

NOMENKLATURA ANORGANSKE KEMIJE

Imenovanje tvari (elementarnih, spojeva i smjesa)

aceton

tetrahidrokanabinol

natrijev klorid

voda

dekaklornaftalin

sumporasta kiselina

unnilheptij



NOMENKLATURA

trivijalna

polutrivijalna

sustavna

Nomenklatureni sustavi:

Sustavne nomenklature konstruiraju kemijska imena prema poznatom sastavu i strukturi prema zadanim pravilima tako da ime jednoznačno obilježava tvar

Svaki nomenklatureni sustav uključuje pravila po kojima se molekula 'rastavlja' na jednostavne dijelove, imenovanje dijelova i slaganje imena dijelova u cjelinu prema pravilima koja opisuju položaje dijelova i način rastavljanja.

Svi rabljeni nomenklatureni sustavi u kemiji uključuju trivijalne elemente (npr. u korijenima riječi, imenima elemenata...) usp. **met**anol, γ -oksob**ut**irat

Unutar jednog sustava može se konstruirati više imena koja mogu prenositi različitu količinu strukturne informacije (usp. 'sulfat', 'tetraoksidossulfat', 'tetraoksidossulfat(VI)')

Nomenklaturni sustavi:

Stehiometrijska nomenklatura (nomenklatura na osnovi sastava)

natrijev klorid, amonijev cijanid, sumporov heksafluorid, oksidovanadijev sulfat

Aditivna (koordinacijska) nomenklatura

cis-diammindikloridoplatina, heksafluoridosumpor, tetraoksidosulfat(2–)

Supstitucijska nomenklatura

nitrobenzen, tetraklormetan, trifenilfosfin

Nomenklaturni sustavi:

Zamjenska nomenklatura

azabenzen, 3-oksapentan

Suptraktivna nomenklatura

deoksiriboza, didehidrokolesterol

Radikal-funkcijska nomenklatura

anhidrid fosforne kiseline, dietil-eter, benzoil-klorid, etil-metil-keeton

Sustavna imena mogu sadržavati
dijelove imenovane prema više sustava:

Supstitucijska

Aditivna

Tetrametilamonijev tris(oksalato)kromat(III)

Stehiometrijska

Neke česte zablude:

1. *‘Za svaki spoj ima samo jedno ispravno sustavno ime’*

- **neistina**. Jedan kemijski spoj može imati mnoštvo ispravnih sustavnih imena po raznim sustavima, ili različitih imena različite složenosti unutar jednog sustava. U konkretnom slučaju bira se ono ime koje najbolje odgovara kontekstu u kojem se rabi.

2. *‘Trivijalna imena treba uvijek izbjegavati i rabiti preferirano sustavna’*

- **nipošto**. Trivijalna i polutrivijalna imena mnogih jednostavnih spojeva se prema nomanklaturem preporukama preferiraju pred sustavnima (usp. **voda**, **octena kiselina** – ne ‘etanska’ i sl.). Dotična imena su u pravilu taksativno navedena u nomenklaturem priručnicima

Hrvatska kemijska terminologija i nomenklatura: HKD i HDKI

IUPAC Nomenklatura organskih spojeva, sekcije A, B i C, 1985.

IUPAC Nomenklatura organskih spojeva, sekcije D, E, F, i H, 1988.

Hrvatska nomenklatura anorganske kemije, 1996.

Vodič kroz IUPAC-ovu nomenklaturu organskih spojeva: preporuke IUPAC 1992. i HKD i HDKI 2001.

Nomenklatura anorganske kemije:

Hrvatska nomenklatura anorganske kemije, 1996.

Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005

<https://iupac.org/what-we-do/books/redbook/>

Brief Guide to the Nomenclature of Inorganic Chemistry

<https://iupac.org/cms/wp-content/uploads/2016/07/Inorganic-Brief-Guide-V1-1.pdf>

Kratki vodič kroz nomenklaturu anorganske kemije (Preporuke HKD-a i HDKI-ja 2024. prema Preporukama IUPAC-a 2005.)

<https://hrcak.srce.hr/file/476605>

1. Imena kemijskih elemenata

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H vodik 1,008	PERIODNI SUSTAV KEMIJSKIH ELEMENATA																2 He helij 4,003
2	3 Li litij 6,940	4 Be berilij 9,012	Periodni sustav kemijskih elemenata prema preporukama HDKI i HKD 2022.										5 B bor 10,81	6 C ugljik 12,01	7 N dušik 14,01	8 O kisik 16,00	9 F fluor 19,00	10 Ne neon 20,18
3	11 Na natrij 22,99	12 Mg magnezij 24,31	HD KI HRVATSKO DRUŠTVO KEMIJSKIH INŽENJERA I TEHNOLOGA 1926 HKD										13 Al aluminij 26,98	14 Si silicij 28,09	15 P fosfor 30,97	16 S sumpor 32,06	17 Cl klor 35,45	18 Ar argon 39,95
4	19 K kalij 39,10	20 Ca kalcij 40,08	21 Sc skandij 44,96	22 Ti titanij 47,87	23 V vanadij 50,94	24 Cr krom 52,00	25 Mn mangan 54,94	26 Fe željezo 55,85	27 Co kobalt 58,93	28 Ni nikal 58,69	29 Cu bakar 63,55	30 Zn cink 65,38	31 Ga galij 69,72	32 Ge germanij 72,63	33 As arsen 74,92	34 Se selenij 78,97	35 Br brom 79,90	36 Kr kripton 83,80
5	37 Rb rubidij 85,47	38 Sr stroncij 87,62	39 Y itrij 88,91	40 Zr cirkonij 91,22	41 Nb niobij 92,91	42 Mo molibden 95,95	43 Tc tehnećij [97]	44 Ru rutenij 101,1	45 Rh rodij 102,9	46 Pd paladij 106,4	47 Ag srebro 107,9	48 Cd kadmij 112,4	49 In indij 114,8	50 Sn kositar 118,7	51 Sb antimon 121,8	52 Te telurij 127,6	53 I jod 126,9	54 Xe ksenon 131,3
6	55 Cs cezij 132,9	56 Ba barij 137,3	57–71 lantanoidi	72 Hf hafnij 178,5	73 Ta tantal 181,0	74 W volfram 183,8	75 Re renij 186,2	76 Os osmij 190,2	77 Ir iridij 192,2	78 Pt platina 195,1	79 Au zlato 197,0	80 Hg živa 200,6	81 Tl talij 204,4	82 Pb olovo 207,2	83 Bi bizmut 209,0	84 Po polonij [209]	85 At astat [210]	86 Rn radon [222]
7	87 Fr francij [223]	88 Ra radij [226]	89–103 aktinoidi	104 Rf raderfordij [267]	105 Db dubnij [268]	106 Sg siborgij [269]	107 Bh borij [270]	108 Hs hasij [269]	109 Mt majtnerij [277]	110 Ds darmštatiј [281]	111 Rg rendgenij [282]	112 Cn kopernicij [285]	113 Nh nihonij [286]	114 Fl flerovij [290]	115 Mc moskovij [290]	116 Lv livermordij [293]	117 Ts tenes [294]	118 Og oganeson [294]

Priredio i uredio:
izv. prof. dr. sc.
Tomislav Portada

Grafičko-likovno
oblikovanje:
Zdenko Blažeković, dipl. ing.

Korektura i kontrola
podataka:
Studentska sekcija HKD-a

57 La lantan 138,9	58 Ce cerij 140,1	59 Pr praseodimij 140,9	60 Nd neodimij 144,2	61 Pm prometij [145]	62 Sm samarij 150,4	63 Eu europij 152,0	64 Gd gadolinij 157,3	65 Tb terbij 159,0	66 Dy disprozij 162,5	67 Ho holmij 164,9	68 Er erbij 167,3	69 Tm tulij 168,9	70 Yb iterbij 173,1	71 Lu lutecij 175,0
89 Ac aktinij [227]	90 Th torij 232,0	91 Pa protaktinij 231,0	92 U uraniј 238,0	93 Np neptunij [237]	94 Pu plutonij [244]	95 Am americij [243]	96 Cm kirij [247]	97 Bk berkelij [247]	98 Cf kalifornij [251]	99 Es ajnsštajnij [252]	100 Fm fermij [257]	101 Md mendelevij [258]	102 No nobelij [259]	103 Lr lorensij [262]

2. Stehiometrijska nomenklatura

Stehiometrijsko ime (ime zasnovano na sastavu) daje podatke isključivo o sastavu iona, molekule ili spoja, ali ne pruža nikakve informacije o strukturi vrste koja se imenuje

Za homoatomne vrste koje se sastoje od samo jednog elementa, ime se tvori kombiniranjem imena elementa s odgovarajućim umnožnim (multiplikativnim) prefiksom. Kationi se imenuju dodavanjem nabojnih (ili oksidacijskih) brojeva u zagradama imenu elementa, dok se anioni imenuju tako da se fonetski pisanom latinskom korijenu imena elementa dodaje nastavak -id. Iznimke čine elementi 18 skupine (čija imena završavaju sufiksom -on), gdje se imena aniona tvore dodavanjem nastavka -id neskrćenom imenu elementa.

Ioni se mogu imenovati i pomoću riječi *ion*, *kation* i *anion*, kojima onda prethodi (posvojni) pridjev izveden iz imena iona dobivenog na opisani način.

Binarni spojevi (koji sadrže atome dvaju elemenata) stehiometrijski se imenuju tako da se posvojnomo pridjevu izvedenom iz imena 'elektropozitivnijeg' elementa nadoda ime aniona izvedeno iz imena 'elektronegativnijeg' elementa. Ispred imena formalno 'elektronegativnijeg' konstituenta (imenica) piše se ime formalno 'elektropozitivnijeg' (pridjev) s razmakom između njih.

Na isti se način mogu tvoriti i imena spojeva koji se sastoje od složenih iona koristeći bilo sustavna bilo trivijalna (npr. 'azid', 'nitrozil', 'nitril', 'perborat', 'sulfit') imena iona.

Za potrebe kemijske nomenklature, 'elektronegativnijim' se elementom smatra onaj koji prethodi u nizu elemenata koji se dobije slijeđenjem strjelice:

The diagram illustrates the periodic table with elements arranged in rows. Blue arrows indicate the order in which atomic orbitals are filled. The sequence starts with Hydrogen (H) and Helium (He), then proceeds through the s-block (Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Rb, Sr, Cs, Ba, Fr, Ra), the d-block (transition metals), the f-block (lanthanides and actinides), and the p-block (B, C, N, O, F, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Og). The arrows show a zig-zag pattern, reflecting the Aufbau principle.

Umnožni prefiksi za jednostavne i složene vrste

Broj	jednostavni	složeni
2	di	bis
3	tri	tris
4	tetra	tetrakis
5	penta	pentakis
6	heksa	heksakis
7	hepta	heptakis
8	okta	oktakis
9	nona	nonakis
10	deka	dekakis
11	undeka	undekakis
12	dodeka	dodekakis
20	ikosa	ikosakis

Složene vrste su sve one čija imena sadržavaju multiplikativne prefikse ili lokante

Umnožni prefiks koji odgovara broju jedan je 'mono', ali se u pravilu izostavlja, osim u slučajevima kada je nužno naglasiti da je riječ o samo jednom atomu ili skupini (npr, CO = ugljikov monoksid; H = monovodik). Oblik 'monokis-' se ne rabi.

Imenujte sljedeće spojeve prema stehiometrijskoj nomenklaturi:

- | | |
|---|---|
| a) GaAs | galijev arsenid |
| b) FeCl_3 | željezov triklorid, željezov(3+) klorid, željezov(III) klorid |
| c) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | trikalcijev bis(fosfat) |
| d) $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | aluminijev kalijev bis(sulfat) dodekahidrat
aluminijev kalijev bis(sulfat)—voda (1/12) |
| e) $\text{CdSO}_4 \cdot 6\text{NH}_3$ | kadmijev sulfat—amonijak (1/6) |

Imena neutralnih komponenti spojena su 'em-crticama' (—), bez razmaka. Anorganski spojevi mogu i sami biti sastavni dijelovi (formalnih) adicijskih pojeva. Omjeri sastavnih spojeva mogu se navesti stehiometrijskim deskriptorom (kao omjer množinâ) u zagradama na kraju imena. U posebnom slučaju hidratâ, oni se mogu imenovati porabom umnožnih prefiksâ i riječi 'hidrat'

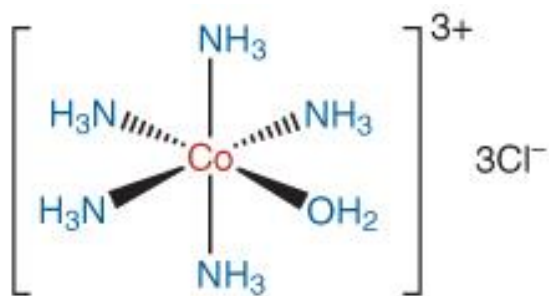
2. Koordinacijska nomenklatura

Spoj se *rastavlja* na središnji atom i *ligande*; svi *ligandi* koji uobičajeno postoje kao (slobodni) anioni, smatraju se anionima (klorid, cijanid, acetat, oksalat...), dok se oni koji se javljaju kao neutralne molekule takovima smatraju i ovdje (voda, amonijak...)

Ime spoja tvori se tako da se na kraj stavlja ime centralnog atoma a ispred (prilagođena) imena liganada abecednim redom, sve pisano kao jedna riječ (bez razmakâ).

Anionski ligandi se imenuju tako da se imenu liganda nadodaje nastavak '-o' (usp: klorid – klorido-; klorat – klorato-; oksid – oksido-)

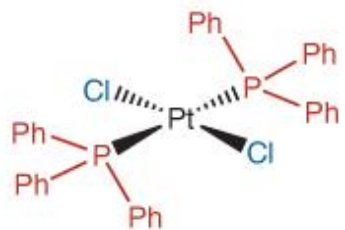
Neutralni ligandi imenuju se isto kao i neutralne molekule (u pravilu 'latinski' oblik imena), bez dodatnog sufiksa (usp. Br₂ – dibrom; H₂O – akva; CO – karbonil; NH₃ – **ammin**, ali CH₃NH₂ – metil**amin**!)



akvapentaamminkobaltov(III) klorid

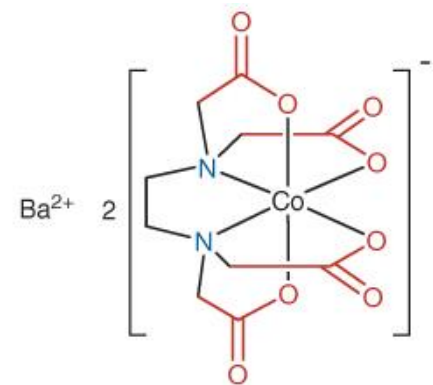
akvapentaamminkobaltov(3+) klorid

Ako se ligand može povezati sa središnjim atomom preko različitih atoma, za označavanje koji atom(i) liganda koordinira(ju) središnji atom, u ime liganda dodaje se odgovarajuća **κ -oznaka** – sastoji se od grčkog slova κ i kurzivno pisanog simbola elementa koordiniranog atoma. U slučaju složenijih liganada, κ -oznaka navodi se iza onog mjesta u imenu liganda na kojemu se imenuje atom ili skupina na koju se odnosi. Veći broj veza s ekvivalentnim atomima liganda sa središnjim atomom mogu se označiti dodavanjem odgovarajućeg broja u eksponentu između simbola κ i simbola elemenata. Tipični slučajevi su tiocijanat (SCN^-) vezan preko sumporova (tiocijanato- κS) ili dušikova atoma (tiocijanato- κN) i nitrit ($\text{M}-\text{NO}_2$, nitrito- κN ; $\text{M}-\text{ONO}$, nitrito- κO).



dikloridobis(trifenilfosfan- κP)platina(II)

