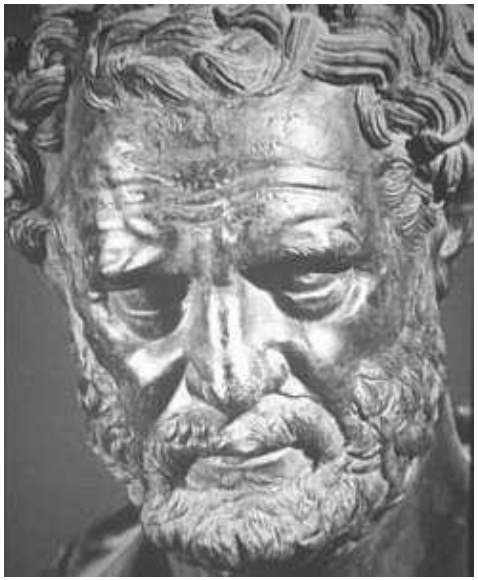
Ideja o atomima

ATOM
(beskrajno mali)

Demokrit

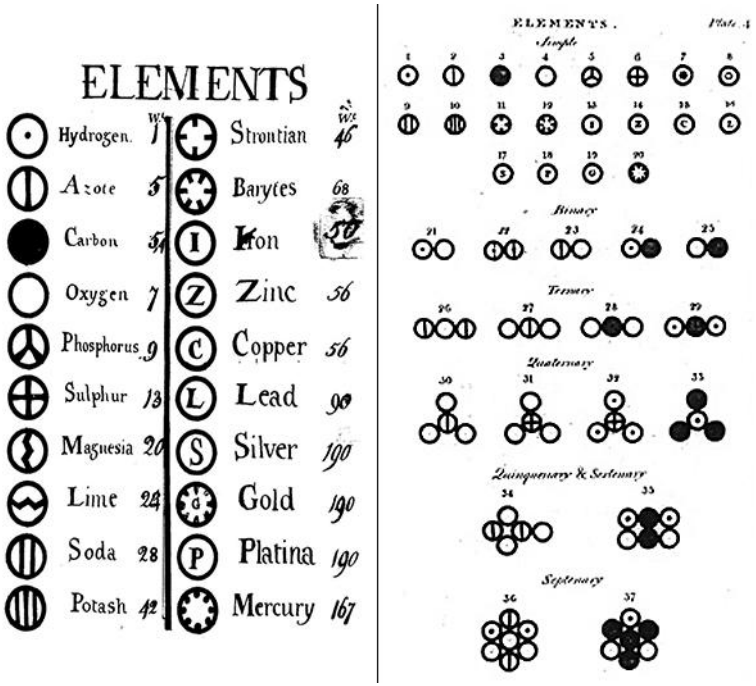
460–370 p.n.e.
Grčka



DALTONOVA TEORIJA ATOMA

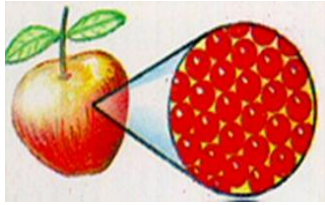
Džon Dalton

1808 god.

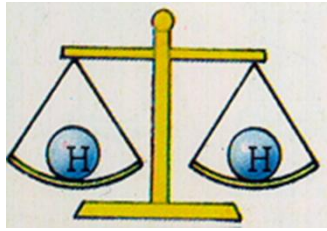


DALTONOVA TEORIJA ATOMA

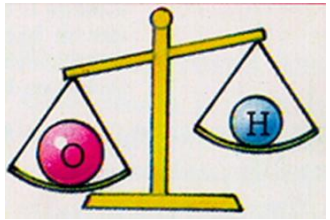
- Najsitniji deo elementarne supstance je atom. Atom je nedeljiv.



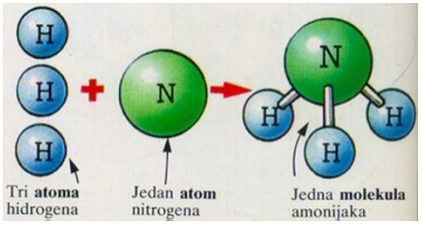
- Atomi jedne proste supstance (elementa) imaju iste mase.



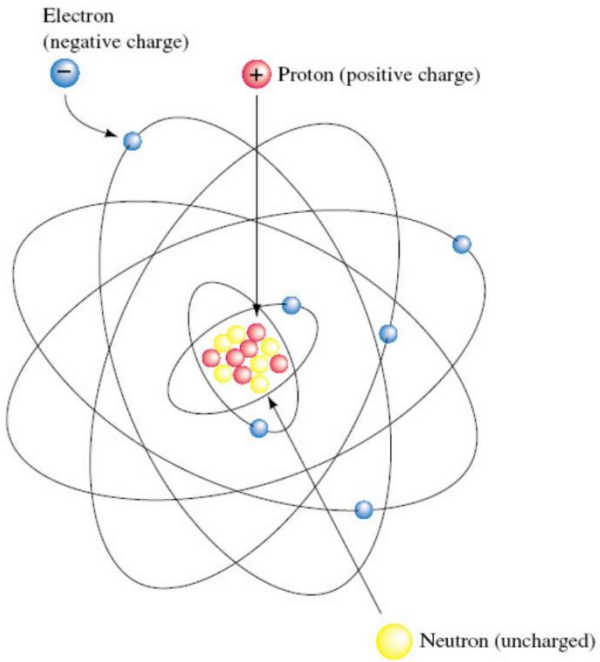
- Atomi različitih elemenata imaju različita osobine i različite mase.

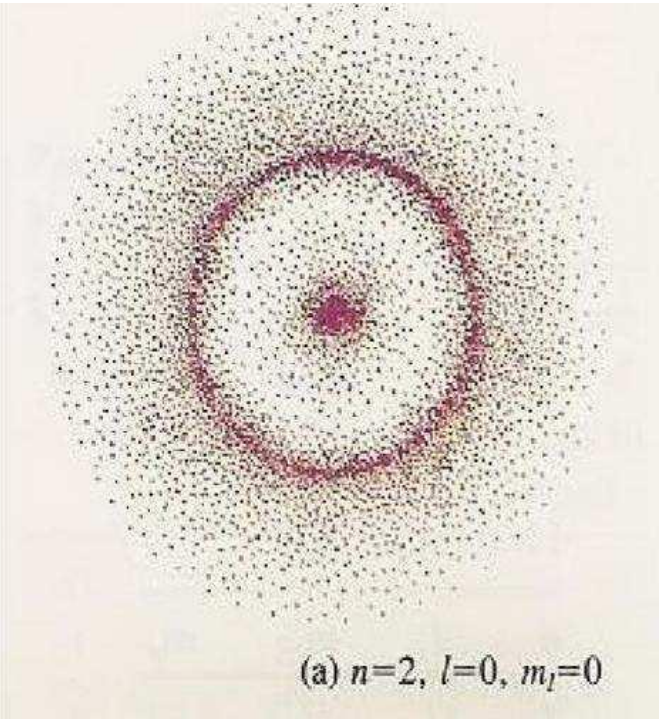


- Hemijska jedinjenja nastaju spajanjem atoma odgovarajućih elemenata.



Da li je ovo stvarno atom?





OTKRIĆE ELEKTRONA

Naelektrisanje elektrona

$$e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ C$$

Specifično naelektrisanje elektrona

$$e/m = 1.76 \times 10^{8}\ C/g$$

Masa elektrona

$$m = \frac{1.60218 \times 10^{-19}\ C}{1.7589 \times 10^{11} C kg^{-1}} = 9.1094 \times 10^{-31}\ kg$$

$$m = 9.1094 \times 10^{-31}\ kg$$

Ostale subatomske čestice

Protone je otkrio Ratherford 1919. godine.

Neutrone je otkrio James Chadvick 1932. godine.

Subatomske čestice

Protoni i elektroni su jedine čestice koje imaju naelektrisanje.

Protoni i neutroni su u suštini iste mase. Zajedničkim imenom se nazivaju nukleoni.

Masa elektrona je toliko mala da ga ignorišemo. Masa elektrona je 1836 puta manja od mase protona.

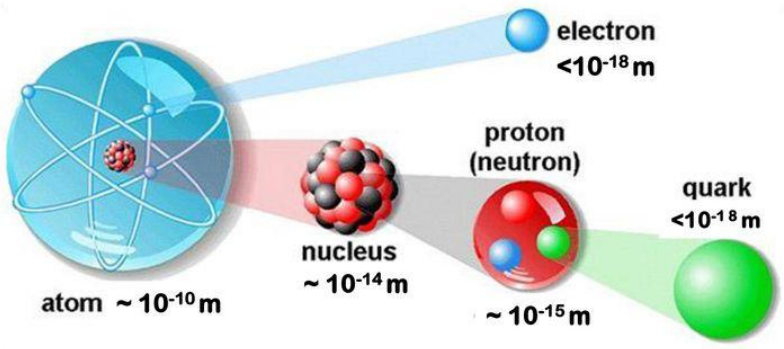
Particle	Charge	Mass (amu)
Proton	Positive (1+)	1.0073
Neutron	None (neutral)	1.0087
Electron	Negative (1−)	5.486×10^{-4}

STRUKTURA ATOMA

Danas znamo da protoni i neutroni nisu elementarne čestice, već da se atom sastoji od velikog broja još manjih čestica- **KVARKOVI**

From the atom to the quark

How small are the smallest constituents of matter?



Atoms and sub-atomic particles are much smaller than visible light wave-length
Therefore, we cannot really "see" them (all graphics are artist's impressions)
To learn about the sub-atomic structure we need particle accelerators

SAVREMENA DEFINICIJA HEMIJSKOG ELEMENTA

- Atomski broj elementa je jdnak broju pozitivno naelektrisanih čestica u jezrgru.

- Hemijski element je čista supstanca čiji atomi imaju isti redni broj, odnosno isti broj protona u jezgru.

- Osobine hemijskih elemenata su periodične funkcije njihovih rednih brojeva.

