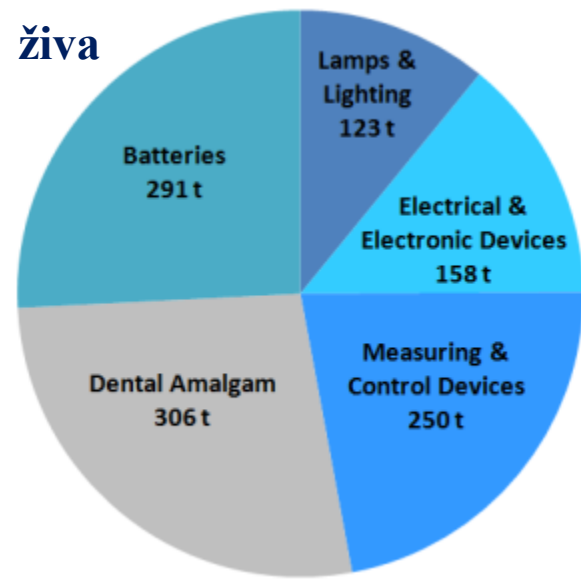
Primena cinka, kadmijuma i žive

Main End Uses of Zinc

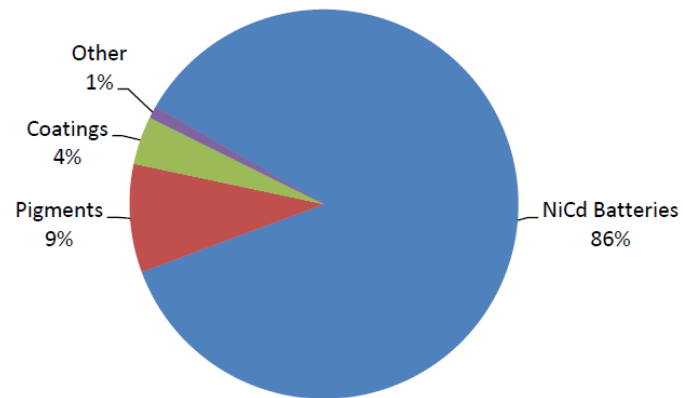


Source: ILZSG

živa



Worldwide applications of cadmium, 2010



Source: Morrow, H (2011), Proceedings of the Eighth International Cadmium Conference; International Cadmium Association

Fizičke osobine

➤ U slobodnom stanju ovi metali su bele boje sa plavičastom (Zn) odnosno srebrnastom (Cd i Hg) nijansom.

➤ Cink

▪ Group	12	▪ Melting point	419.527°C, 787.149°F, 692.677 K
▪ Period	4	▪ Boiling point	907°C, 1665°F, 1180 K
▪ Block	d	▪ Density (g cm ⁻³)	7.134
▪ Atomic number	30	▪ Relative atomic mass	65.38
▪ State at 20°C	Solid	▪ Key isotopes	⁶⁴ Zn
▪ Electron configuration	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²	▪ CAS number	7440-66-6
▪ ChemSpider ID	22430	ChemSpider is a free chemical structure database	

➤ Kadmijum

▪ Group	12	▪ Melting point	321.069°C, 609.924°F, 594.219 K
▪ Period	5	▪ Boiling point	767°C, 1413°F, 1040 K
▪ Block	d	▪ Density (g cm ⁻³)	8.69
▪ Atomic number	48	▪ Relative atomic mass	112.414
▪ State at 20°C	Solid	▪ Key isotopes	¹¹⁴ Cd
▪ Electron configuration	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ²	▪ CAS number	7440-43-9
▪ ChemSpider ID	22410	ChemSpider is a free chemical structure database	

➤ Živa

▪ Group	12	▪ Melting point	-38.829°C, -37.892°F, 234.321 K
▪ Period	6	▪ Boiling point	356.619°C, 673.914°F, 629.769 K
▪ Block	d	▪ Density (g cm ⁻³)	13.5336
▪ Atomic number	80	▪ Relative atomic mass	200.592
▪ State at 20°C	Liquid	▪ Key isotopes	²⁰² Hg
▪ Electron configuration	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	▪ CAS number	7439-97-6
▪ ChemSpider ID	22373	ChemSpider is a free chemical structure database	

Hemijske osobine

➤ Postojani su na vazduhu pod običnim uslovima, a u prisustvu vlage Zn i Cd formiraju na površini zaštitni sloj oksida (MO) ili baznog karbonata ($MCO_3 \times M(OH)_2$) koji ih štiti od dalje korozije. U kiselinama se rastvaraju Zn i Cd, a cink se rastvara i u bazama. Na povišenoj temperaturi ova dva metala lako grade okside MO i halogenide MX_2 .

➤ Katjoni ovih metala su bezbojni (d^{10} elektronska konfiguracija), pa i većina njihovih soli, ali sa porastom atomskog broja i broja elektrona raste njihova polarizabilnost koja dovodi do pojave boje nekih jedinjenja kadmijuma i žive.

➤ Ovi metali grade i katjone (dodatkom cinka rastvoru $ZnCl_2$ i hlađenjem sistema nastaje žuto staklo sa jonima Hg^{2+}). Redukcijom soli Hg(II) u vodenim rastvorima nastaje Hg^{2-} jon.