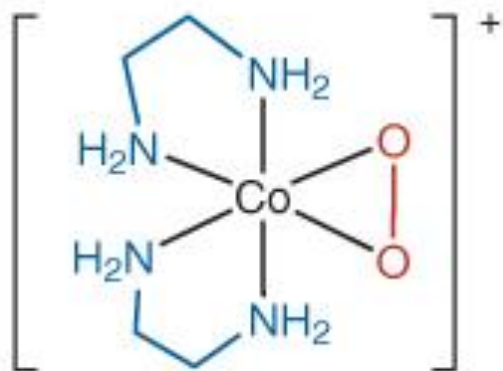
dikloridobis(trifenilfosfan- κP)platina



barijev [2,2',2'',2'''-(etan-1,2-diildinitrilo- $\kappa^2\text{N}$)tetraacetato- $\kappa^4\text{O}$]kobaltat(III)

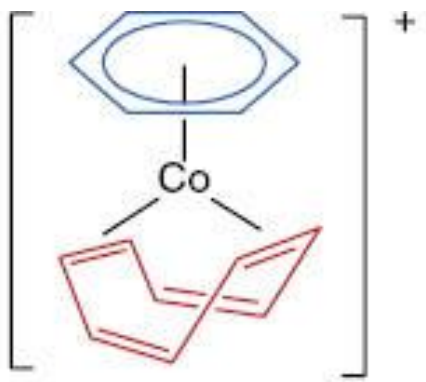
barijev [2,2',2'',2'''-(etan-1,2-diildinitrilo- $\kappa^2\text{N}$)tetraacetato- $\kappa^4\text{O}$]kobaltat(1-)

Ako su koordinirani atomi liganda međusobno povezani, za imenovanje se rabi se eta (η) konvencija. Broj atoma liganda koji su u nizu i koordinirani na metalni atom (haptičnost liganda) označava se u desnom superskriptu uz grčko slovo η (hapto-simbol), npr. η^3 (čitaj 'eta-tri' ili 'trihapto'). Hapto-simbol se dodaje kao prefiks imenu liganda, ili onog dijela imena liganda koji je najprikladniji za označivanje konektivnosti, uz dodatak lokanata kada je to potrebno.



bis(etan-1,2-diamin- κ^2N)(η^2 -peroksido)kobalt(III)

bis(etan-1,2-diamin- κ^2N)(η^2 -peroksido)kobalt(1+)



(η^6 -benzen)[(1,2,5,6- η)-ciklookta-1,3,5,7-tetraen]kobalt(1+)

Ukoliko je kompleks koji se imenuje nabijen, na kraj imena (u zagradi) upisuje se naboj (arapski broj);

ukoliko je naboj negativan, ime centralnog atoma tvori se od 'latinskog' korjena, i nadodaje mu se (prije zagrade) nastavak '**-at**' (usp. SO_4^{2-} – tetraoksid**osulfat(2–)**);

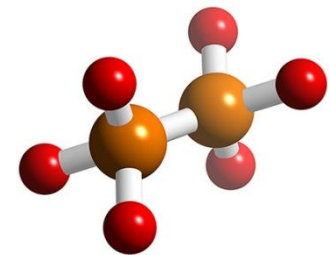
ukoliko je naboj pozitivan, opcionalno se od imena centralnog atoma tvori posvojni pridjev i dodaje riječ 'kation' (usp; $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ – tetraakvabakar(2+) ili tetrakvabakrov(2+) kation).

Za neutralne jedinke samo se piše ime elementa (CCl_4 – tetrakloridouglik)

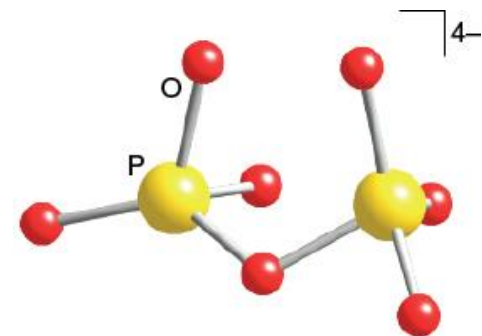
Alternativno – namjesto naboja, može se pisati oksidacijski broj centralnog atoma (rimski broj); u dotičnom slučaju, piše ga se i kada je ukupni naboj 0 (usp. tetrakloridouglik(IV), tetrakvabakrov(II) kation...), pa i kada je oksidacijski broj nula – tetrakloridouglik(0).

Ukoliko ima više *središnjih* atoma:

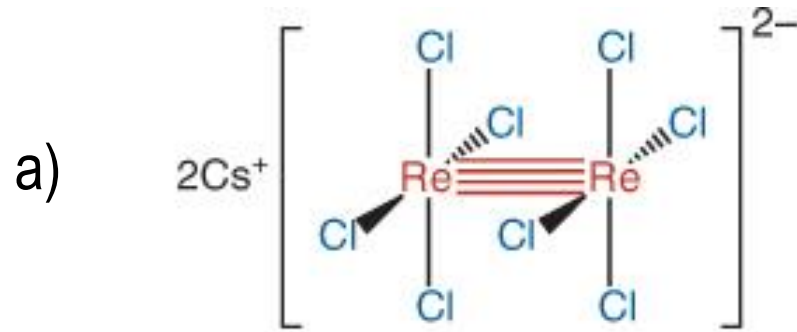
kada su središnji atomi izravno povezani, to se označava na kraju imena, ispred nabojnog broja, simbolima elemenata (kurzivno) odijeljenih dugom crtom ('*em-cetica*'), ukoliko je pri tome riječ o simetričnoj vrsti, tada se samo ime tvori tako da se navedu svi ligandi vezani na oba atoma iza čega se stavlja ime centralnog atoma s dodatkom brojevnog prefiksa (npr. $\text{P}_2\text{O}_6^{4-}$: heksaoksidodifosfat(*P—P*)(4–))



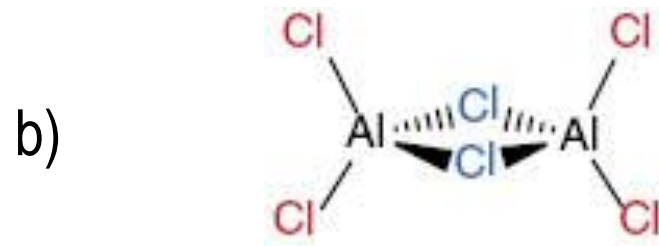
kada su središnji atomi povezani preko premošćujućeg liganda, premosni ligand označava se grčkim slovom μ koje se dodaje kao prefiks ispred imena liganda. Ukoliko je prisutno više premošćujućih liganada to se označava brojevnim prefiksima ispred slova μ (usp tri- μ -okso...; di- μ -kloro...), a ukoliko ligand premošćuje više od 2 centralna atoma, njihov broj se označava arapskim brojem u supskriptu (μ_3 -okso). Premošćujući ligandi se navode ispred terminalnih (čak i ako su isti: npr. $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$: μ -oksido-heksaoksidodifosfat(4–))



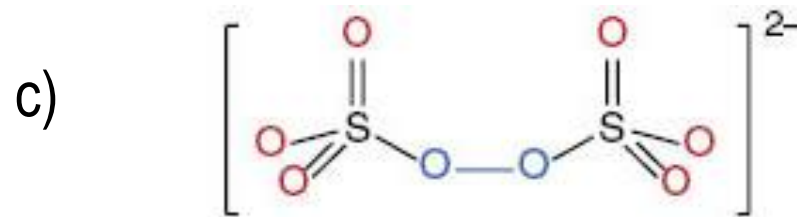
Imenujte sljedeće spojeve prema pravilima koordinacijske nomenklature:



cezijev bis(tetrakloridorenat)(*Re—Re*)(2–)



di- μ -klorido-bis[dikloridoaluminij(III)]



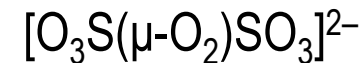
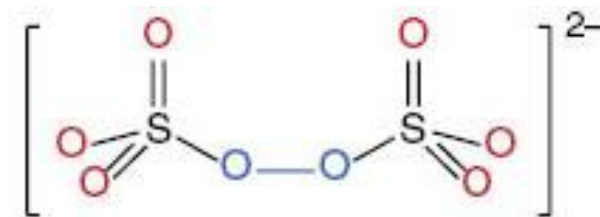
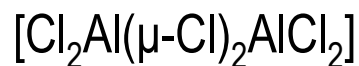
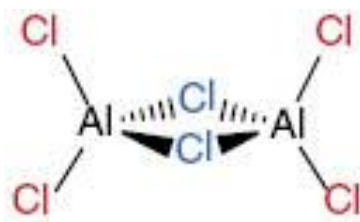
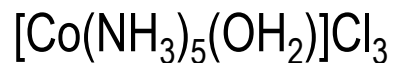
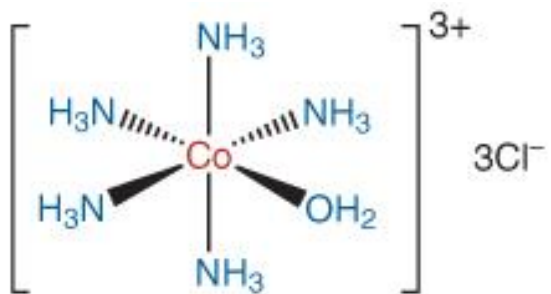
μ -peroksido-bis(trioksidosulfat)(2–)

Preciznije:

μ -peroksido-1 κ O¹,2 κ O²-bis(trioksidosulfat)(2–)

2.a) Pisanje formula koordinacijskih spojeva

Formule koordinacijskih vrsta pišu se unutar uglatih zagrada (neovisno o ukupnom naboju kompleksa). Prvo se piše simbol elementa središnjeg atoma, a zatim slijede simboli, formule ili kratice imena liganada (koji se navode abecednim redom prema načinu na koji su prikazani u formuli). Kada je to moguće, simbol liganatnog atoma trebao bi biti postavljen bliže simbolu središnjeg atoma kako bi se pružilo više informacija o strukturi kompleksa. Formule premošćujućih liganada treba postaviti između simbolâ središnjih atoma kad god je to moguće. Općenito, formule i kratice liganada pišu se u (oblim) zagradama (osim kada je riječ o monoatomnim ligandima), vodeći računa da su uglate zagrade u ovom kontekstu rezervirane za definiranje koordinacijske vrste. Prisustvo više od jednog liganda pojedine vrste označava se numeričkim desnim supskriptom iza zatvorene zagrade ili simbola liganda.



3. Supstitucijska nomenklatura

Supstitucijsko ime se temelji na imenu matičnog hidrida, kojemu se nadodaju prefiksi i sufiksi (po potrebi s lokantima) koji označavaju skupine kojima su zamijenjeni atomi vodika. Vrlo rijetko se rabi u anorganskoj kemiji.

Supstitucijska imena su preporučena samo u slučajevima hidrida elemenata 13-17 skupina. Sustavna imena hidrida tvore se iz imena elementa dodatkom sufiksa –an (uz eventualni dodatak infiksâ po potrebi). U slučaju oligomernih hidrida, nadodaju se odgovarajući umnožni prefiksi. Imena osnovnih (monomernih) hidrida su:

BH₃	boran	CH₄	metan (karban)	NH₃	azan/ amonijak	H₂O	oksidan/ voda	HF	fluoran*
AlH₃	aluman	SiH₄	silan	PH₃	fosfan/ fosfin	H₂S	sulfan*	HCl	kloran*
GaH₃	galan	GeH₄	german	AsH₃	arsan/ arsin	H₂Se	selan*	HBr	broman*
InH₃	indigan	SnH₄	stanan	SbH₃	stiban/ stibin	H₂Te	telan*	HI	jodan*
TlH₃	talan	PbH₄	plumban	BiH₃	bizmutan	H₂Po	polan	HAt	astatan*

* Dopuštena imena **nesupstituiranih** hidrida označena zvjezdicom tvore se tradicionalno dodavanjem nastavka ‘-ovodik’ korjenu imena elementa. Za imenovanje supstituiranih derivata rabe se gore navedena sustavna imena

Ako se spoj izvodi iz hidrida u kojemu element ima ‘nestandardnu’ valenciju, broj veza se označava grčkim slovom λ (s arapskim brojem u superskriptu). Npr. karben (CH₂) = λ²-metan

grčka slova u kemijskim imenima anorganskih spojeva

μ – označava premošćujući ligand. Ukoliko ligand premošćuje više od 2 centralna atoma, njihov broj se označava arapskim brojem u supskriptu (μ_3 -okso)

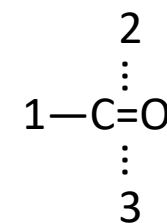
κ – označava vrstu atoma (element) kojim se višeatomni ligand veže za centralni atom (simbol se piše kurzivno iza slova κ), npr tiocijanato- κN -

η – označava broj (π) elektronâ kojima se ligand povezuje s središnjim atomom (koje mu 'donira') odnosno broj atoma koji pripadaju istom π -sustavu u vežu se na središnji atom, broj se piše u superskriptu i čita 'eta n ' ili ' n -hapto'

λ – označava vezni broj (u superskriptu uz λ) tj. sumu skeletalnih veza i veza s vodikom u *roditeljskom* hidridu

δ i Λ – apsolutna konfiguracija konformacije kelatnog prstena

Δ i Λ – apsolutna konfiguracija kiralne koordinacijske jedinice

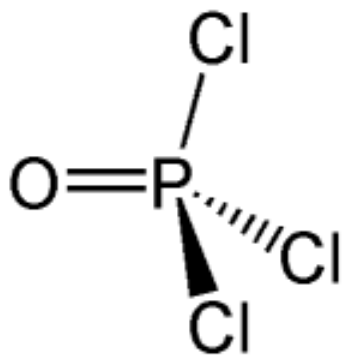


μ_3 -2 η^2 :3 η^2 -karbonil-1 κC

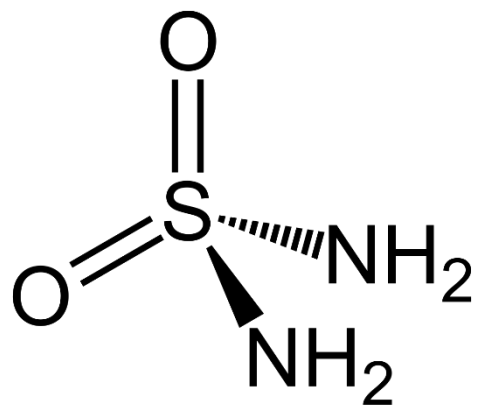
4. Funkcijsko-razredna nomenklatura

Spoj se *rastavlja* na središnji *radikal* i supstituente koji određuju 'razred' kojemu spoj pripada

Rijetko se rabi u anorganskoj kemiji, gotovo isključivo za imenovanje mješovitih okso-vrsta

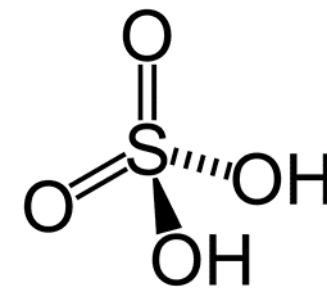


fosforil-triklorid / fosforilov triklorid



sulfuril-diamid / diamid sumporne kiseline

Imena anorganskih (okso)kiselina



Tradicionalna nomenklatura

Kiselina se imenuje dodavanjem riječi 'kiselina' pridjevu koji se dobija iz imena elementa dodavanjem sufiksa -na ili -asta te prefiksa Ø-, hipo- ili per-, ovisno o oksidacijskom stanju središnjeg atoma.

sumporna kiselina

'Hidrogenska' nomenklatura

Kiselina se imenuje kao potpuno protonirani anion dodatkom infiksa -hidrogen- s odgovarajućim numeričkim prefiksom

dihidrogensulfat, dihidrogentetraoksidosulfat

'Kiselinska' nomenklatura

Kiselina se imenuje preko aniona tako da se anion imenuje (skoro) u skladu s pravilima koordinacijske nomenklature, od njega se tvori gradivni pridjev i pridodaje mu riječ 'kiselina'

tetraoksidosumporna kiselina

Koordinacijska nomenklatura

Kiselina se imenuje kao (neutralni) koordinacijski spoj

dihidroksidodihidroksosumpor

Imena kiselina – funkcijsko-zamjenska

Za imenovanje derivata oksokiselina koje se izvode zamjenom atoma kisika atomom nekog drugog elementa, može se rabiti **funkcijsko-zamjenska nomenklatura** [dodavanjem prefiksa koji opisuju kojim je atomom ili skupinom atoma atom kisika zamijenjen]: prefiks 'tio-' označava zamjenu =O sa =S; prefiksi 'fluoro-', 'kloro-', i t.d., te infiksi 'fluorid', 'klorid', itd., označava zamjenu –OH s –F, –Cl i t.d.; 'peroksi'/'perokso', označava zamjenu –O–, s –OO– i tako dalje.