Simboli elemenata

Maseni broj (broj protona plus neutrona)

$^{12}_{6}C$

Simbol elementa

Atomski broj (broj protona ili elektrona)

Simboli elemenata su pretstavljeni sa jednim ili dva slova.

Atomski broj

Maseni broj (broj protona plus neutrona)

$^{12}_{6}C$

Simbol elementa

Atomski broj (broj protona ili elektrona)

Svi atomi istog elementa imaju isti broj protona:

atomski broj (Z)

Maseni broj

Maseni broj (broj protona plus neutrona)

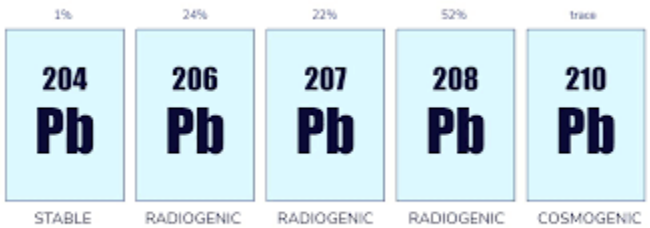
$^{12}_{6}C$

Simbol elementa

Atomski broj (broj protona ili elektrona)

Masa atoma u jedinicama atomske mase (amu) je ukupan broj protona i neutrona u atomu.

STRUKTURA ATOMA



The definition

- Moseley's law is an empirical law of the characteristic x-rays emitted by the atom.
- It is historically important in quantitatively justifying the conception of the nuclear model of the atom, with all or nearly all positive charges of the atom located in the nucleus, and associated on an integer basis with atomic number .

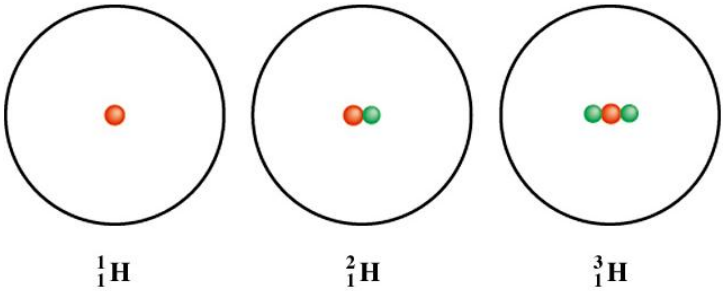
Izotopi

$^{11}_{6}C$ $^{12}_{6}C$ $^{13}_{6}C$ $^{14}_{6}C$

Izotopi su atomi istog elementa različitih masa.

Izotopi imaju različit broj neutrona.

Izotopi



Izotopi su atomi istog elementa različitih masa.

Izotopi imaju različit broj neutrona.

Ne razlikuju se po hemijskim svojstvima, ali se mogu razlikovati u fizičkim svojstvima koja zavise od mase atoma (gustina, brzina difuzije, stabilnost jezgra).

$^{1}_{1}H$ $^{2}_{1}H(D)$ $^{3}_{1}H(T)$

Izotopi se primjenjuju u medicini, arheologiji i industriji.

^{14}C

- Za određivanje starosti fosila – vrijeme poluraspada 5730 godine

^{131}I

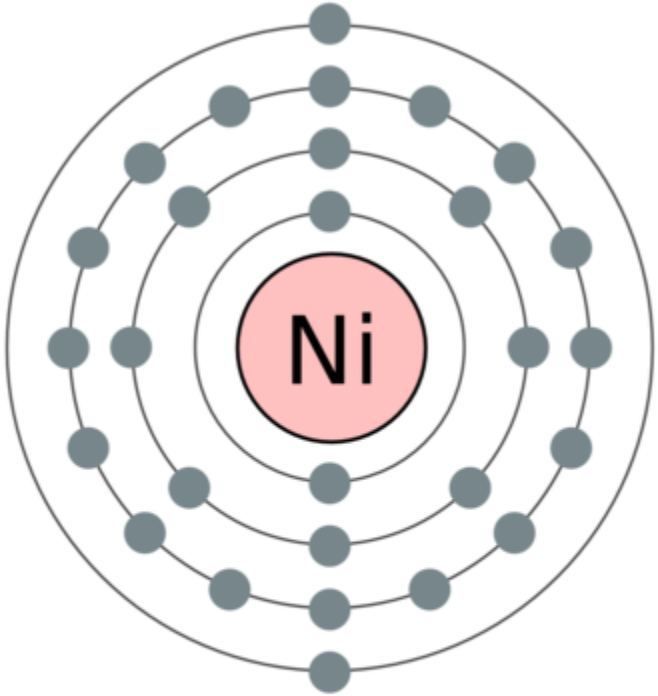
- Za liječenje tumora štitne žlijezde – emituje γ – zračenje koje ubija tumorske ćelije

^{60}Co

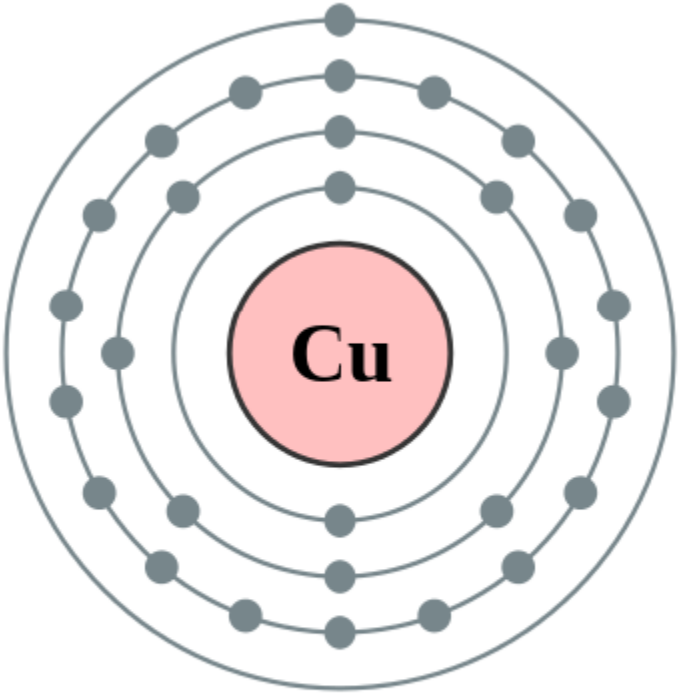
- Za konzerviranje hrane – emituje γ – zračenje koje uništava bakterije i gljivice u hrani , za sterilizaciju medicinskog materijala

Osobina	Stabilni izotopi	Radioaktivni izotopi
Stabilnost jezgra	Jezgro je stabilno, ne emituje zračenje	Jezgro je nestabilno, emituje α, β ili γ zračenje
Trajanje	Postoje trajno	Vremenom se raspadaju (poluživot)
Hemijska svojstva	Ista kao kod radioaktivnih izotopa istog elementa	Ista kao kod stabilnih izotopa istog elementa
Fizička svojstva	Razlikuju se samo po masi	Razlikuju se po masi i po radioaktivnom zračenju
Primjena u biologiji	Praćenje metabolizma (^{13}C, ^{2}H – deuterij)	Istraživanje fizioloških procesa (tracer metoda)
Primjena u medicini	Stabilni izotopi se rijetko koriste u kliničkoj praksi	Dijagnostika (^{99m}Tc, ^{18}F), terapija (^{131}I, ^{60}Co), sterilizacija materijala

Izobari



Number of Protons = 28
Number of Neutrons = 36
Atomic mass = 28 + 36
= 64



Number of Protons = 29
Number of Neutrons = 35
Atomic mass = 29 + 35
= 64

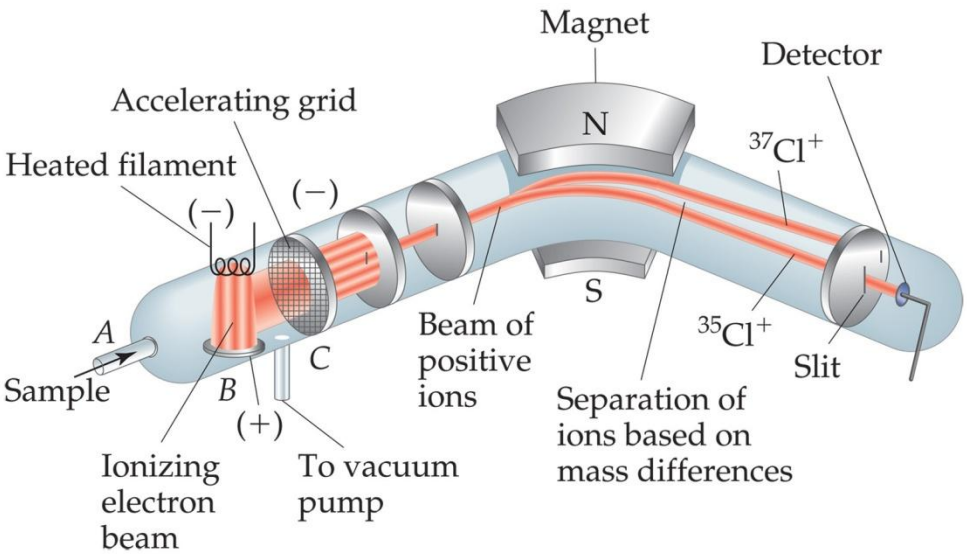
Izobari su atomi različitih elementa koji imaju isti maseni broj a različi atomski broj.

Izotoni

$^{16}_{8}O$	$^{15}_{7}N$	$^{14}_{6}C$
$N = A - Z$	$N = A - Z$	$N = A - Z$
$= 16 - 8$	$= 15 - 7$	$= 16 - 6$
$= 8$	$= 8$	$= 8$

Izotoni su atomi različitih elementa koji imaju isti broj neutrona u jezgru a različit atomski broj.

Atomska masa



Atomske i molekulske mase se mogu izmeriti sa velikom preciznošću sa masenim spektrometrom.

Relativna atomska masa

Zato što u stvarnom svijetu koristimo velike količine atoma i molekula, koristimo prosječne mase u proračunama (relativne atomske mase).

Otkriće izotopa objašnjava zašto relativne atomske mase nijesu cijeli brojevi.