- Ovi metali grade i katjone (dodatkom cinka rastvoru ZnCl_2 i hlađenjem sistema nastaje žuto staklo sa jonima).
- Redukcijom soli Hg(II) u vodenim rastvorima nastaje jon.
- M^{2+} katjoni cinka, kadmijuma i žive grade kompleksne anjone sa halogenidima $[\text{MX}_4]^{2-}$ (osim sa fluoridima) i njihova stabilnost raste u nizu od Zn do Hg.
- Rastvaranjem hidroksida M(OH)_2 u amonijaku grade tetraaminske komplekse. U rastvoru cijanida grade cijanidne komplekse.
- Proces izmene liganada u Zn(II) -kompleksima je veoma brz, što je posledica elektronske konfiguracije Zn(II) -jona (d^{10} -elektrona), a jačina ligandnog polja ne utiče na koordinacioni broj metala i geometriju kompleksa.

➤ Kompleksi cinka sa ditiokarbamatom imaju industrijsku primenu; primenjuju se kao ubrzivači (aditivi) u procesu vulkanizacije gume.

➤ Cink je biološki značajan metal i neki njegovi kompleksi imaju nezamenjivu ulogu u biološkim sistemima. U organizmu odraslog čoveka ima od 1,5 do 2,3 g cinka.

➤ Jedinjenja kadmijuma su jako toksična. Sagorevanjem naftnih derivata i nekih plastičnih masa izvesne količine ovog elementa dospevaju u vazduh.

Upotrebom veštačkih đubriva i nekontrolisanim ispuštanjem otpadnih voda galvanizacija, izvesne količine kadmijuma dospevaju u zemljište, a dalje preko biljaka lancem ishrane i do ljudi.

➤ Toksičnost kadmijuma je delom posledica njegove sposobnosti da se preko - SH aktivnih centara nekih enzima veže umesto cinka jer ima veći afinitet za tiolnu grupu i može da ga zameni u enzimima i blokira njihovu aktivnost.

➤ Za živu je karakteristična sposobnost da rastvara druge metale a ti rastvori metala u živi zovu se amalgami.

➤ Amalgami sa srebrom, zlatom i kalajem primenjuju se u protetici.

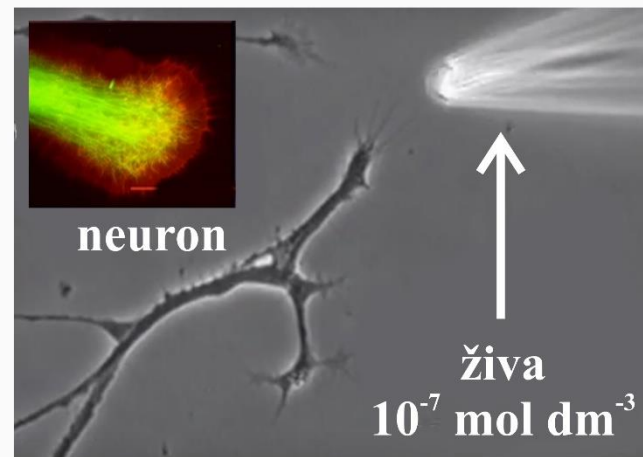
➤ Interesantno je na primer da gvožđe ne gradi amalgam pa se gvozdeni sudovi mogu koristiti za transport i čuvanje žive.

- Živa i njena u vodi rastvorna jedinjenja su vrlo toksična. Osim neorganskih jedinjenja žive, izrazitu toksičnost pokazuju i njena organska jedinjenja.
- Derivati žive sa ugljovodonicima (dimetil- i dietil-živa) koriste se u poljoprivredi kao fungicidi.
- Ta jedinjenja se dobro rastvaraju u lipidima, pa lako prolaze kroz ćelijske membrane i mahom se akumuliraju u centralnom nervnom sistemu gde ispoljavaju svoja toksična dejstva.
- U biociklusima sa učešćem žive karakteristična je reakcija metilovanja uz učešće metilujućeg agensa vitamina B12 ili sličnih supstanci.

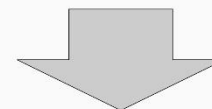
Toksičnost

➤ Cd i Hg su veoma toksični metali
sa kumulativnim efektom

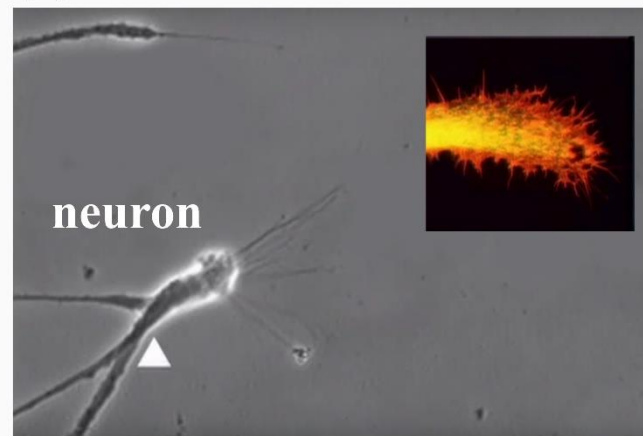
(a)



posle 20 min



(b)



Neuron (nervna ćelija)

(a) pre i (b) posle uticaja elementarne žive