H_3PS_4	tetratiofosforna kiselina / fosforotetrationska kiselina
$\text{H}_2\text{PFO}_3 = [\text{PF}(\text{O})(\text{OH})_2]$	fluorofosforna kiselina
$[\text{O}_3\text{S}(\mu\text{-O}_2)\text{SO}_3]^{2-}$	peroksidisulfat

Imena kiselina – kiseli hidridi

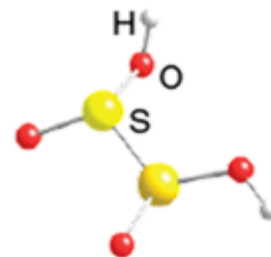
Kiseline koje se dobivaju otapanjem hidrida elemenata 16 i 17 skupine u vodi tradicionalno se imenuju dodavanjem nastavka '-ovodična kiselina' imenu elementa uz ispuštanje sufiksa -ij kada je prisutan u imenu elementa (fluorovodična kiselina, klorovodična kiselina,...). Mada ne pripadaju sustavnoj nomenklaturi, ova su imena zbog svoje uvriježenosti i dalje dopuštena.



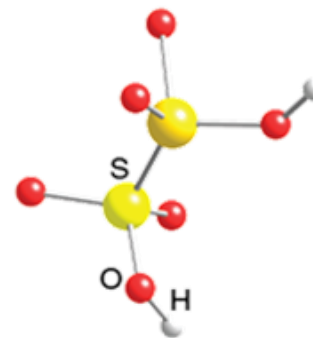
sumporasta kiselina, dihidrogentriokso-sulfat(2–), triokso-sumporna kiselina,
dihidroksidooksidosumpor



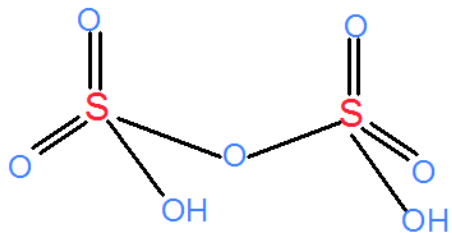
tiosumporna kiselina, dihidrogentrioksotiosulfat(2–), sulfurotiojeva *O*-kiselina ...,
dihidroksidooksidosulfidosumpor (ili hidroksidohidrosulfidodioksidosumpor)



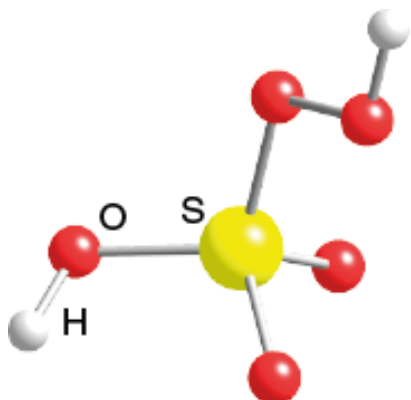
ditionasta kiselina, dihidrogentetraoksodisulfat(S—S),
tetraoksodisumporna k. ... **dihidroksidodioksidodisumpor**(S—S)



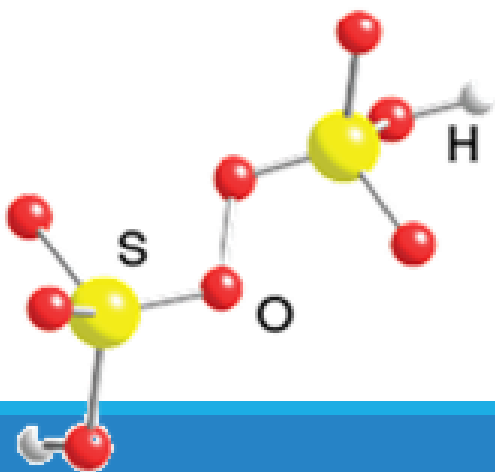
ditionska kiselina, disulfonska kiselina, dihidrogenheksaoksodisulfat(S—S),
heksaoksidosumporna k. ... **dihidroksidotetraoksidodisumpor**(S—S)



Oleum, **pirosumporna kiselina**, **disumporna kiselina**,
dihidrogen- μ -oksido-heksaoksidodisulfat(2–), μ -oksido-
heksaoksido-disumporna k., ...
 μ -oksido-dihidroksidotetraoksidodisumpor

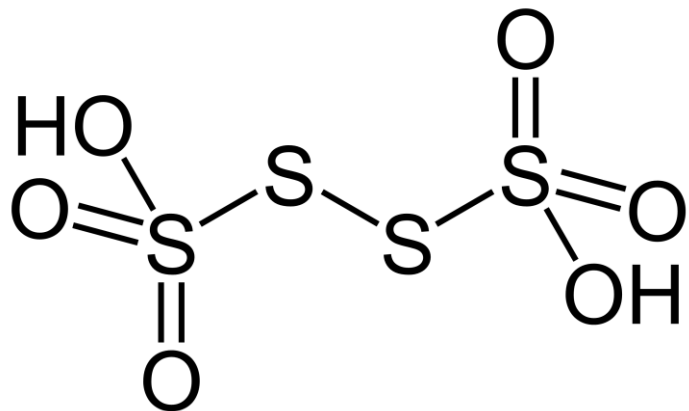


Caroova kiselina, persumporna kiselina, **peroksisumporna k.**,
dihidrogentrioksidoperoksidosulfat(2–),
trioksidoperoksosumporna kiselina,
hidroksidohidroperoksidodioksidodisumpor



Marshalllova kiselina, peroksidisumporna k., dihidrogen- μ -
peroksido-heksaoksidodisulfat(2–),
 μ -peroksido-dihidroksidotetraoksidodisumpor

Zašto ne koristimo uvijek (preporučena) sustavna imena?



Tetrationska kiselina

'Kiselinsko' ime:

2-(ditioperoksi)disumporna kiselina

'Hidrogensko' ime:

dihidrogen-2-(ditioperoksi)disulfat

Adicijsko ime (preporučeno):

1,6-dihidrido-2,2,5,5-tetraoksido-1,6-dioksido-2,3,4,5-tetrasulfi-[6]catena

0. PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

Group 1		2		Transitional Elements																3	4	5	6	7	0											
Row																																				
1	7 4	Li lithium	9 9	Wd wood																	11 6	B boron	14 7	C carbon	12 6	N nitrogen	18 9	O oxygen	61 7	Dn doreen	11 9	Ne neon				
2	23 11 67	Na sodium	12 24	Mg magnesium																	12 16	Al aluminium	19 12	Si silicon	21 16	P phosphorus	16 32	S sulphur	35.5 11	Cl chlorine	40 9	Ar argon				
3	10 7 72	K potassium	44 20	Ca calcium	41 12	Mr man	15 29	Ti titanium	0 0	Ng nothing	5 8	Cr chromium	25 50	Mn manganese	4077 898	Fe iron de havilland	17 6	Co cobalt	59 59	Ni nickle	109 52	Ag silver	60 22	Zn zinc	999 911	Cu copper	25 12	Xm christmas	70 32	As arsenic	70 32	Hi hello	8 11	Br bromine	36 83	Kr kryptonite
4	13 11 70	Fo foramyinstance	8 19	Sr strontium	84 13	Y yttrium	91 41	Zr zirconium	108 4	To toronto	97 4	Mo molybdenum	2 29	Mngm manganesium	20 40	Mz marzipan	102 16	Rh rhodium	41 21(i)	I-Ca l-calcium	243 19	Au gold	111 16	Cd cadmium	114 17	In indium	109 15	Sn tin	3 11	Rd red	1 1	H2O water	126 44	I iodine	104 15	Xe xenon
5	224 86	Cs caesium	141 17	Ba barium	147 57	La lanthanum	4 4	Mu music	11 6	Dy dysprosium	104 89	W tungsten	312 6	Sg segnomin (thomason's oil)	104 89	Tg tungsten	11 27	Wx wax	19 78	Pt platinum	243f 19!	fAu fools gold	101 91	Hg mercury	23 12	Po podium	17 6	Pb lead	207 82	Bi bismuth	207 82	Hj henhemjamib	109 17	G goo	304 1	Rn radon
6	7 77	Fr france	22 9	Ra radium	60 40	Lt light																														
		6 7	La lambert	97 4	Pr prae-sodium	304 7	Mt malt	148 17	Pm promethium	40 19	Bu business	16 21	Rb rhubarb	108 63	Cd custard	19 8	F flourine	4 9	Od odium	52 16	Do docherty	176 84	Er erbium	17 76	Ro rodeo	24 19	Ty thankium	104 63	Eu europium							
		5 4	Jz jazz	0.01 0.001	A atom	28 119	U uranium	241 17	Np neptunium	231 16	Pu plutonium	304 30	Gu goofinium	20 91	Am americum	246 94	Cm curium	5 10	Te tedium	21 60	Es einsteinium	19 6	Wi wine	97 42	Tc technetium	104 7	Lu lavender	20 10	Bf beef							

0. PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

KAKO GA DOBRO POZNAJEMO?

Zadatak:

U praznu tablicu periodnog sustava elemenata upišite SIMBOLE elemenata GLAVNIH SKUPINA

[illegible]

Raspoloživo vrijeme: 5 min

Rješenje:

	1																18
1	1 H																2 He
2	3 Li	4 Be										13 5 B	14 6 C	15 7 N	16 8 O	17 9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca										31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr										49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*									81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**									113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

*

**

The Periodic Table According to Organic Chemists

1 H 1.0079																	2 C 12.011
3 C 12.011	4 C 12.011											5 C 12.011	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 C 12.011
11 C 12.011	12 C 12.011											13 C 12.011	14 C 12.011	15 C 12.011	16 C 12.011	17 Cl 35.453	18 C 12.011
19 C 12.011	20 C 12.011	21 C 12.011	22 C 12.011	23 C 12.011	24 C 12.011	25 C 12.011	26 C 12.011	27 C 12.011	28 C 12.011	29 C 12.011	30 C 12.011	31 C 12.011	32 C 12.011	33 C 12.011	34 C 12.011	35 Br 79.904	36 C 12.011
37 C 12.011	38 C 12.011	39 C 12.011	40 C 12.011	41 C 12.011	42 C 12.011	43 C 12.011	44 C 12.011	45 C 12.011	46 C 12.011	47 C 12.011	48 C 12.011	49 C 12.011	50 C 12.011	51 C 12.011	52 C 12.011	53 I 126.90	54 C 12.011
55 C 12.011	56 C 12.011	71 C 12.011	72 C 12.011	73 C 12.011	74 C 12.011	75 C 12.011	76 C 12.011	77 C 12.011	78 C 12.011	79 C 12.011	80 C 12.011	81 C 12.011	82 C 12.011	83 C 12.011	84 C 12.011	85 C 12.011	86 C 12.011
87 C 12.011	88 C 12.011	103 C 12.011	104 C 12.011	105 C 12.011	106 C 12.011	107 C 12.011	108 C 12.011	109 C 12.011	110 C 12.011								

skupine ► 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
 periode ▼

Elementi glavnih skupina

Prijelazni metali

1 H																	2 He						
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	La to Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn					
87 Fr	88 Ra	Ac to No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og					

s-blok f-blok d-blok p-blok (bez He)

Lantanoidi	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
Aktinoidi	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No

Lantanoidi + Sc, Y, Lu =
Metali rijetkih zemalja

Unutarnji prijelazni metali

 Nemetali
 Polumetali
 Metali

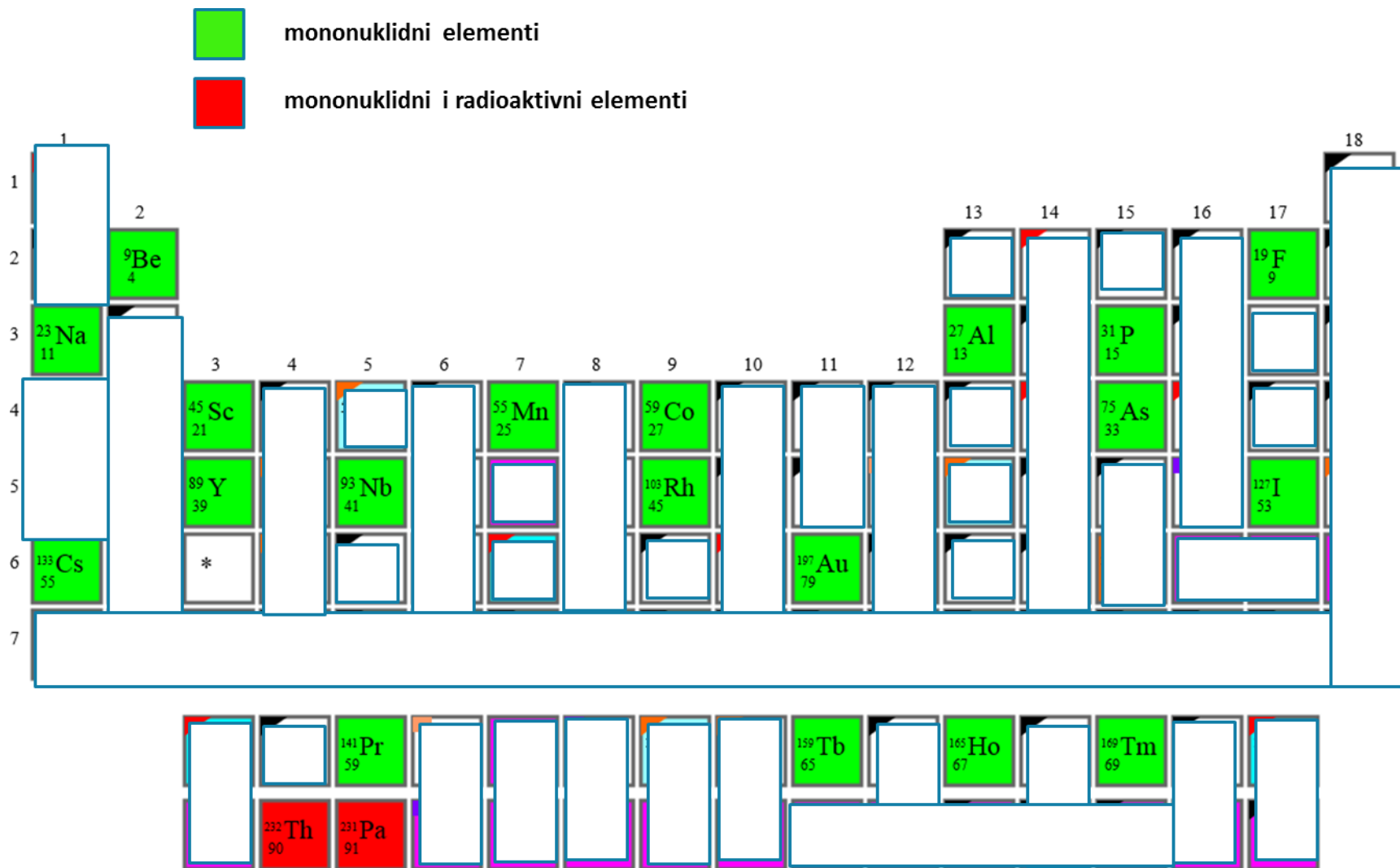
[illegible]

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

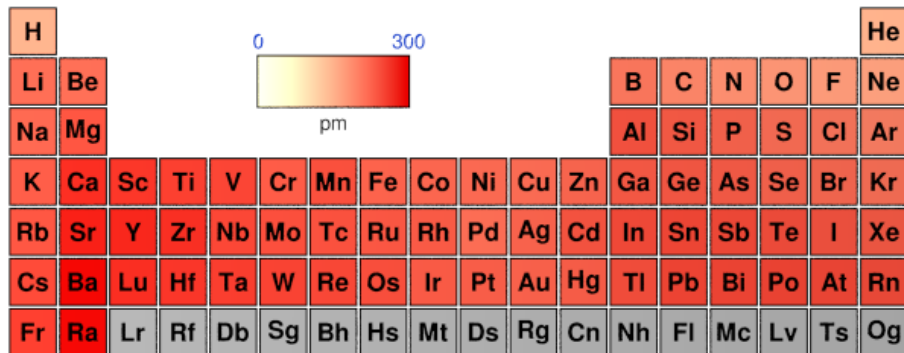
Elementi i njihovi izotopi

Većina elemenata u prirodi je prisutna kao smjesa izotopâ – samo njih 21 (od trenutnih 118) su mononuklidni

Izotopni sastav varira – (cf. na Zemlji dominantan ^{40}Ar a u svemiru ^{36}Ar – $A_r(\text{Ar})$ na nebu nije kako i na Zemlji!)