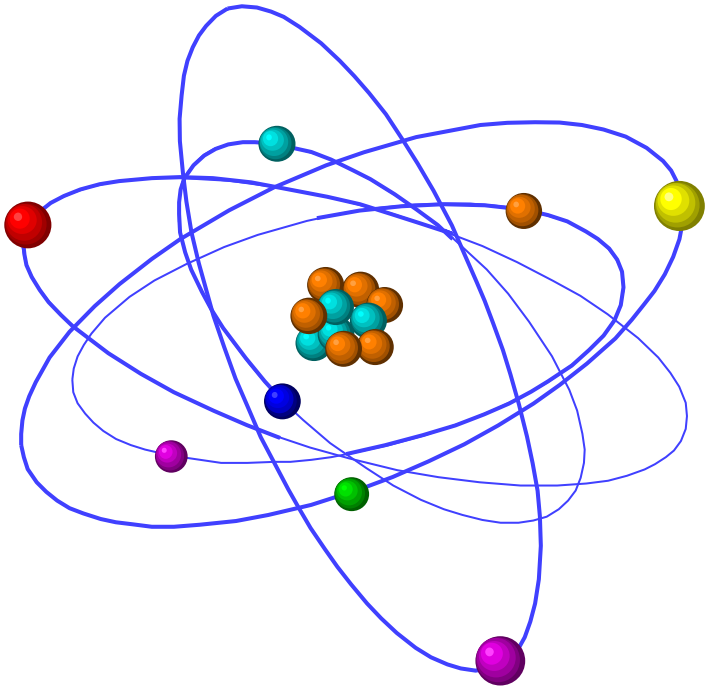
U prirodi kiseonik se javlja u obliku tri izotopa:

	Ar	%
^{16}O	15,99491	99,759
^{17}O	16,99913	0,037
^{18}O	17,99916	0,204

Izračunati Ar?

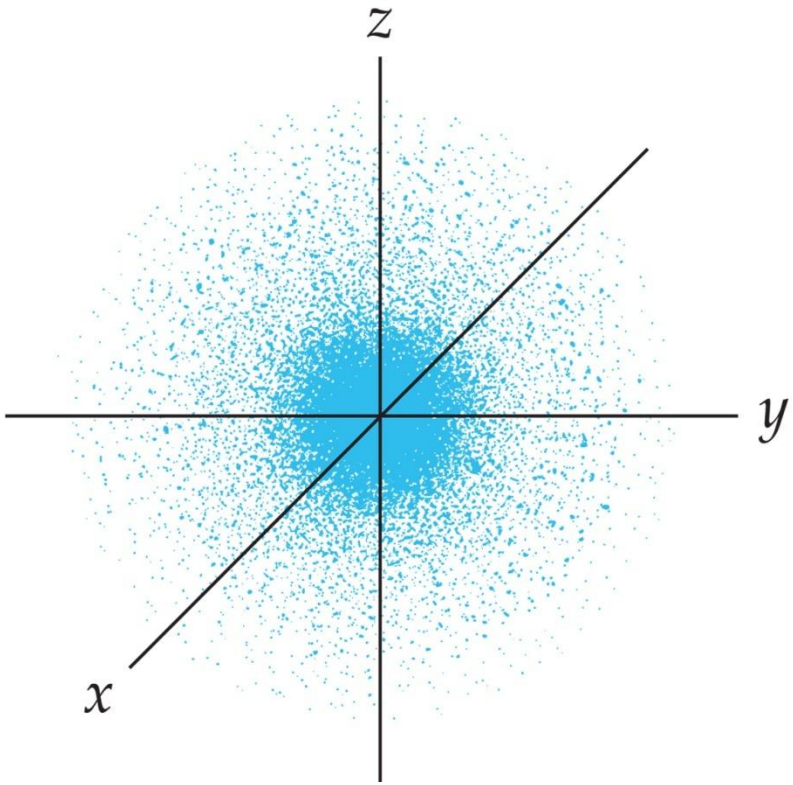
$$Ar(O) = 0{,}99759 \cdot 15{,}99491 + 0{,}00037 \cdot 16{,}99913 + 0{,}00204 \cdot 17{,}99916 = 15{,}99937$$

POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA



POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

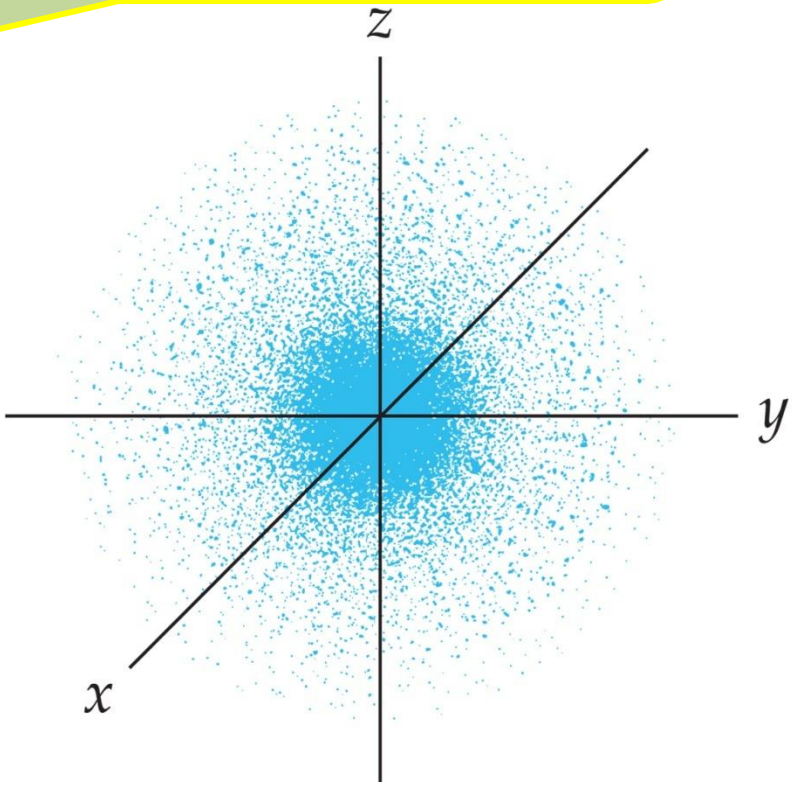
Ervin Schrodinger



POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

Ervin Schrodinger

$$-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\frac{d^2\psi}{dx^2}+V\psi=E\psi$$



POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

n-glavni kvantni broj

n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Maksimalan broj elektrona u energetskom nivou je = $2n^2$

n=1 $2x1^2 = 2x1 = 2$

n=2 $2x2^2 = 2x4 = 8$

n=3 $2x3^2 = 2x9 = 18$

n=4 $2x4^2 = 2x16 = 32$

POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

l-sporedni kvantni broj

l=0.....n-1

Zbog efekta zaklanjanja - podnivou u okviru jednog nivoa imaju različite vrijednosti energije

Vrijednost l	0	1	2	3
Orbitale	s	p	d	f

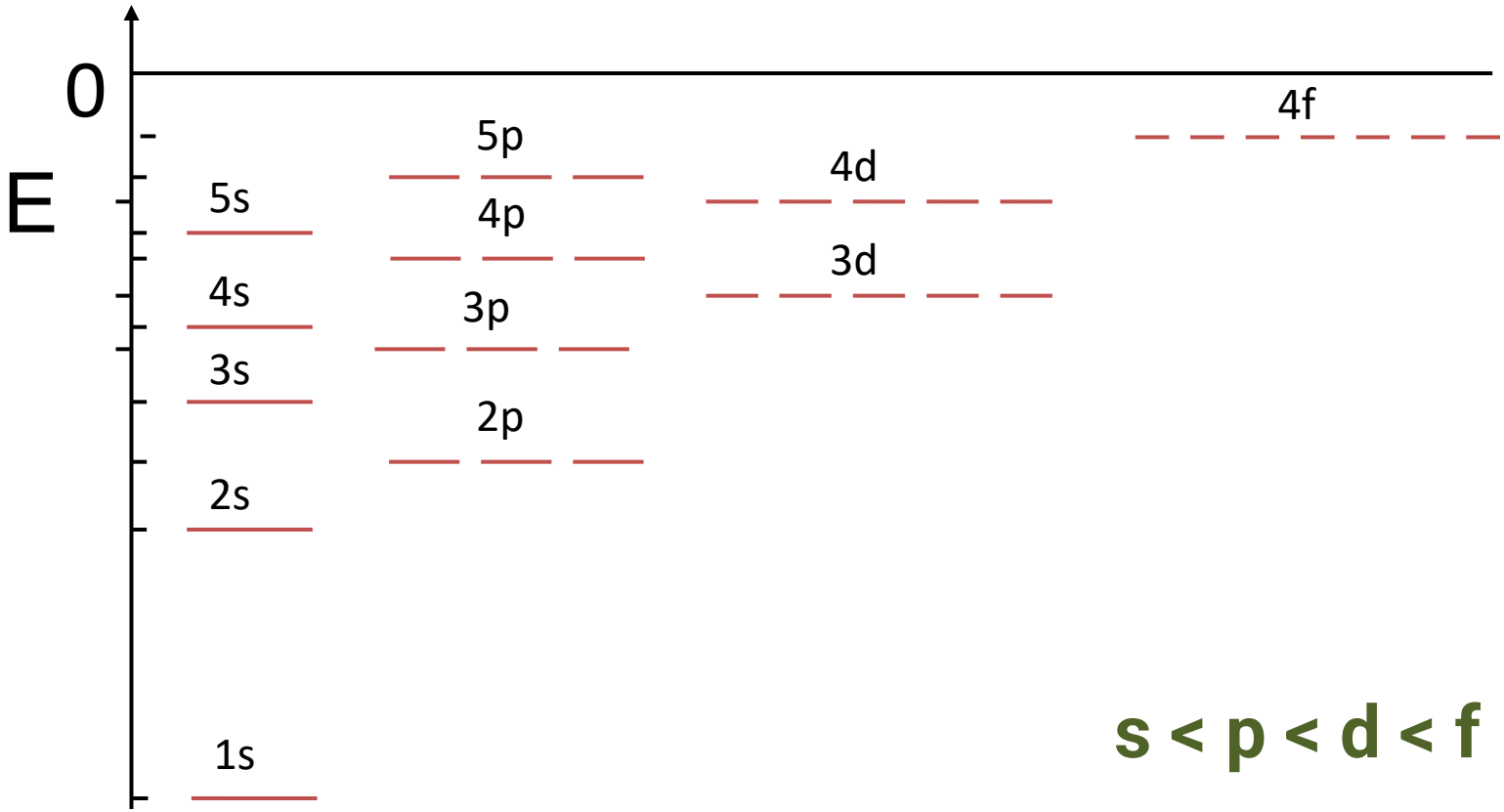
POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

m-magnetni kvantni broj

m=-l.....0.....+l

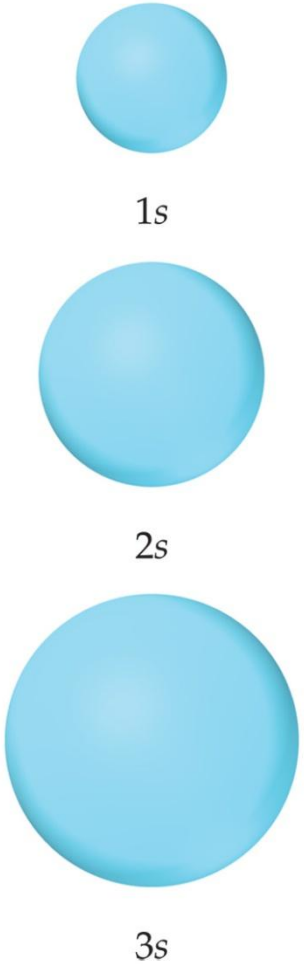
n	Possible Values of l	Subshell Designation	Possible Values of m_l	Number of Orbitals in Subshell	Total Number of Orbitals in Shell
1	0	1s	0	1	1
2	0	2s	0	1	
	1	2p	1, 0, −1	3	4
3	0	3s	0	1	
	1	3p	1, 0, −1	3	
	2	3d	2, 1, 0, −1, −2	5	9
4	0	4s	0	1	
	1	4p	1, 0, −1	3	
	2	4d	2, 1, 0, −1, −2	5	
	3	4f	3, 2, 1, 0, −1, −2, −3	7	16

POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA



s < p < d < f

s-orbitala



Vrednost l = 0.

Imaju oblik sfere.

Radijus sfere se povećava s povećanjem vrednosti n.

Nemaju geometrijsku usmjerenost.

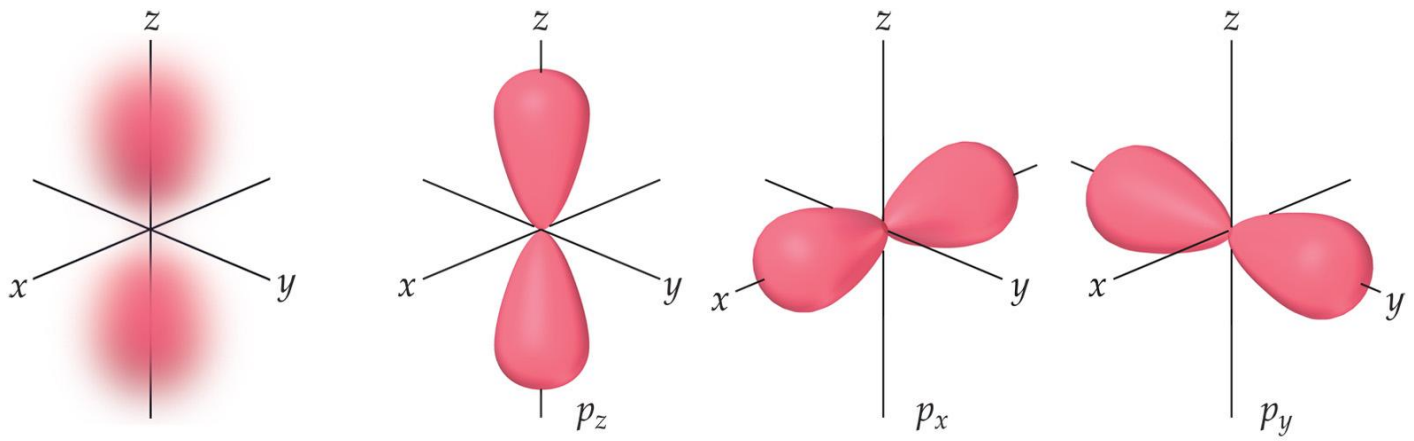
p-orbitale

Vrednost l = 1.

Imaju oblik prostorne osmice (dva režnja sa čvorom).

Imaju prostornu usmjerenost prema x, y i z osi koordinatnog sistema.

Porastom broja n raste veličina orbitale.

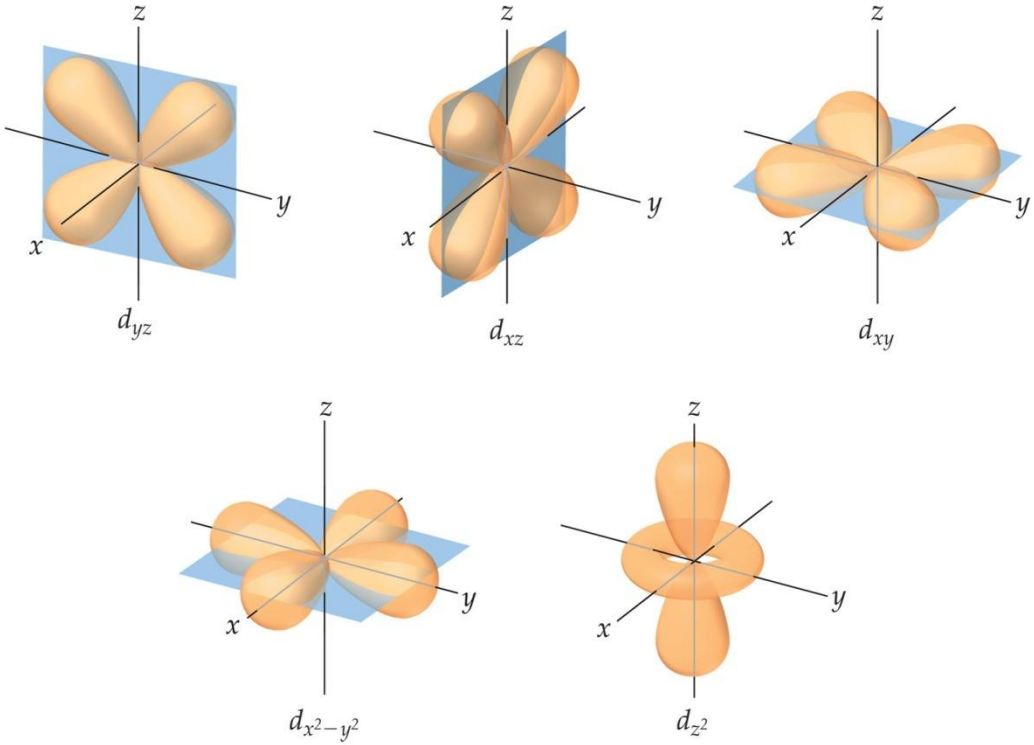


d-orbitale

Vrednost l = 2

Pet *d*-orbitala

Imaju prostornu usmierenost

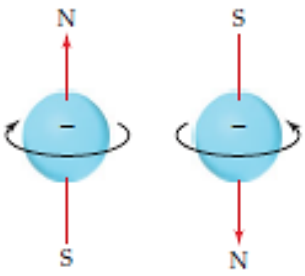


POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

s-spinski kvantni broj

Određuje smjer okretanja elektrona oko sopstvene ose

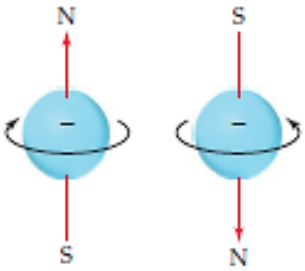
s=+1/2, -1/2

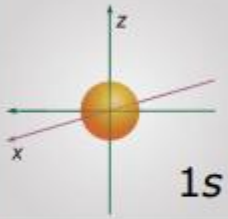
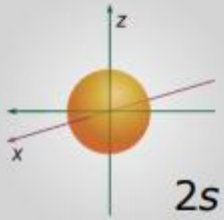
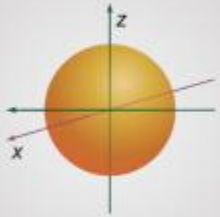
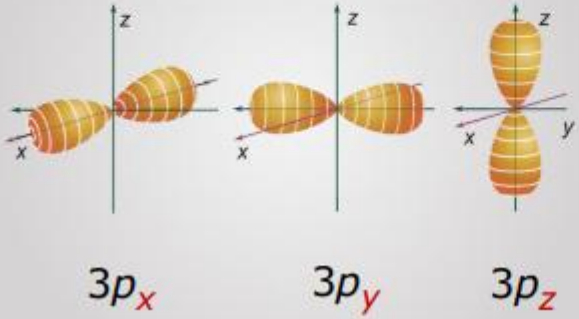
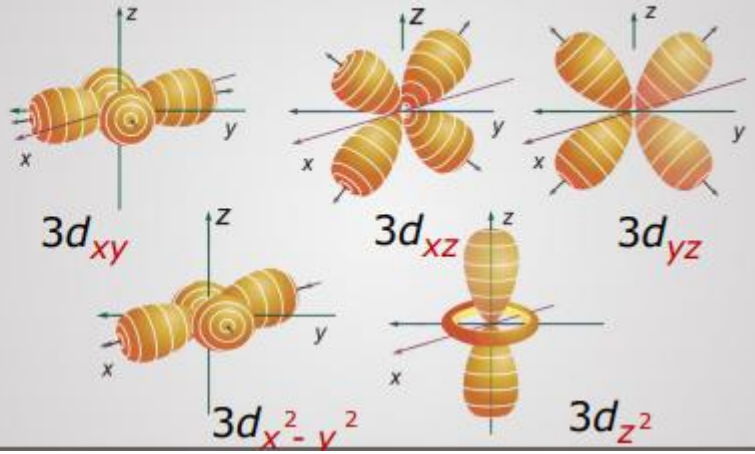


Paulijev princip isključenja

Ni dva elektrona u istom atomu ne mogu imati istu energiju.