Periodičnost svojstva – atomski radijus



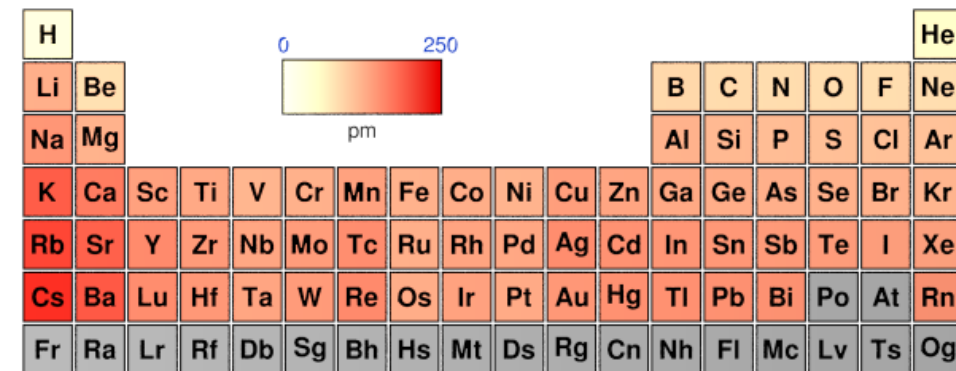
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Atomic radii (density cutoff)

www.webelements.com

0,001 e/bohr³

© Mark Winter

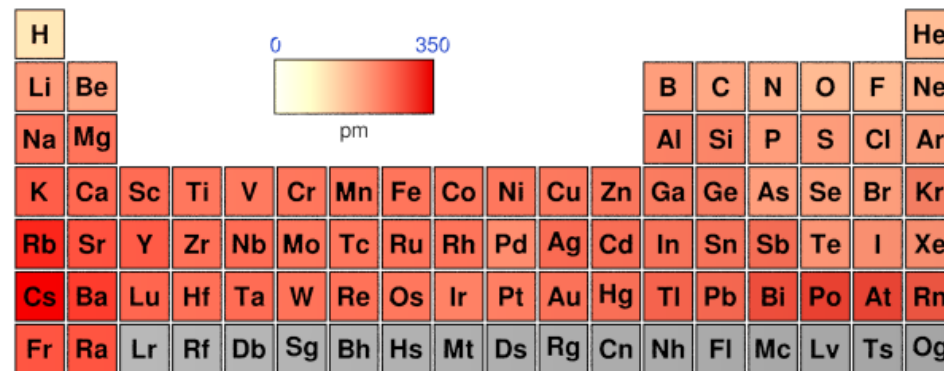


La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Covalent radius

www.webelements.com

© Mark Winter



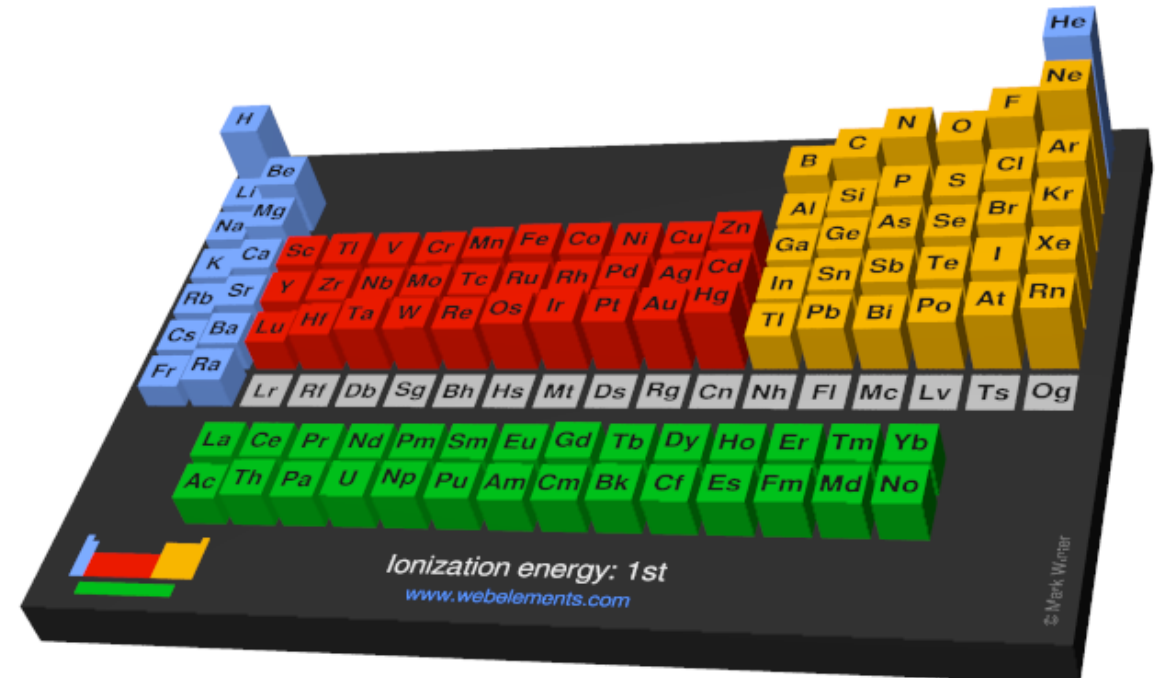
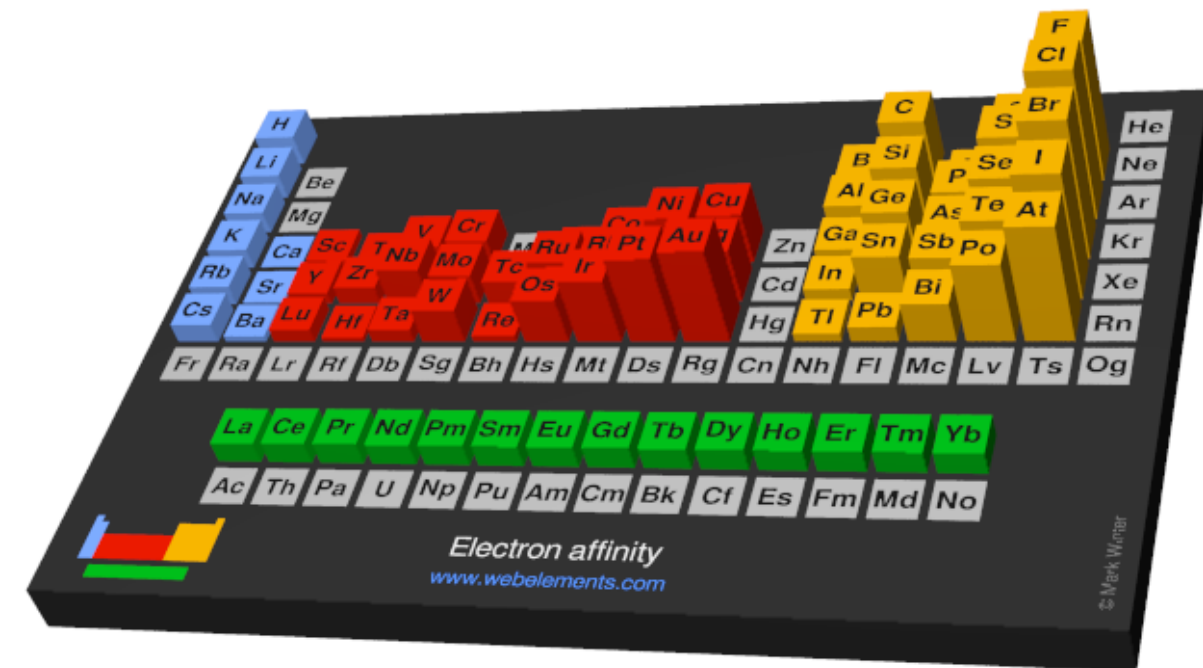
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Van der Waals radius

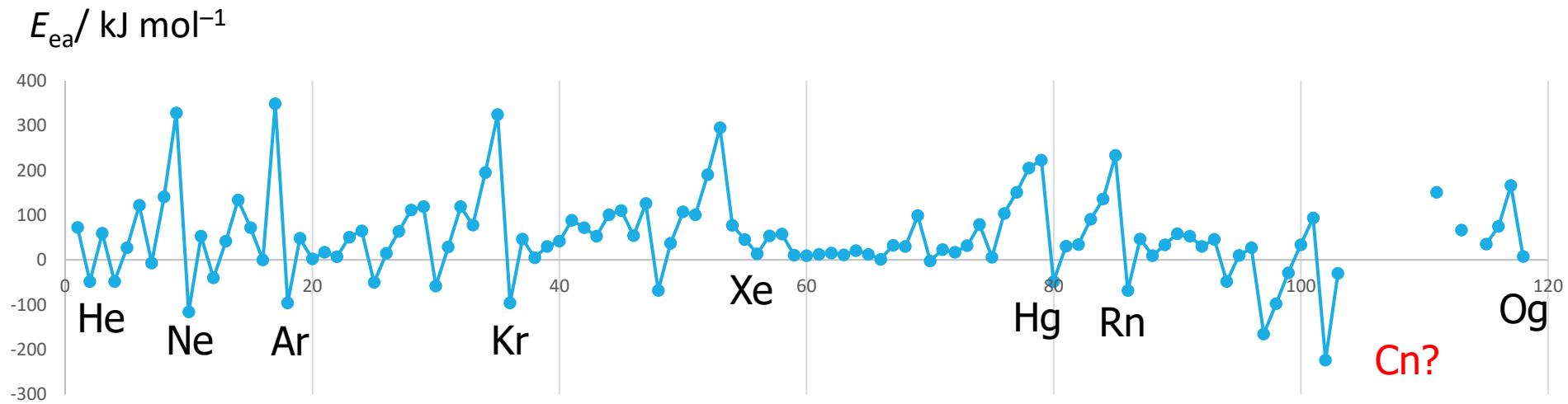
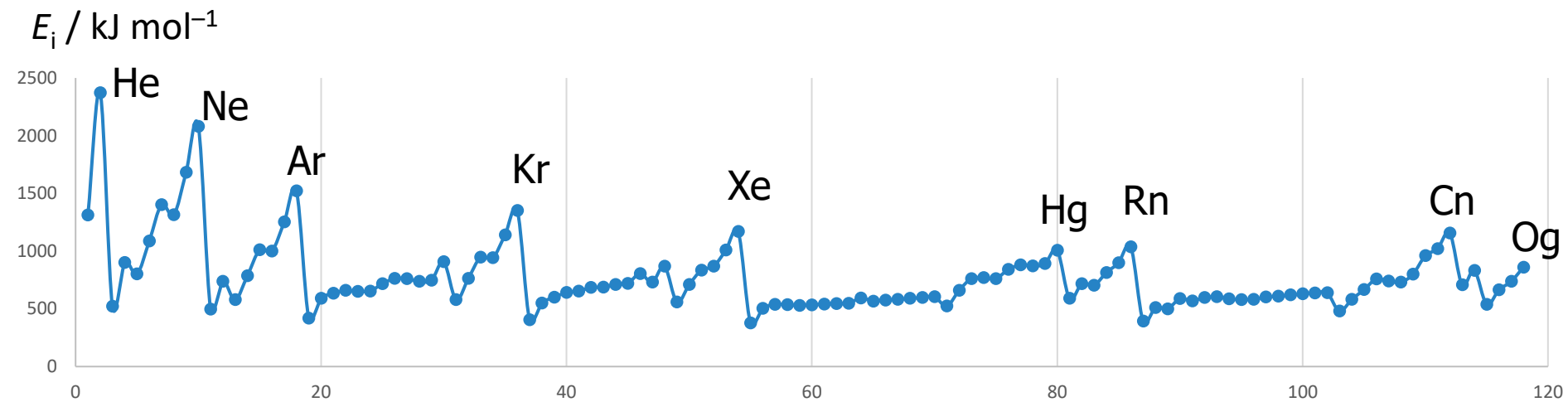
www.webelements.com