Ni dva elektrona u istom atomu ne mogu imati identične skupove kvantnih brojeva.



	$l = 0$ orbitala s $m_l = 0$	$l = 1$ orbitale p $m_l = \{-1, 0 +1\}$	$l = 2$ orbitale d $m_l = \{-2, -1, 0 +1, +2\}$
$n = 1$			
$n = 2$			
$n = 3$			

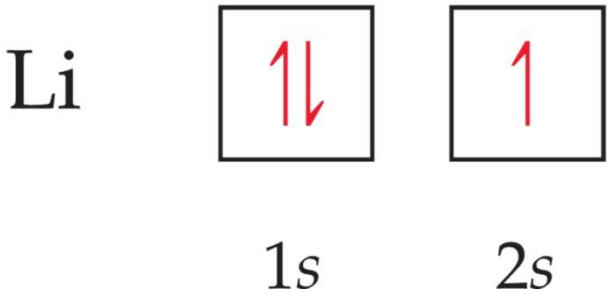
POPUNJAVANJE ATOMSKIH ORBITALA ELEKTRONIMA

Orbitalni dijagrami

Svaka kockica predstavlja jednu orbitalu.

Polu-strelice predstavljaju elektrone.

Pravac strelice predstavlja rotaciju elektrona.



Elektronska konfiguracija atoma

raspored elektrona po nivoima i podnivoima u elektronskom omotaču

Popunjavanje atomskih orbitala elektronima

1. **Princip minimuma energije**
2. **Paulijev princip isključenja**
3. **Hundovo pravilo**

Princip minimuma energije

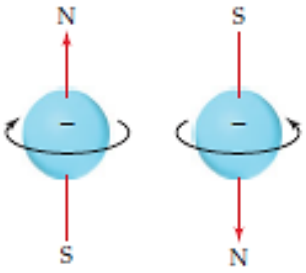
Prvo se popunjavaju orbitale sa manjom energijom, a zatim kada se te orbitale popune prelazi se na više energetske nivoe.

Paulijev princip isključenja

Ni dva elektrona u istom atomu ne mogu imati istu energiju.

Ni dva elektrona u istom atomu ne mogu imati identične skupove kvantnih brojeva.

U jednoj orbitali se mogu naći najviše dva elektrona koji se razlikuju po spinu.

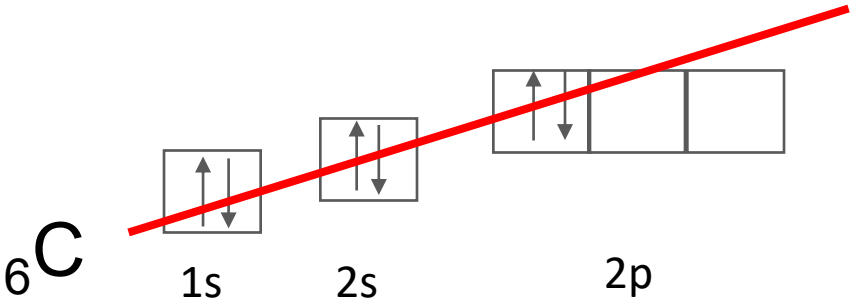


Hundovo pravilo
(pravilo maksimalnog multipliciteta)

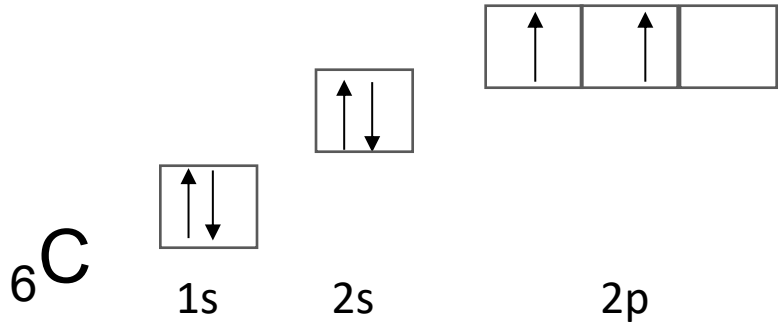
Kako se popunjavaju elektronima orbitale iste energije (degenerisane orbitale, ista vrednost n i l)?

Degenerisane orbitale se popunjavaju tako da imamo maksimalan broj nesparenih elektrona

Hundovo pravilo
(pravilo maksimalnog multipliciteta)



Energetski nepovoljno atom - nestabilan



Energetski povoljno atom - stabilan

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

$_{1}H$	$1s^1$	
$_{2}He$	$1s^2$	
$_{3}Li$	$1s^2$	$2s^1$
$_{4}Be$	$1s^2$	$2s^2$
$_{5}B$	$1s^2$	$2s^2 2p^1$

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

$_{6}C$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^2$		
$_{7}N$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^3$		
$_{8}O$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^4$		
$_{9}F$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^5$		
$_{10}Ne$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$		
$_{16}S$	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^4$

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

Šema popunjavanja atomskih orbitala

početak

1s

2s 2p

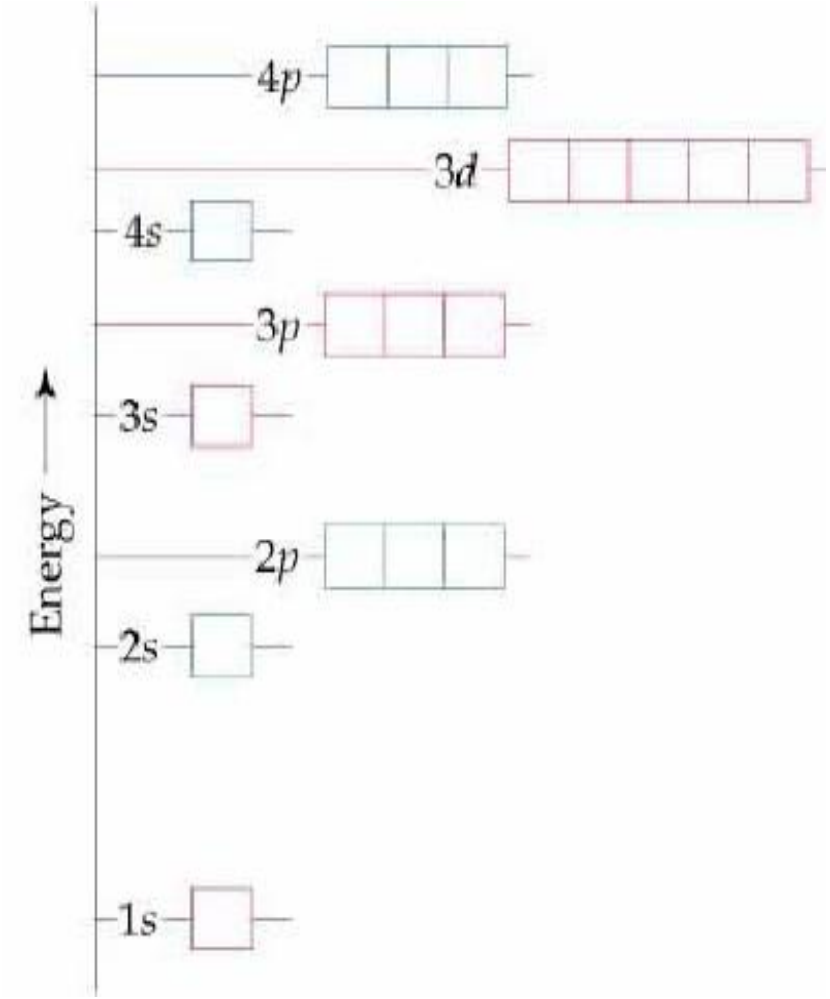
3s 3p 3d

4s 4p 4d 4f

5s 5p 5d 5f

6s 6p 6d

7s 7p



ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE
Šema popunjavanja atomskih orbitala

Uvijek se prvo popunjava orbitala kojoj je zbir $n + l$ manji

4s – orbitala

$$n = 4 \quad l = 0$$

$$n + l = 4 + 0 = 4$$

3d – orbitala

$$n = 3 \quad l = 2$$

$$n + l = 3 + 2 = 5$$

Energetski nivo 4s orbitale je niži od nivoa 3d

4s < 3d 5s < 4d 6s < 5d 7s < 6d

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

Šema popunjavanja atomskih orbitala

Uvek se prvo popunjava orbitala kojoj je zbir $n + l$ manji

$_{20}Ca$ $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^2$

$_{20}Ca$ $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$

Energetski nivo 4s orbitale je niži od nivoa 3d

4s < 3d 5s < 4d 6s < 5d 7s < 6d

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE
Šema popunjavanja atomskih orbitala

Uvek se prvo popunjava orbitala kojoj je zbir *n + l* manji

Po dogovoru piše se **3d 4s**

$_{27}Co$ $1s^2\ 2s^2 2p^6\ 3s^2 3p^6\ \mathbf{3d^7\ 4s^2}$

$\downarrow$ **$-2e^-$**

Co^{2+} $1s^2\ 2s^2 2p^6\ 3s^2 3p^6\ \mathbf{3d^7}$

Energetski nivo 4s orbitale je niži od nivoa 3d

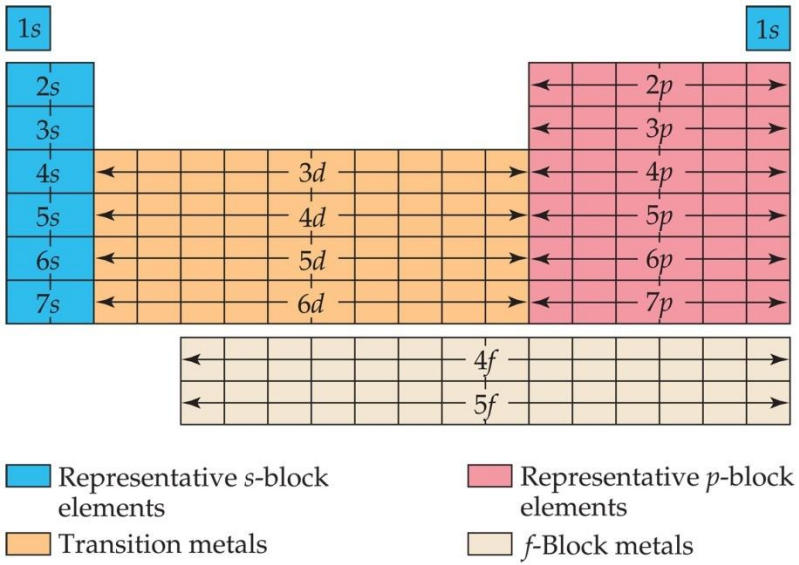
4s < 3d 5s < 4d 6s < 5d 7s < 6d

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

Periodni sistem elemenata

Popunjavamo orbitale u rastućem redosledu energije.

Različiti blokovi u PSE odgovaraju različitim vrstama orbitala



ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

Periodni sistem elemenata

	1A 1	2A 2	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8	8B 9	8B 10	1B 11	2B 12	3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 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	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
7	87 Fr	88 Ra	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112	113	114	115	116		118

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
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

Metals

Metalloids

Nonmetals

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

1s

2s 2p

3s 3p 3d

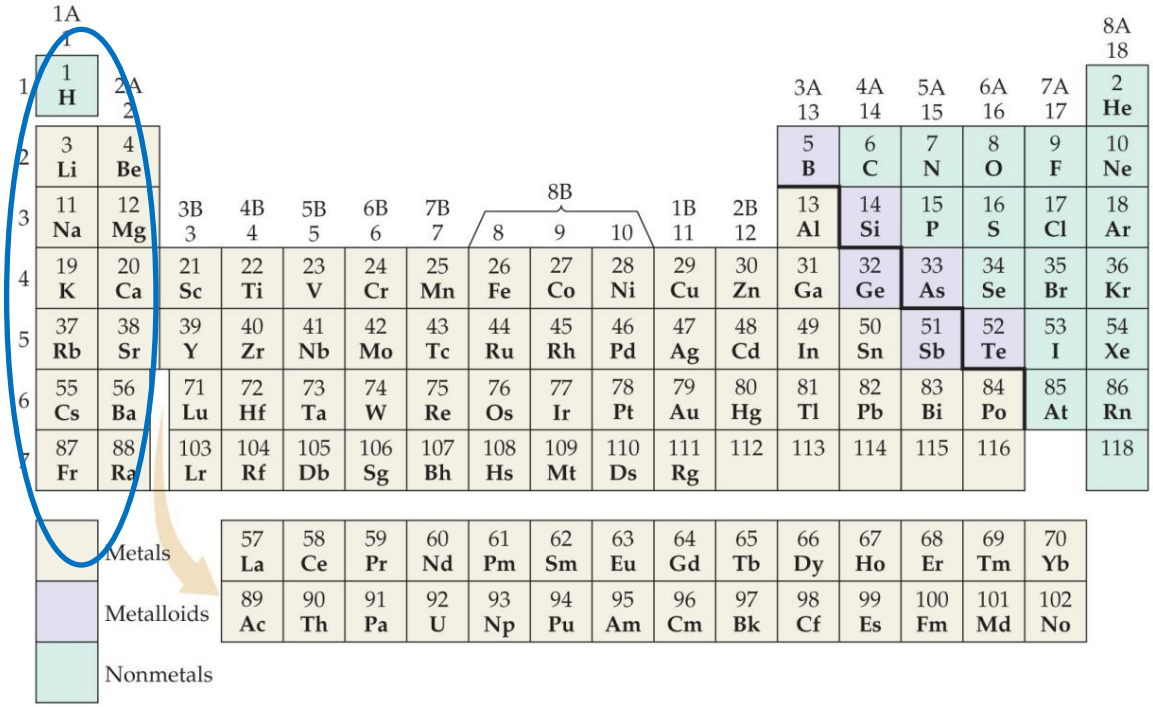
4s 4p 4d 4f

5s 5p 5d 5f

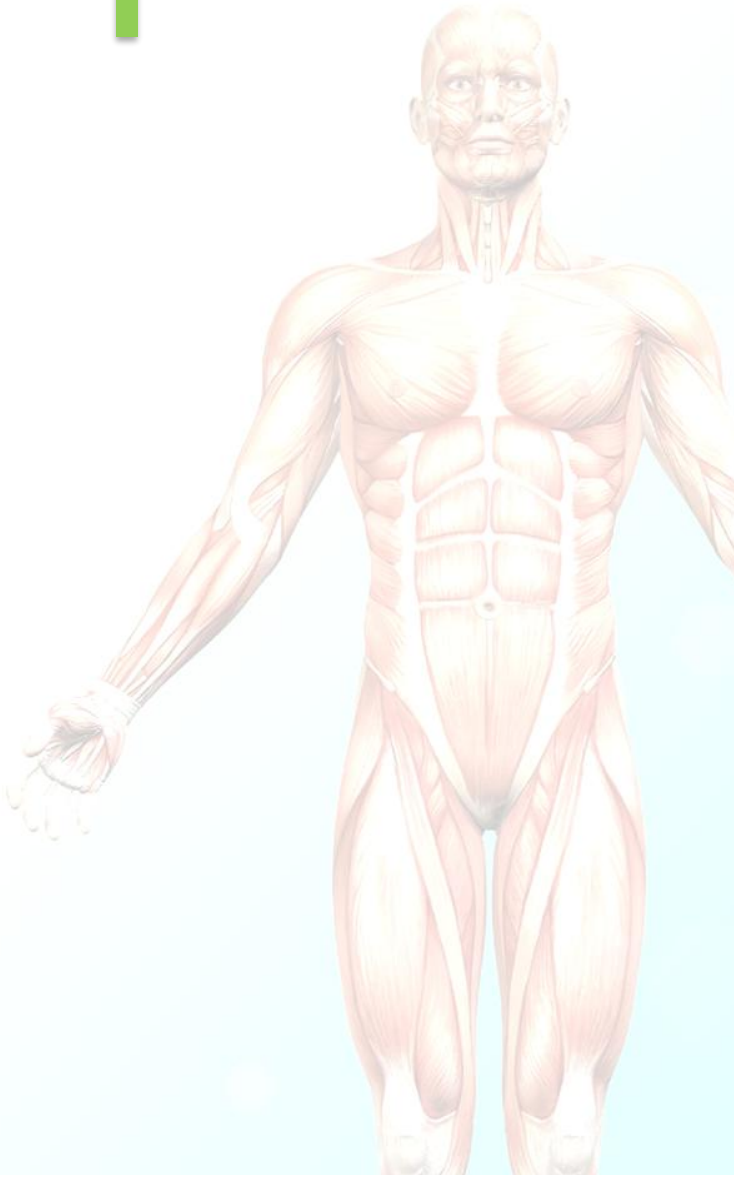
6s 6p 6d

7s 7p

$_{11}Na$ $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^1$



Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

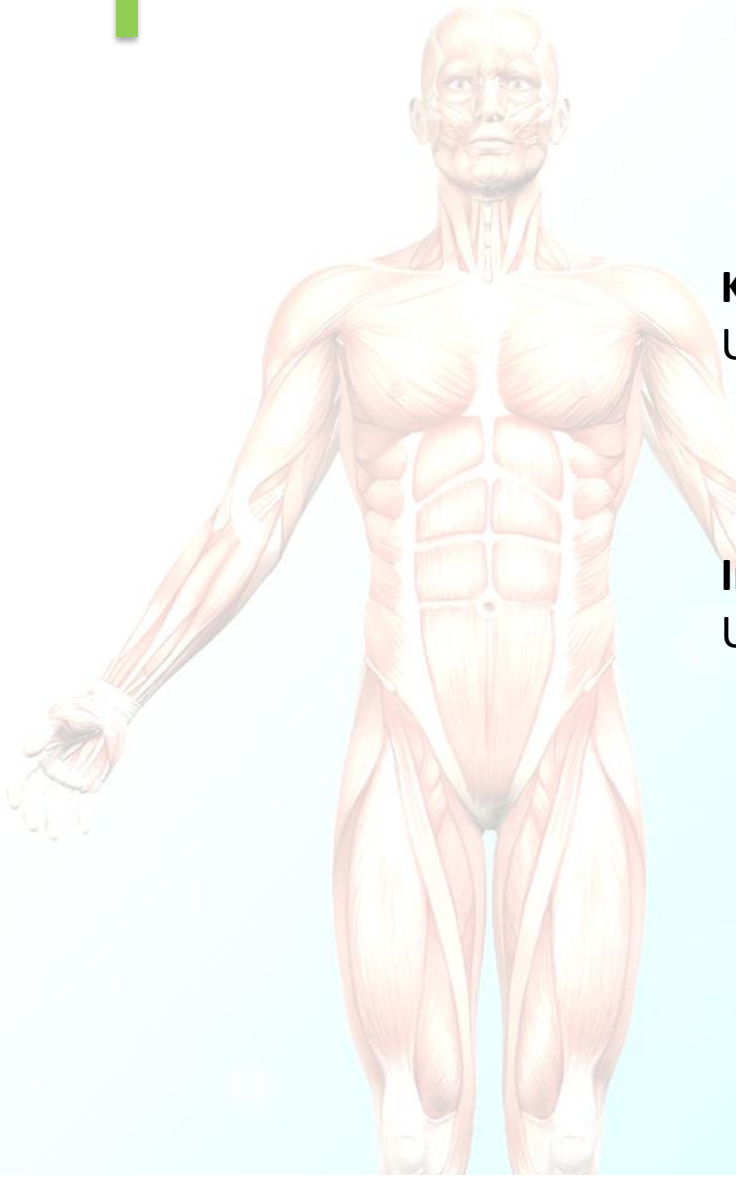


Zastupljenost u tijelu:

•Na, K, Ca i Mg zajedno čine **oko 1% tjelesne mase** čovjeka.