© Mark Winter

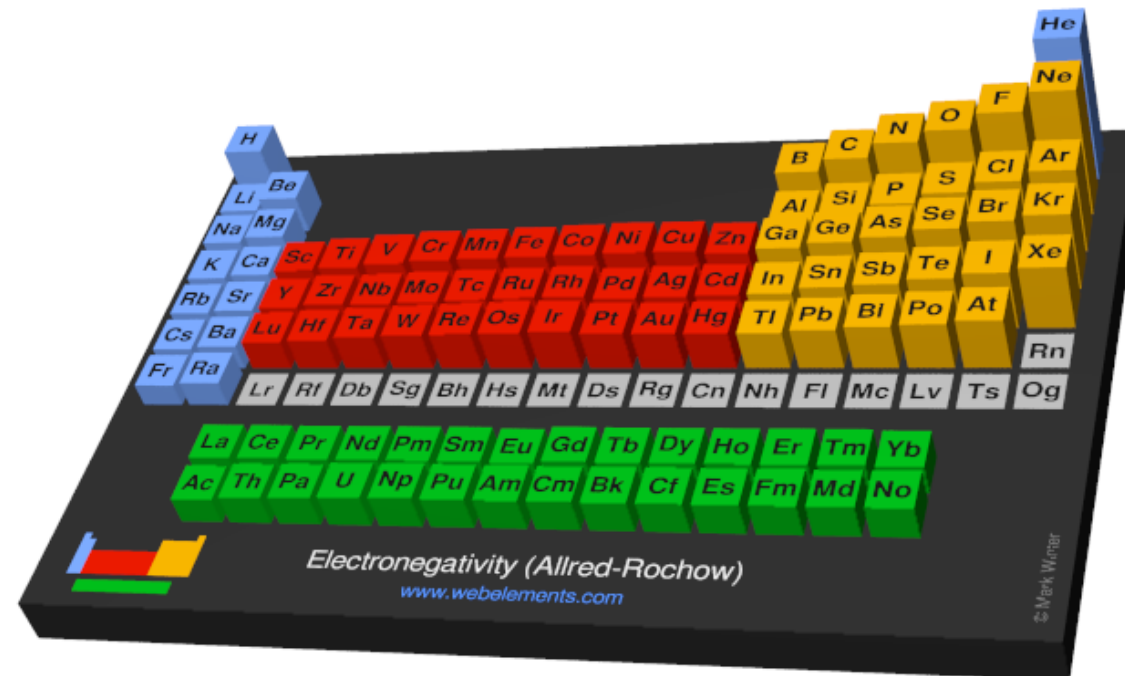
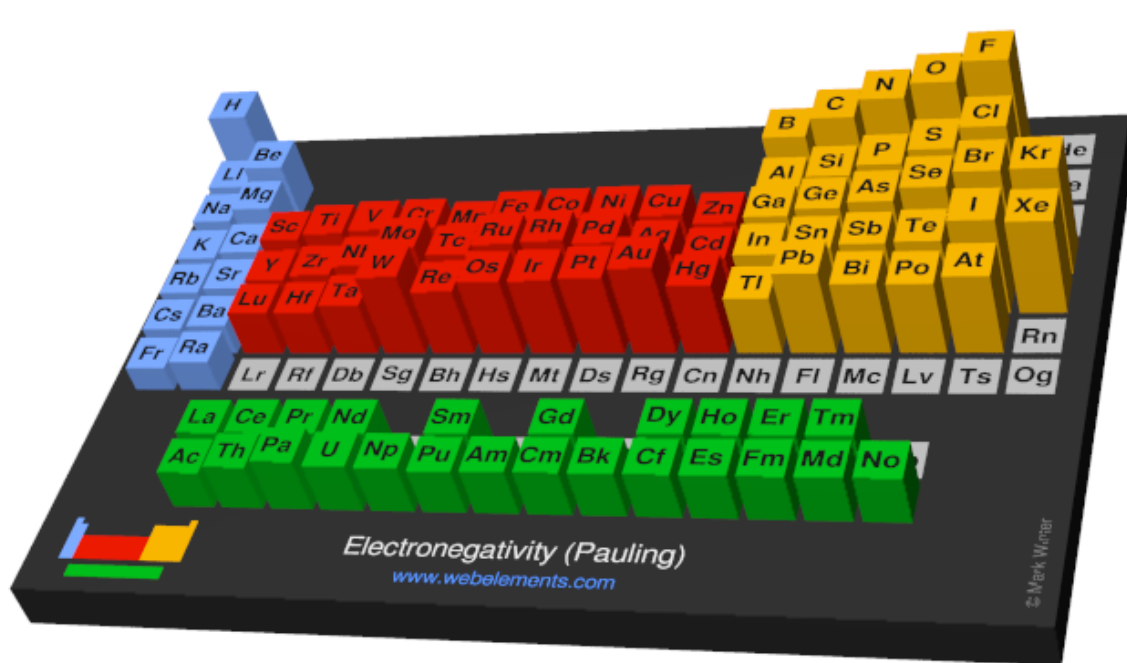
Periodičnost svojstva – elektronski afinitet i energije ionizacije



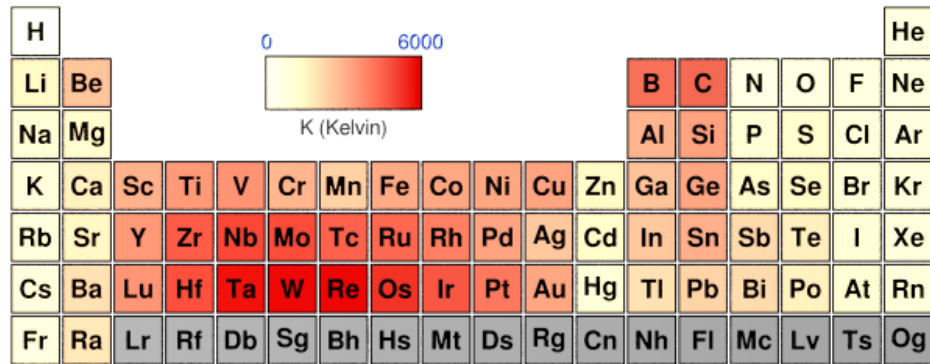
Periodičnost svojstava – elektronski afinitet i energije ionizacije



Periodičnost svojstva – elektronegativnost



Periodičnost svojstva – tališta, vrelišta...

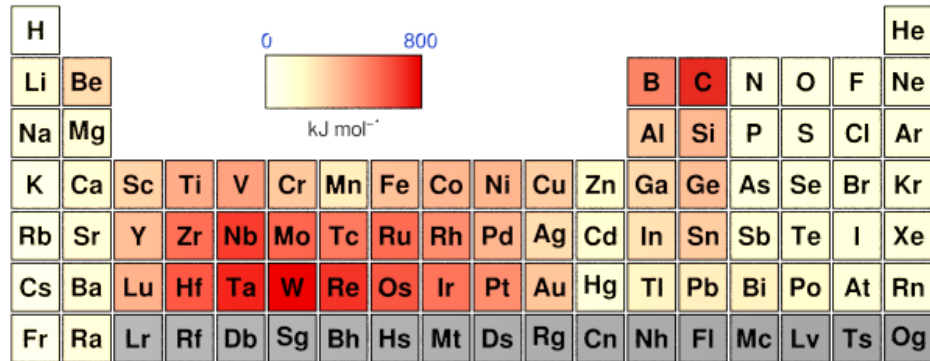


La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Boiling point

www.webelements.com

© Mark Winter

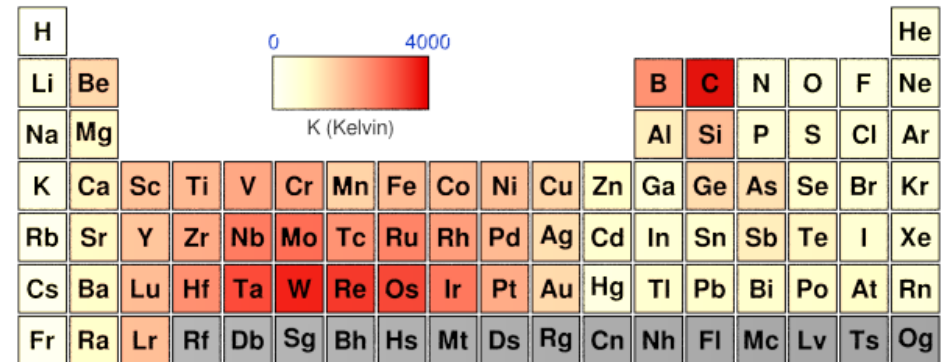


La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Enthalpy of vaporization

www.webelements.com

© Mark Winter

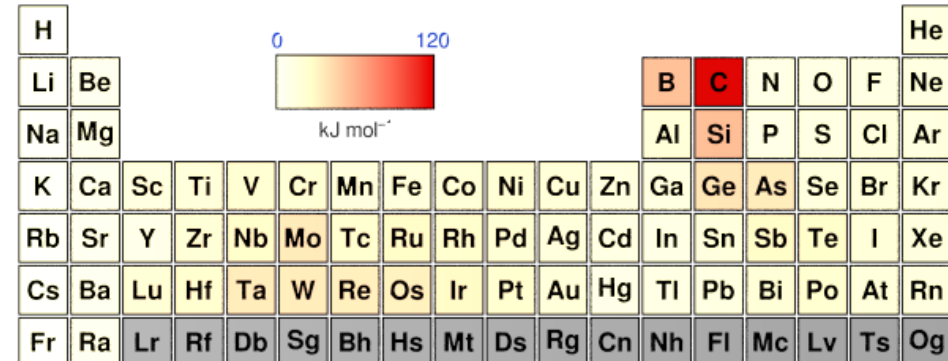


La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Melting point

www.webelements.com

© Mark Winter



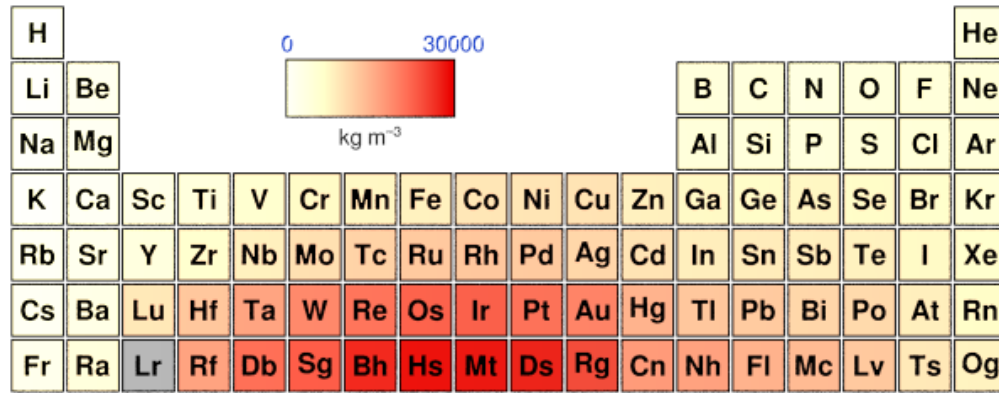
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Enthalpy of fusion

www.webelements.com

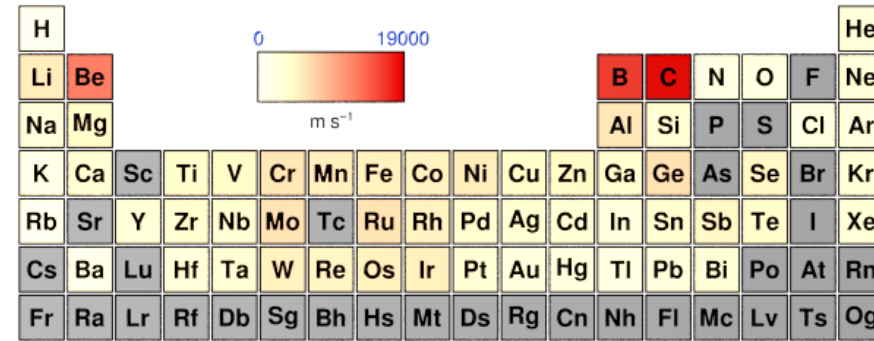
© Mark Winter

Periodičnost svojstva – gustoća (i vezane veličine)



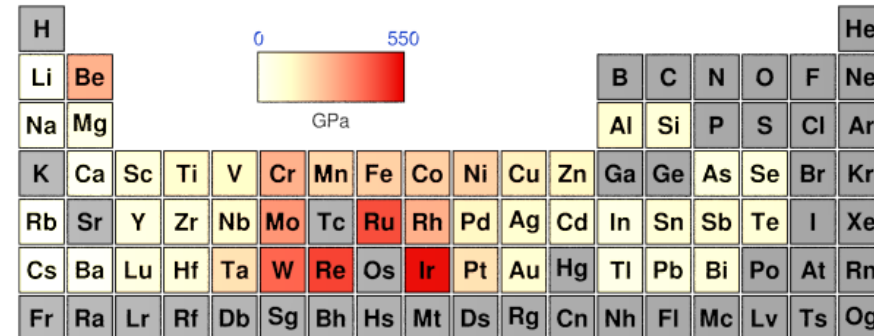
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Density of solid
www.webelements.com



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

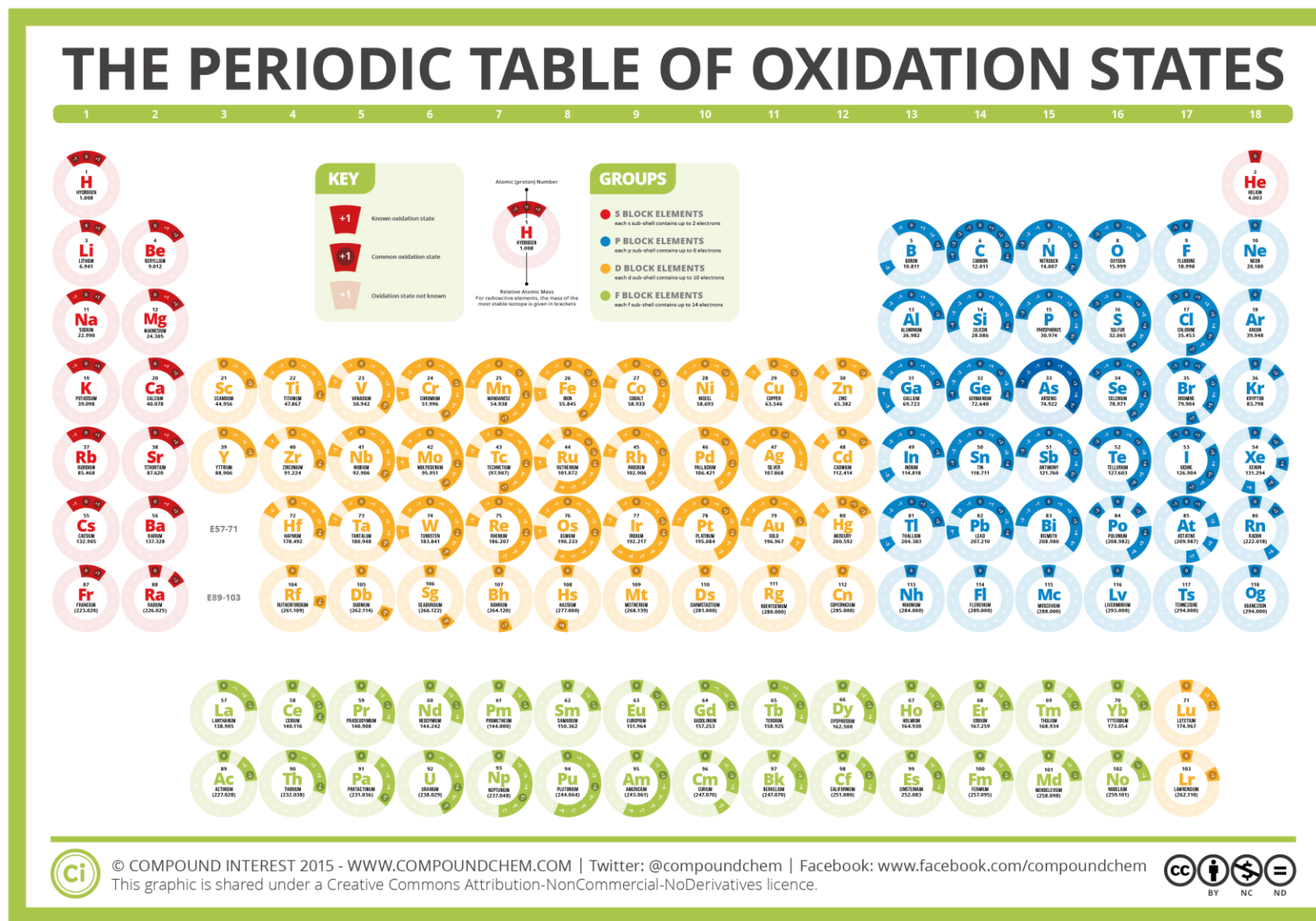
Velocity of sound
www.webelements.com



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

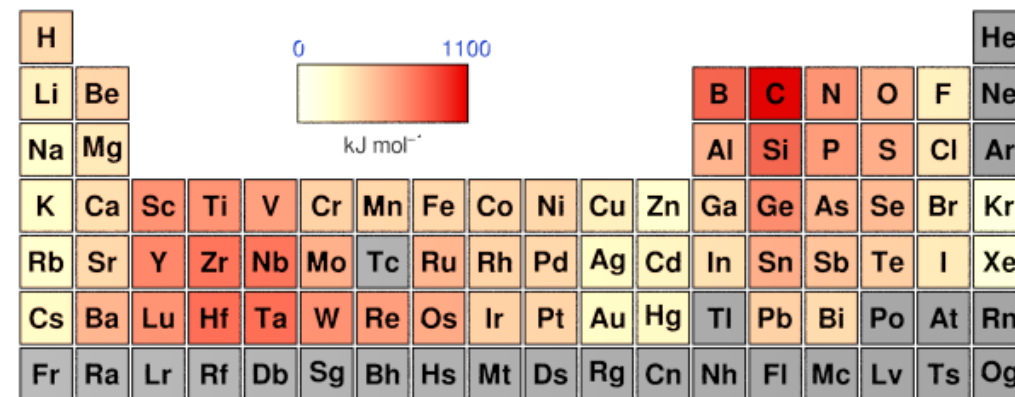
Young's modulus
www.webelements.com

Periodičnost svojstva – oksidacijska stanja



Periodičnost svojstva – oksidi

1																	18				
1	1 H																2 He				
2	3 Li		4 Be												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na		12 Mg					13 Al	14 Si		15 P	16 S	17 Cl	18 Ar							
4	19 K		20 Ca		21 Sc		22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs		56 Ba		57 La		* 72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr		88 Ra		89 Ac		†														
							* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
							† 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