•Kod prosječne mase od **70 kg** to je ukupno **oko 700 g** ovih elemenata.

Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala



Kalijum (K):

Ukupno u tijelu: **~170 g**

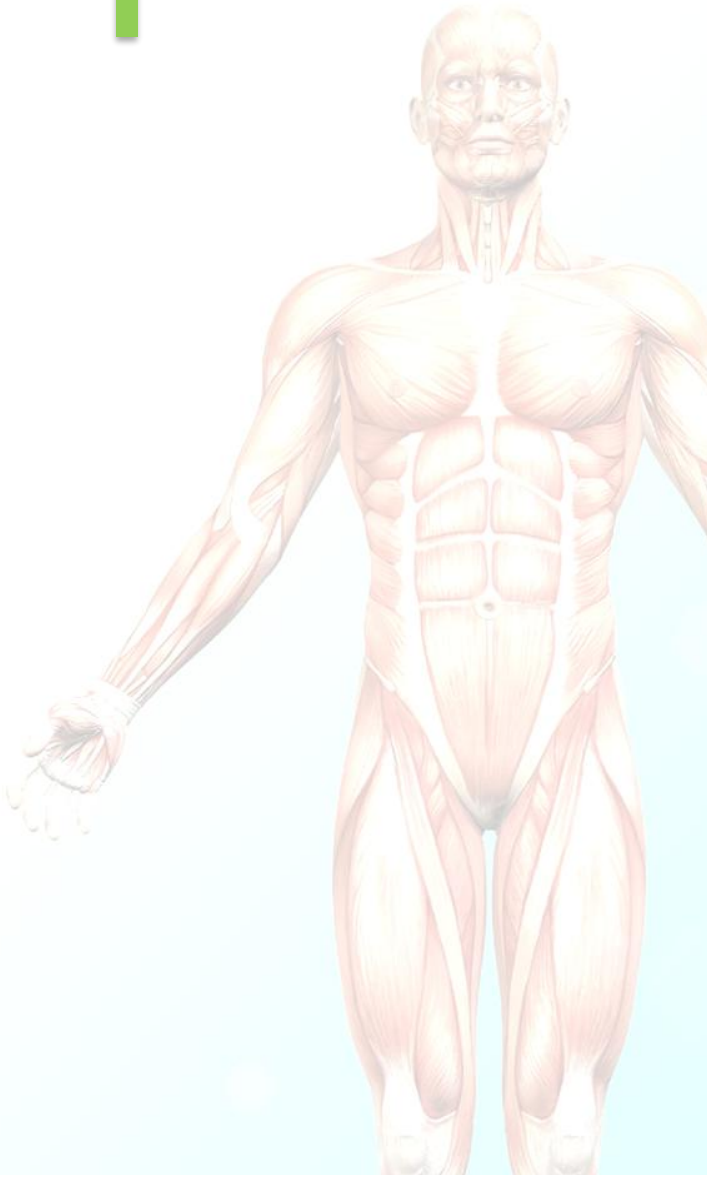
- **9 g** u **krvi**
- **3 g** u **limfi**
- ostatak **unutar ćelija**

Intracelularni katjon – najveća koncentracija **u ćeliji**

Uloge:

- Prenos **nervnih impulsa**
- **Regulacija propustljivosti membrana**
- **Kontrola srčanog ritma**
- Utiče na **disperzitet polielektrolita**
- Učestvuje u **balansu naelektrisanja** unutar ćelije

Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala



Natrijum (Na):

Ekstracelularni katjon – najviše prisutan **van ćelije**

Glavni katjon **krvne plazme**

Nalazi se kao:

- **NaCl (natrijum-hlorid)**
- **$NaHCO_3$ (natrijum-bikarbonat)**
- **Natrijum-fosfati**

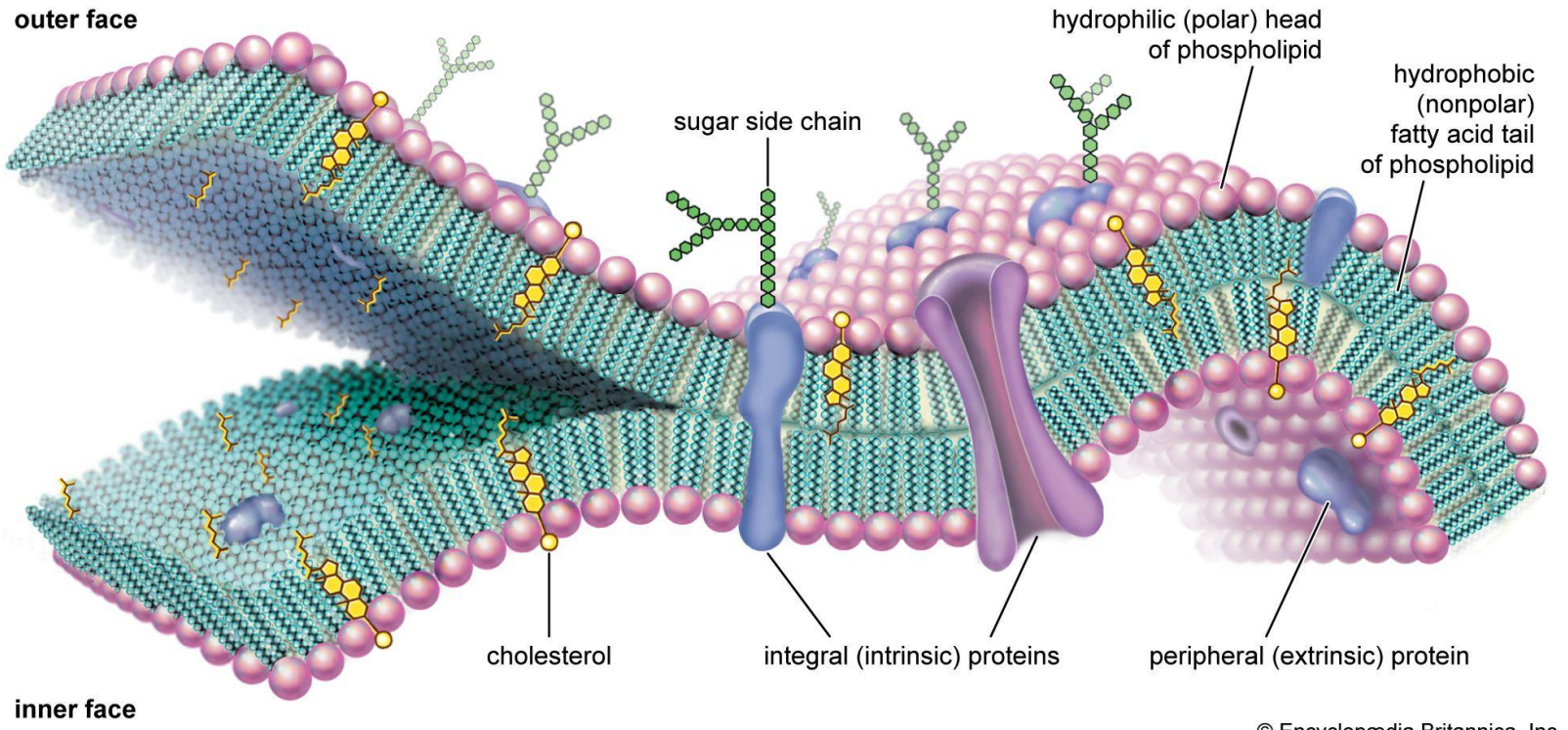
Uloge:

- **Regulacija osmotskog pritiska** tjelesnih tečnosti
- **Acido-bazna ravnoteža** (puferski sistem sa HCO_3^- i CO_2)
- Omogućava kretanje **anjona kroz membranu eritrocita**

Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

Membrane su **izgrađene pretežno od lipida i proteina**.
Udio proteina varira: **40% do 80%**, u zavisnosti od tipa ćelije i funkcije membrane.

Fosfolipidi – osnovna strukturalna jedinica.
Glikolipidi – prisutni u manjim količinama, imaju ulogu u prepoznavanju.
Holesterol – utiče na fluidnost i stabilnost membrane.



© Encyclopædia Britannica, Inc.

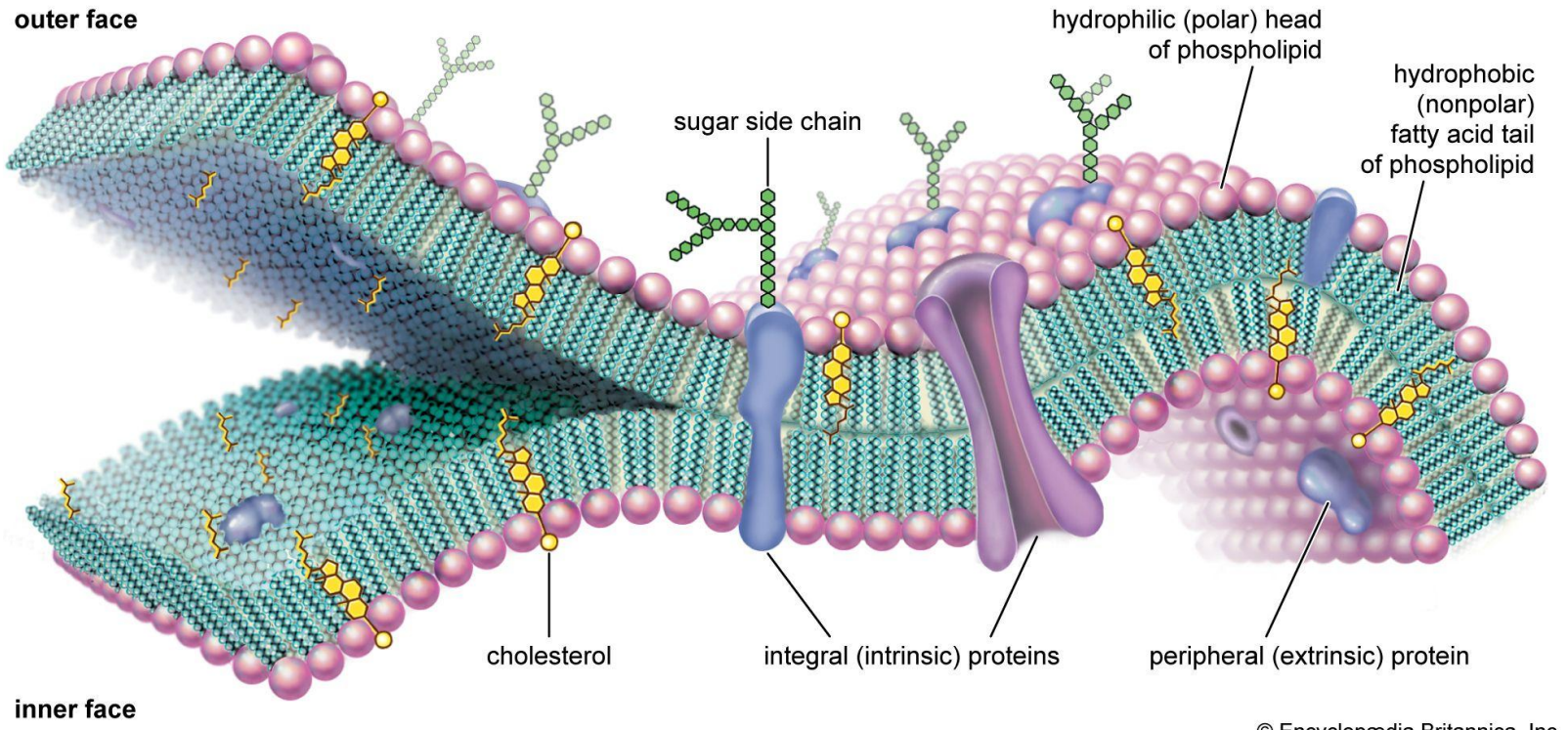
Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