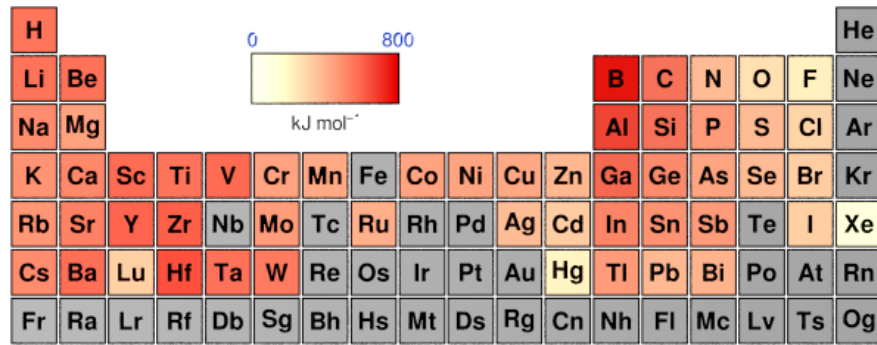
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Bond enthalpy of diatomic M-O molecules

www.webelements.com

© Mark Winter

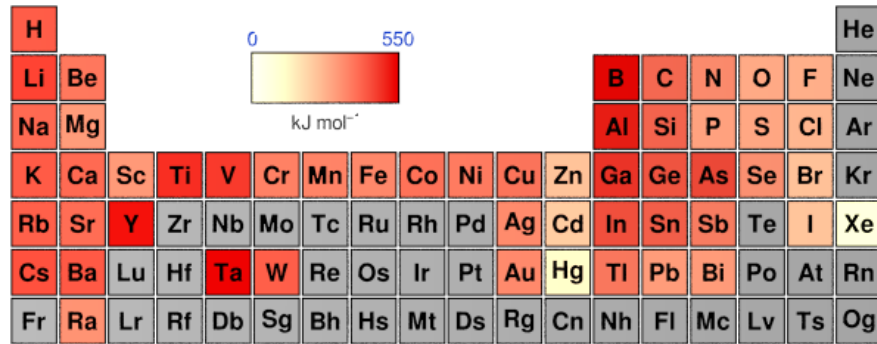
Periodičnost svojstva – halogenidi



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

Bond enthalpy of diatomic M-F molecules
www.webelements.com

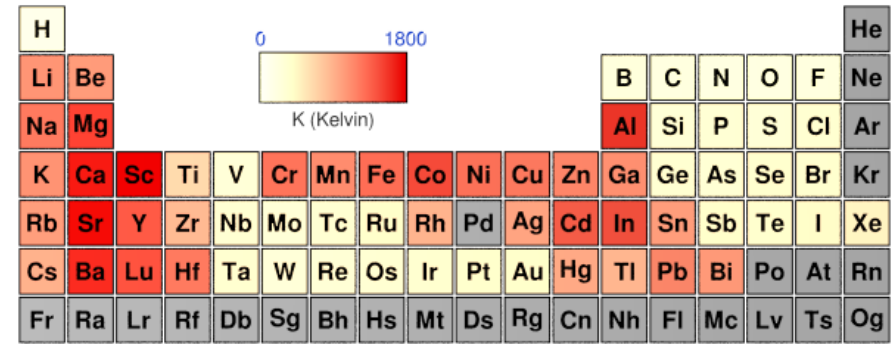
© Mark Winter



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

Bond enthalpy of diatomic M-Cl molecules
www.webelements.com

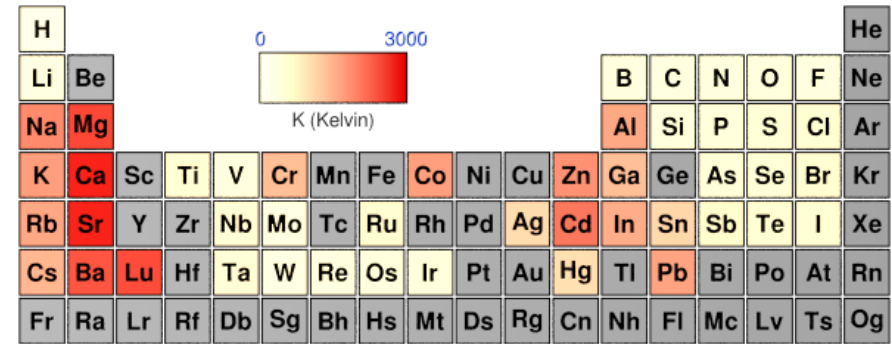
© Mark Winter



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

Melting point of the highest fluoride
www.webelements.com

© Mark Winter

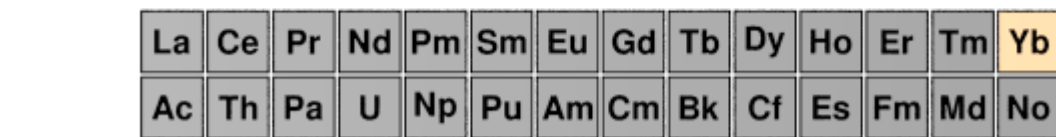
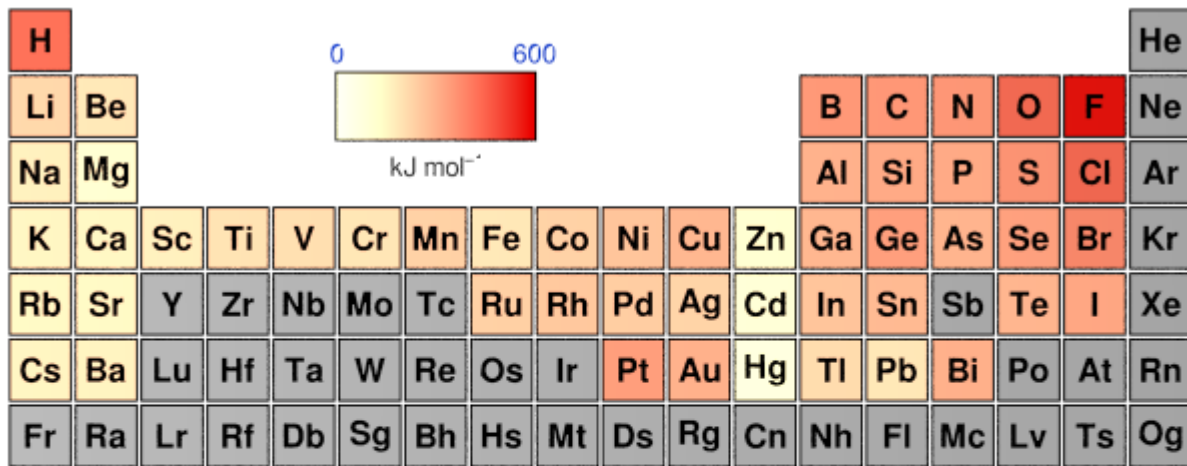


La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

Boiling point of highest fluoride
www.webelements.com

© Mark Winter

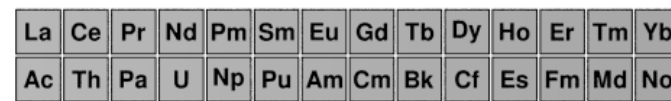
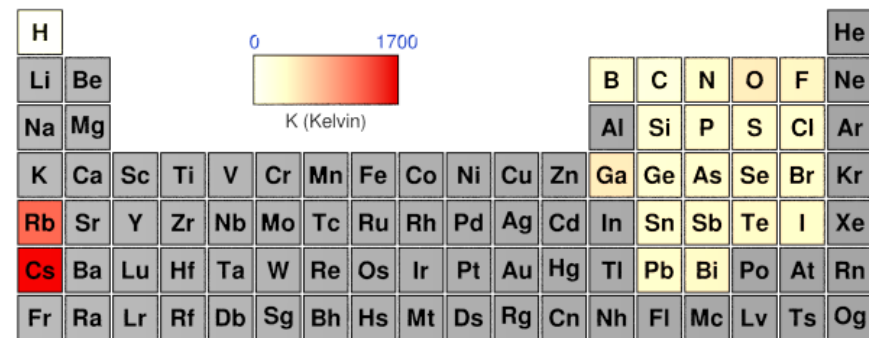
Periodičnost svojstva – hidridi



Bond enthalpy of diatomic M-H molecules

www.webelements.com

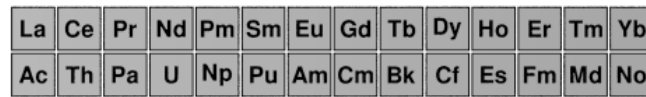
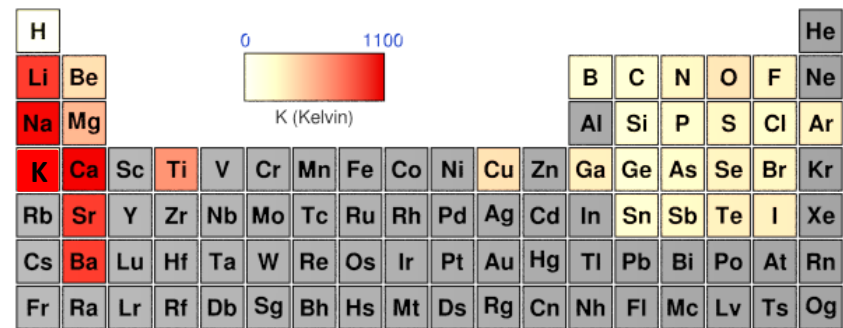
© Mark Winter



Boiling point of hydride

www.webelements.com

© Mark Winter



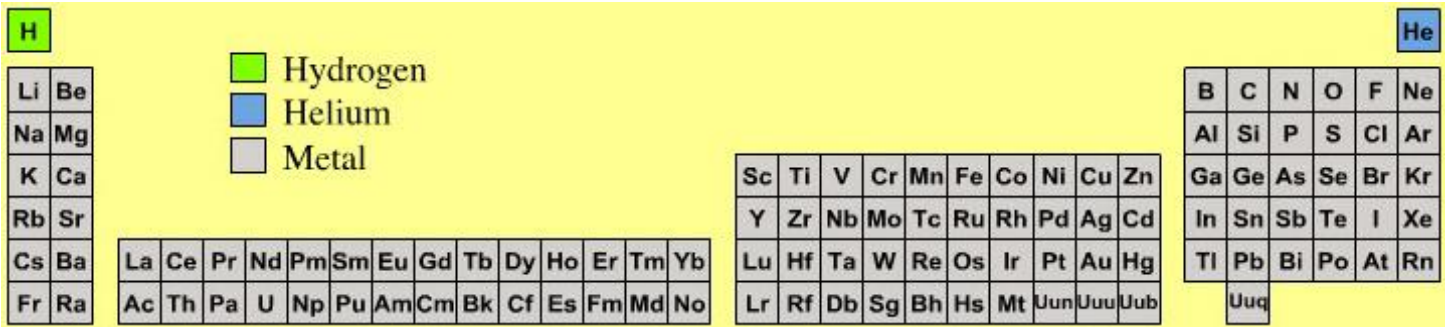
Melting point of the hydride

www.webelements.com

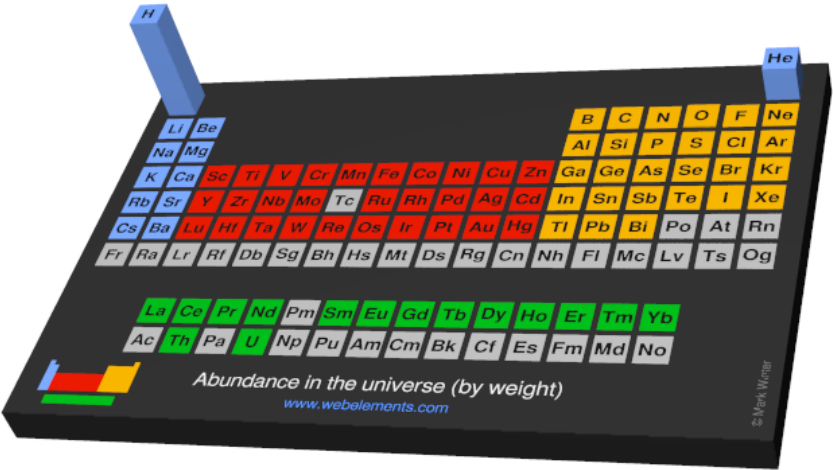
© Mark Winter

ZASTUPLJENOST ELEMENATA U SVEMIRU

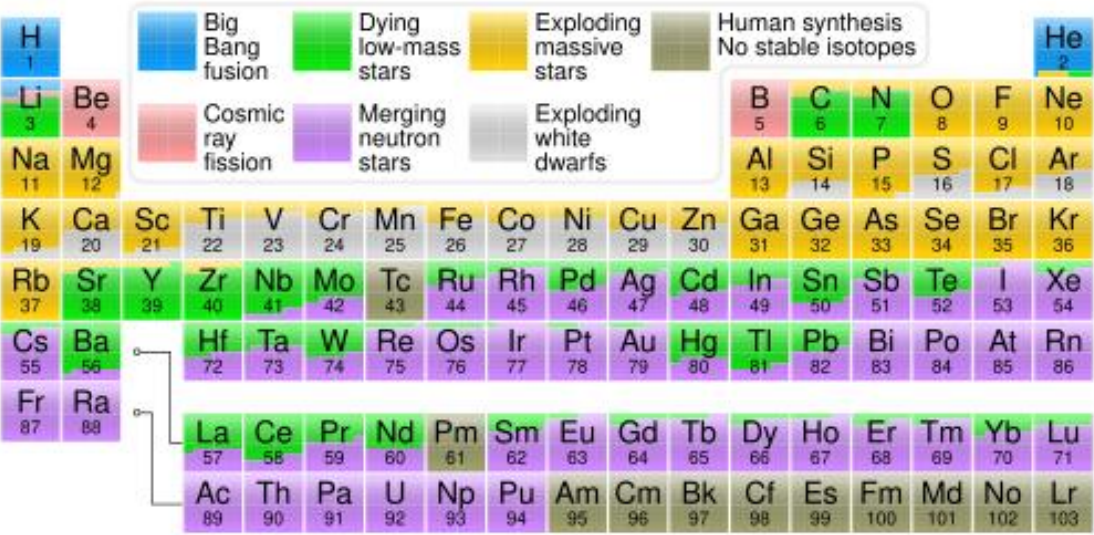
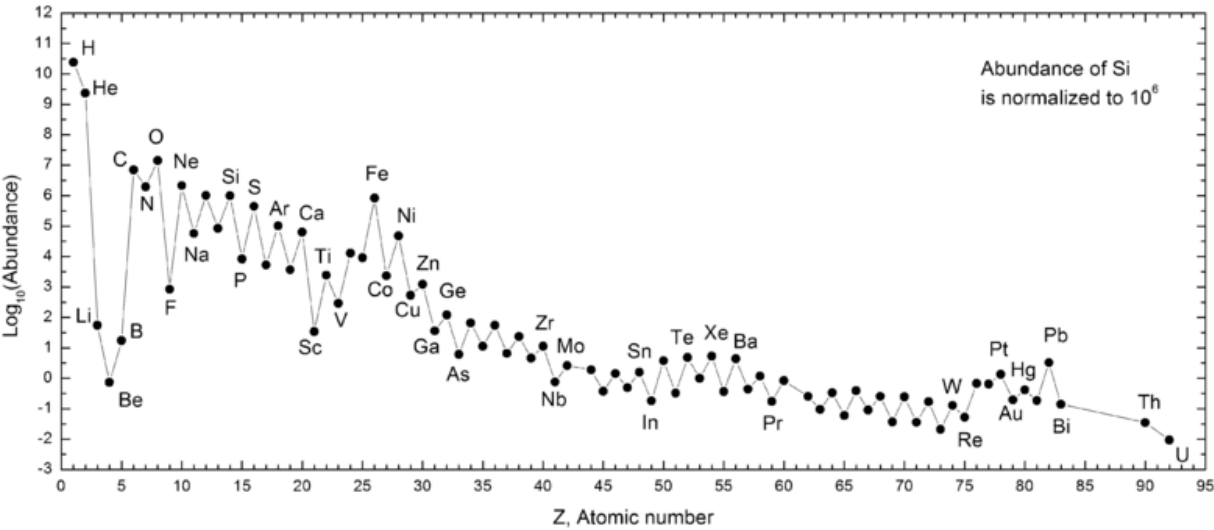
w = 71,1 %



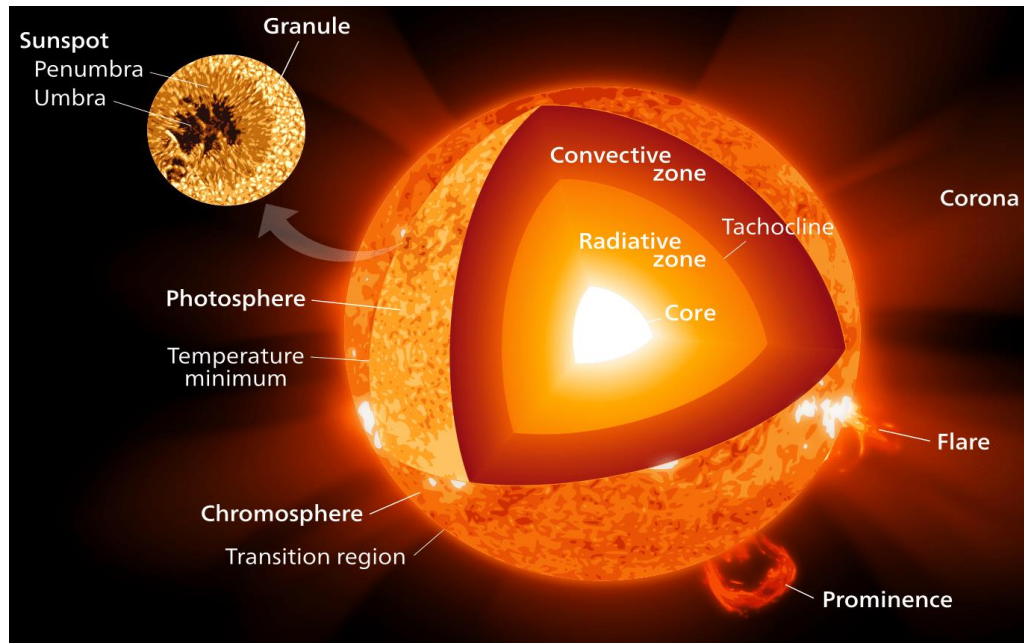
w = 27,4 %



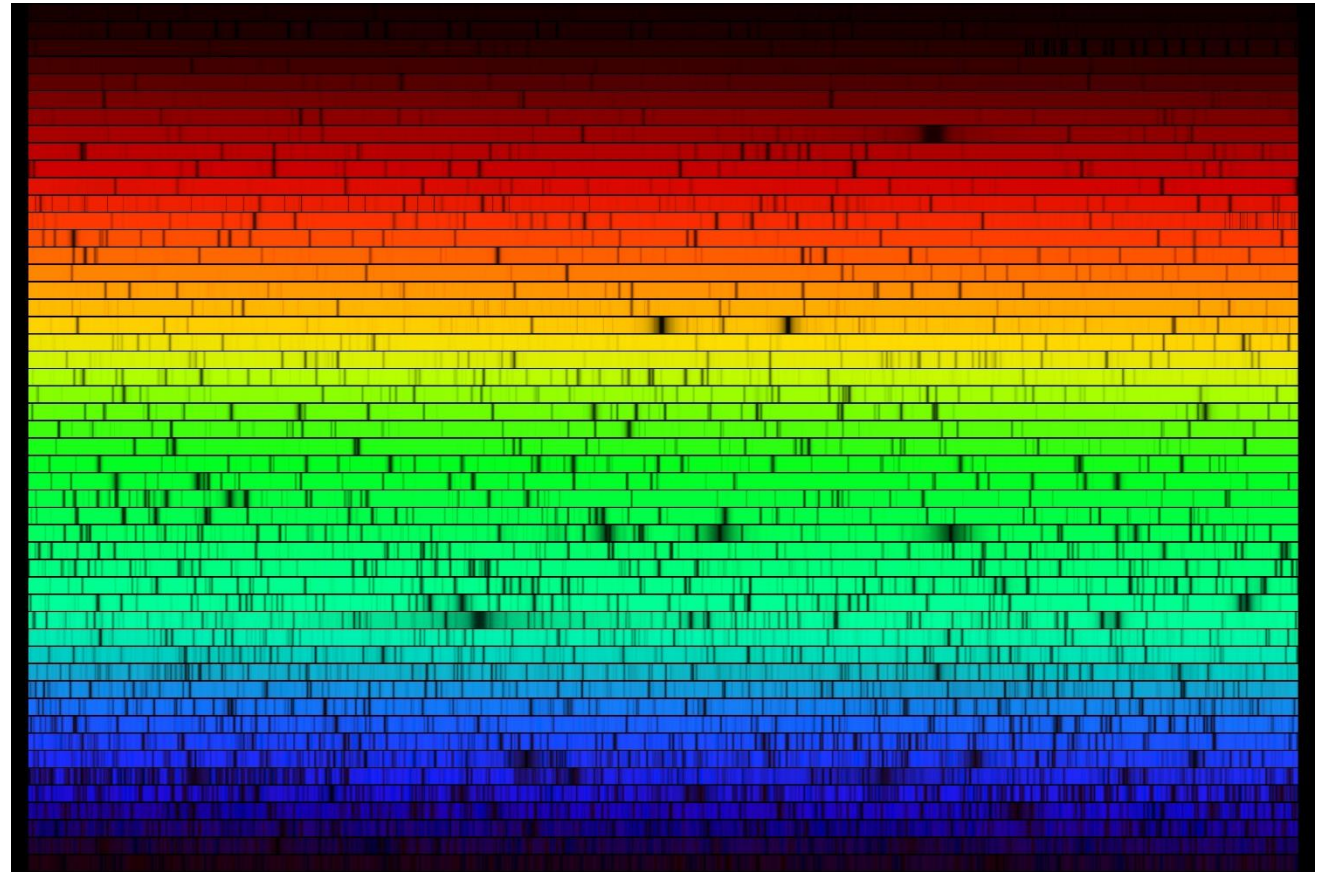
w = 1,5 %



ZASTUPLJENOST ELEMENATA U SUNCU

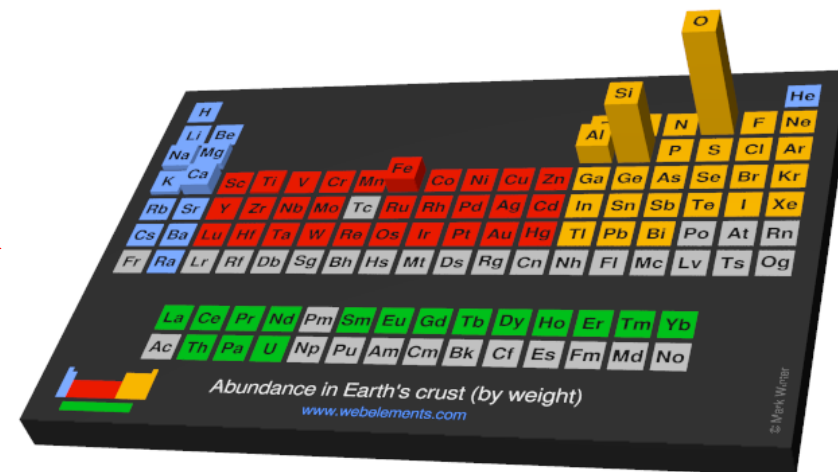
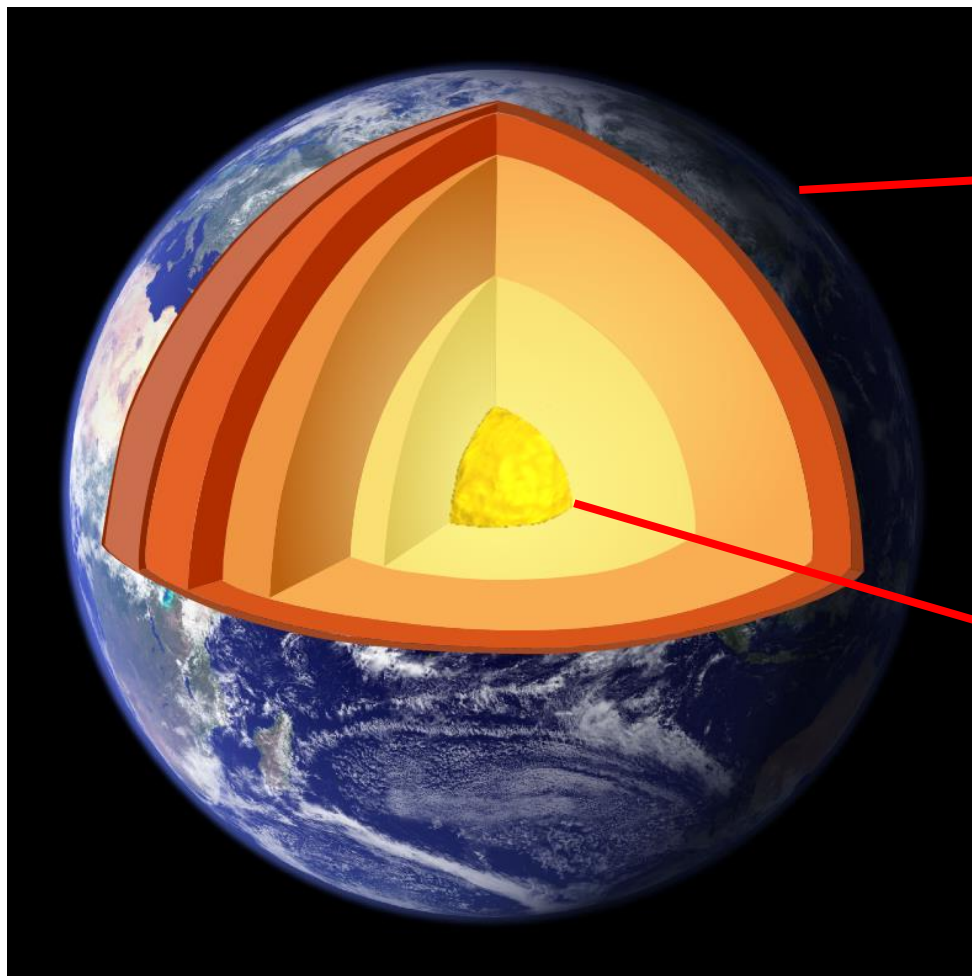


$w(\text{H}) \approx 74 \%$
 $w(\text{He}) \approx 24\%$
 $w(\text{O}) \approx 1\%$
 $w(\text{C}) \approx 0,3\%$
 $w(\text{Ne}) \approx 0,2\%$
 $w(\text{Fe}) \approx 0,2\%$

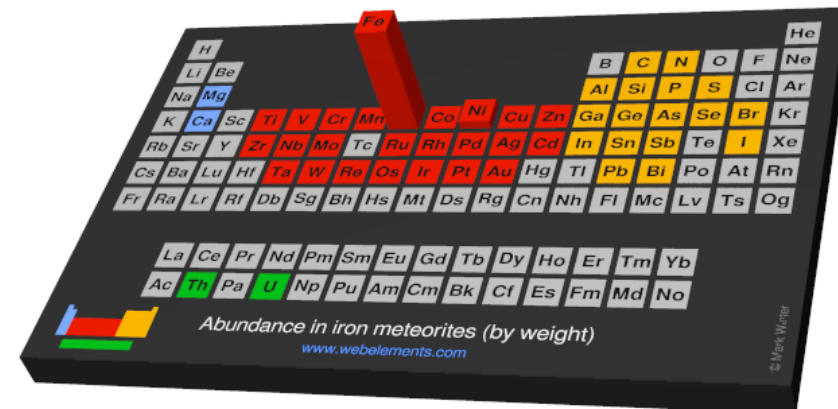


Fraunhoferove linije u spektru Sunca

ZASTUPLJENOST ELEMENATA NA ZEMLJI



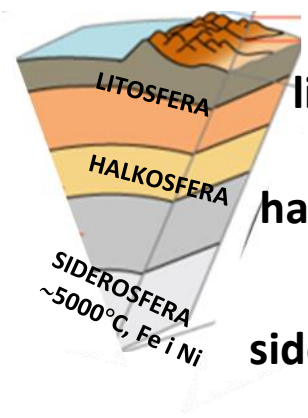
U ZEMLJINOJ KORI



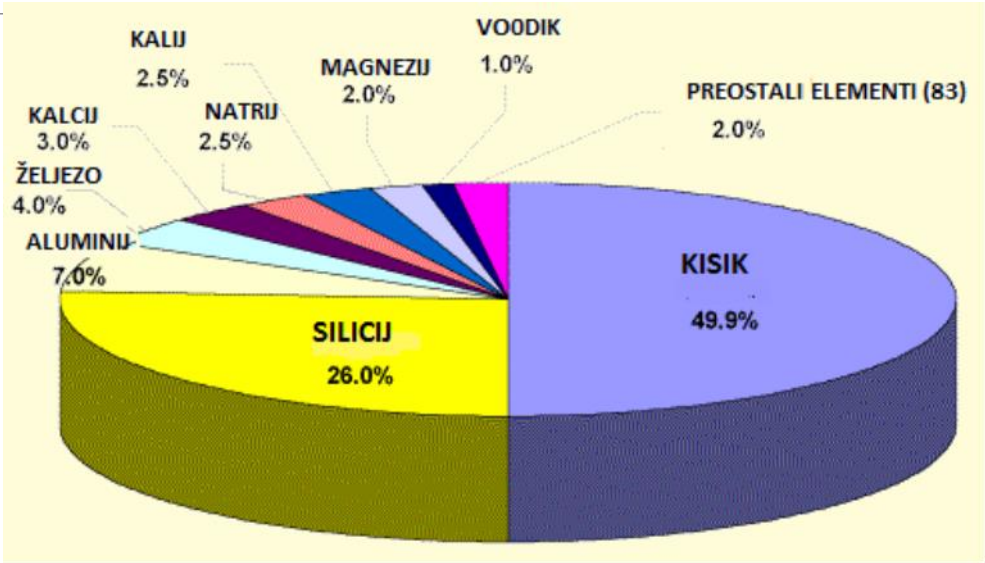
U METALNIM METEORITIMA
($\approx$ U UNUTRAŠNOSTI)

U ZEMLJINOJ KORI

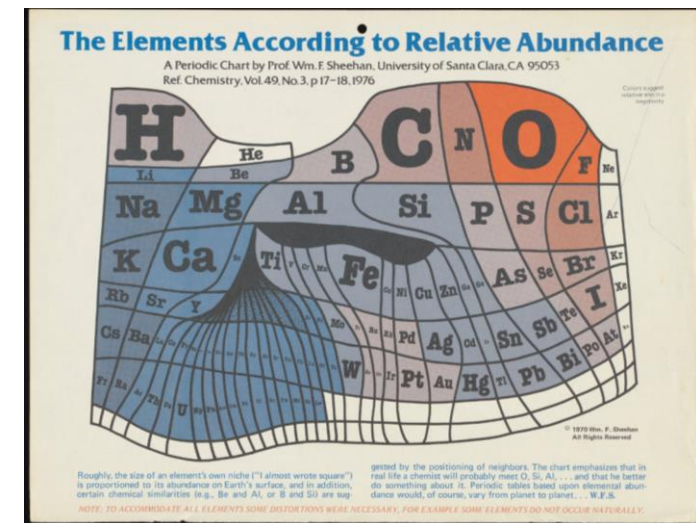
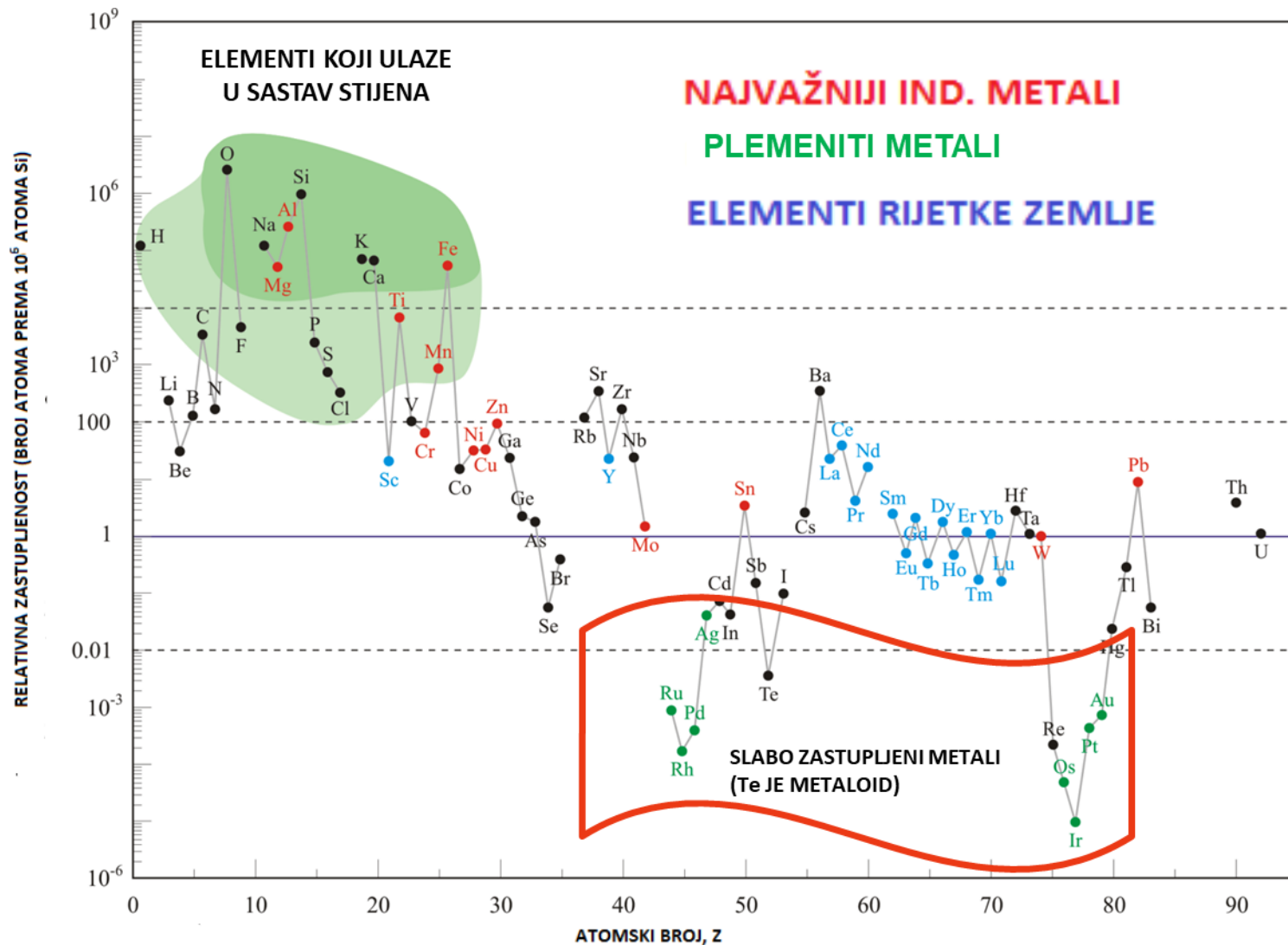
- Od 92 elemenata koji se javljaju u prirodi, 30 ih se osim u spojevima javlja i u elementarnom obliku



litofilni: Li, Na, K, Rb, B, F, Cl
halkofilni: Cu, Ag, Zn, Hg, Cd, S
siderofilni: Au, Ge, Sn, Pb, Co



Li Be		C H O N										H		He								
Na Mg		Common Elements										B	C	N	O	F	Ne					
K Ca		Less Common Elements										Al	Si	P	S	Cl	Ar					
Rb Sr		Uncommon Elements										Ga	Ge	As	Se	Br	Kr					
Cs Ba		La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb											In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Fr Ra		Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No											Lu	Hf	Ta W Re Os Ir Pt Au Hg	Tl	Pb	Bi Po At Rn				
													Lr	Rf	Db Sg Bh Hs Mt Uun Uuu Uub	Uuq						



ZASTUPLJENOST ELEMENATA U ŽIVIM BIĆIMA

1 H 1.008 Hydrogen																	18 He 4.003 Helium						
3 Li 6.941 Lithium	4 Be 9.012 Beryllium																	19 B 10.81 Boron	20 C 12.01 Carbon	21 N 14.01 Nitrogen	22 O 16.00 Oxygen	23 F 18.99 Fluorine	24 Ne 20.18 Neon
11 Na 22.99 Sodium	12 Mg 24.305 Magnesium																	31 Al 26.98 Aluminium	32 Si 28.09 Silicon	33 P 30.97 Phosphorus	34 S 32.06 Sulfur	35 Cl 35.45 Chlorine	36 Ar 39.95 Argon
19 K 39.10 Potassium	20 Ca 40.08 Calcium	21 Sc 44.96 Scandium	22 Ti 47.88 Titanium	23 V 50.94 Vanadium	24 Cr 52.00 Chromium	25 Mn 54.94 Manganese	26 Fe 55.85 Iron	27 Co 58.93 Cobalt	28 Ni 58.69 Nickel	29 Cu 63.55 Copper	30 Zn 65.38 Zinc	31 Ga 69.72 Gallium	32 Ge 72.64 Germanium	33 As 74.92 Arsenic	34 Se 78.96 Selenium	35 Br 79.90 Bromine	36 Kr 83.80 Krypton						
37 Rb 85.47 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium	39 Y 88.91 Yttrium	40 Zr 91.22 Zirconium	41 Nb 92.91 Niobium	42 Mo 95.94 Molybdenum	43 Tc 98.91 Technetium	44 Ru 101.07 Ruthenium	45 Rh 102.91 Rhodium	46 Pd 106.42 Palladium	47 Ag 107.87 Silver	48 Cd 112.41 Cadmium	49 In 114.82 Indium	50 Sn 118.71 Tin	51 Sb 121.76 Antimony	52 Te 127.60 Tellurium	53 I 126.91 Iodine	54 Xe 131.29 Xenon						
55 Cs 132.91 Cesium	56 Ba 137.33 Barium	57-71 La-Lu		72 Hf 178.49 Hafnium	73 Ta 180.95 Tantalum	74 W 183.85 Tungsten	75 Re 186.21 Rhenium	76 Os 190.23 Osmium	77 Ir 192.22 Iridium	78 Pt 195.08 Platinum	79 Au 196.97 Gold	80 Hg 200.59 Mercury	81 Tl 204.38 Thallium	82 Pb 207.2 Lead	83 Bi 208.98 Bismuth	84 Po 209 Polonium	85 At 210 Astatine	86 Rn 222 Radon					
87 Fr 223 Francium	88 Ra 226 Radium	89 Ac 227 Actinium	90 Th 232.04 Thorium		91 Pa 231.04 Protactinium	92 U 238.03 Uranium																	

BIOLOŠKI VAŽNI

U TRAGOVIMA

POTENCIJNO ESENC. U TRAGOVIMA

Od 92 elemenata koji se javljaju u prirodi,
≈ 26 je esencijalno za život

Li Be

Na Mg

K Ca

Rb Sr

Cs Ba

Fr Ra

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

Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn

Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd

Lu Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg

Lr Rf Db Sg Bh Hs Mt Uun Uuu Uub

Uuq

H

He

B C N O F Ne

Al Si P S Cl Ar

Ga Ge As Se Br Kr

In Sn Sb Te I Xe

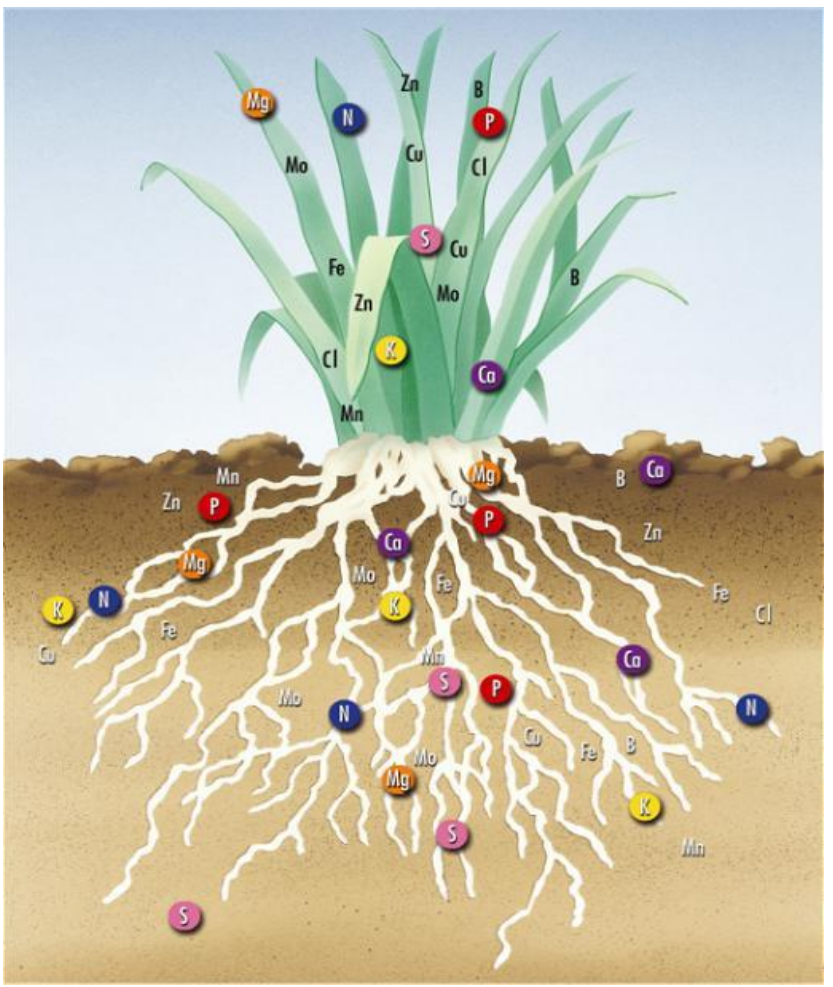
Tl Pb Bi Po At Rn

Essential

Essential trace

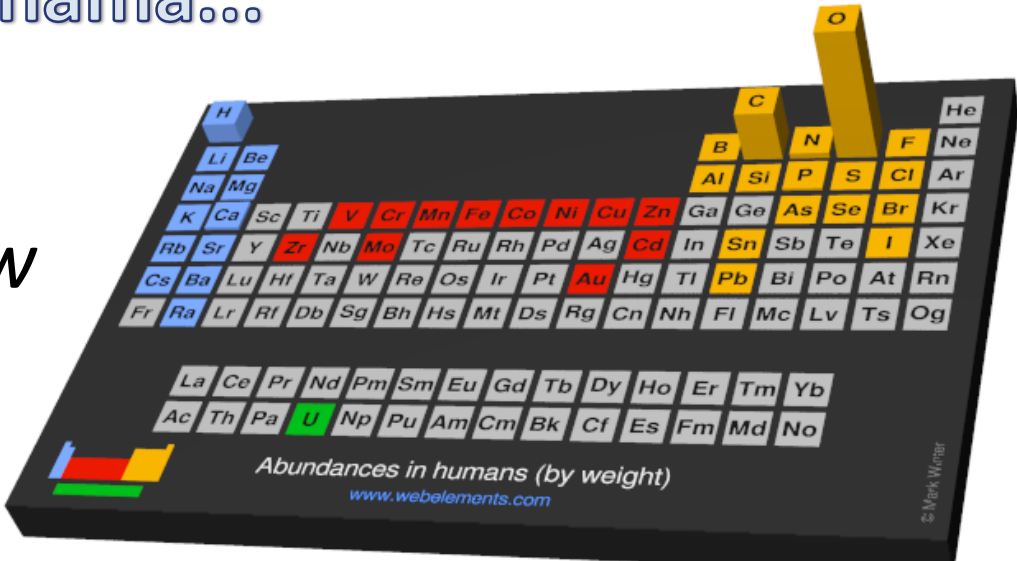
Toxic

Radioactive

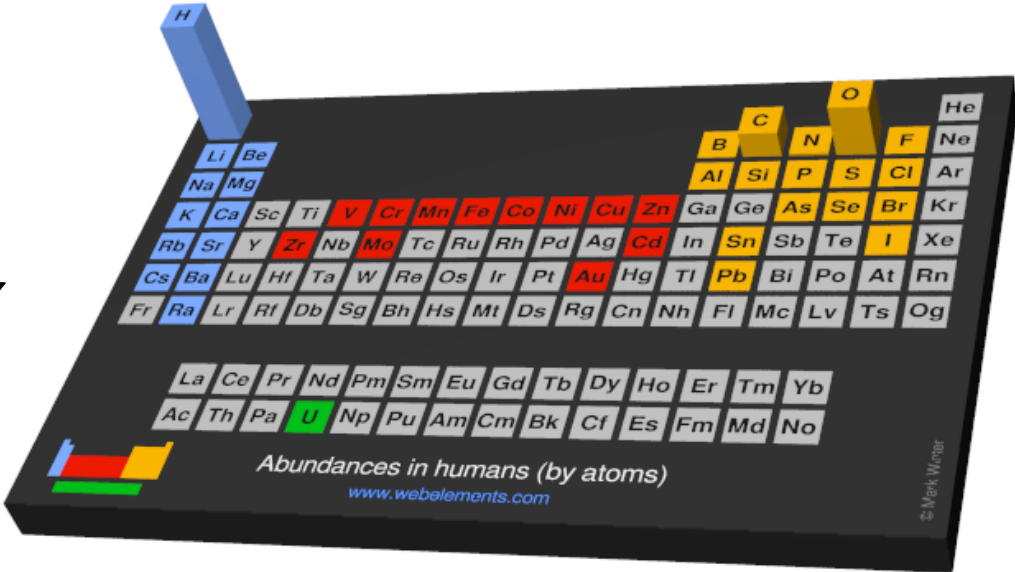


I u nama...

W



X



ELEMENTS OF THE HUMAN BODY