Lipidi se organizuju u **dvosloj** (bilayer), tzv. **miceralni dvosloj**:

Hidrofobni repovi – okrenuti **ka unutrašnjosti membrane**, jedan ka drugom.

Hidrofilne glave – okrenute **ka spoljašnjosti**, tj. ka **vodeno-hidrofilnoj sredini**

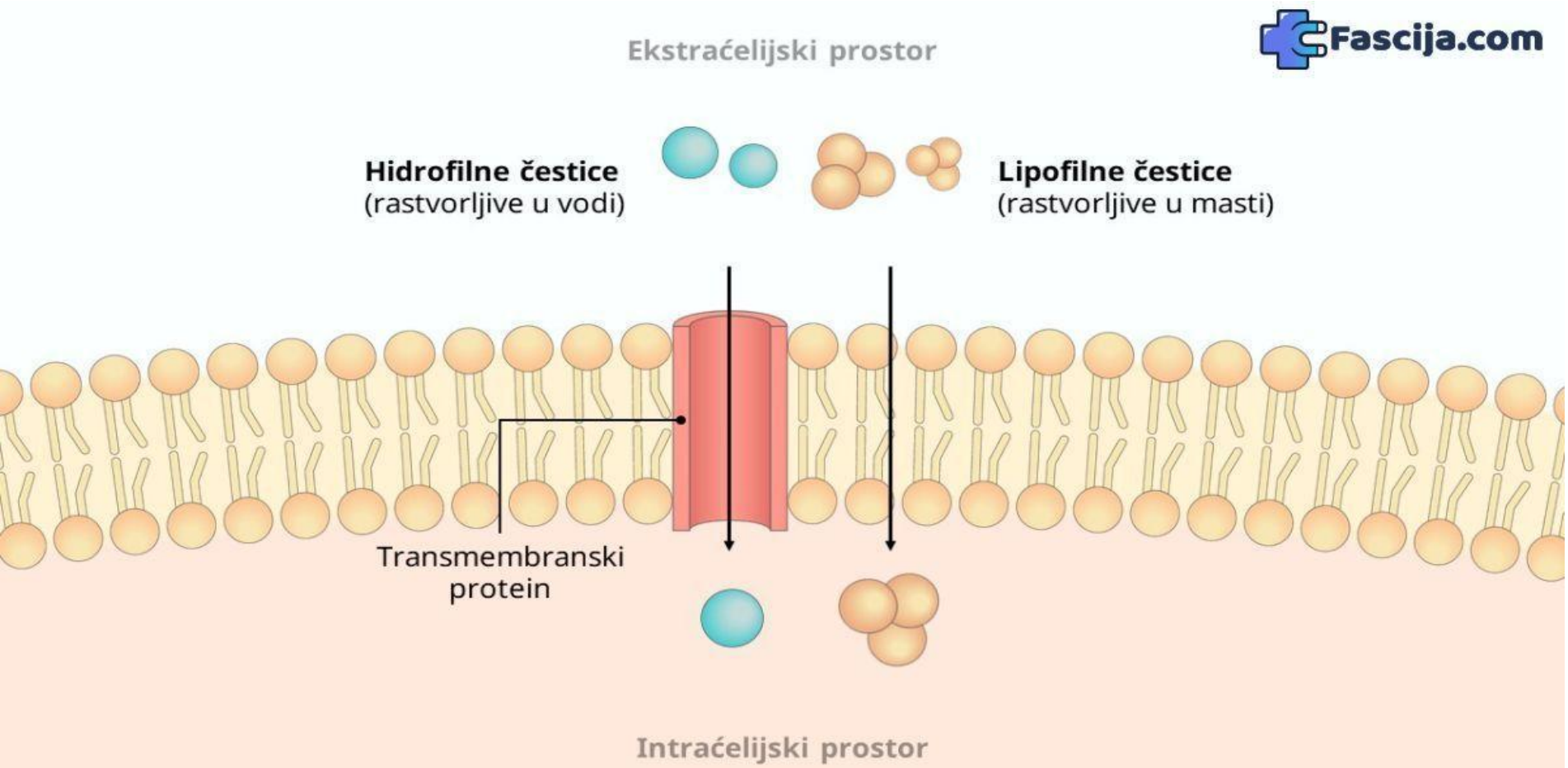
Debljina membrane: **oko 6–10 nm**.



© Encyclopædia Britannica, Inc.

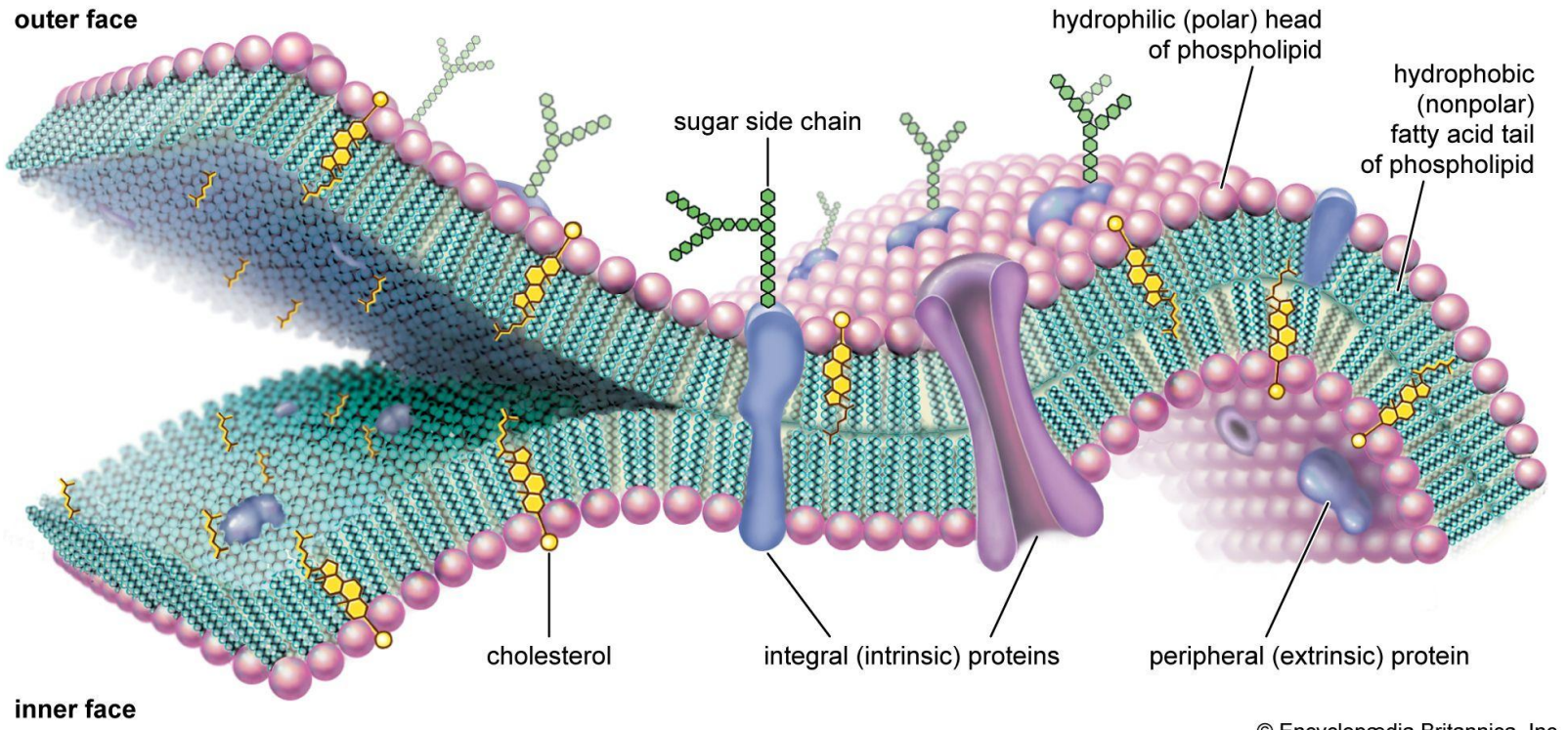
Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

Lipidni dvosloj:
- nepropustan za vodu, jone, hidrofilne molekule
- propustan za hidrofobne molekule (npr. O_2)



Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

$$\frac{dn}{dt} = P \cdot \Delta c$$



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

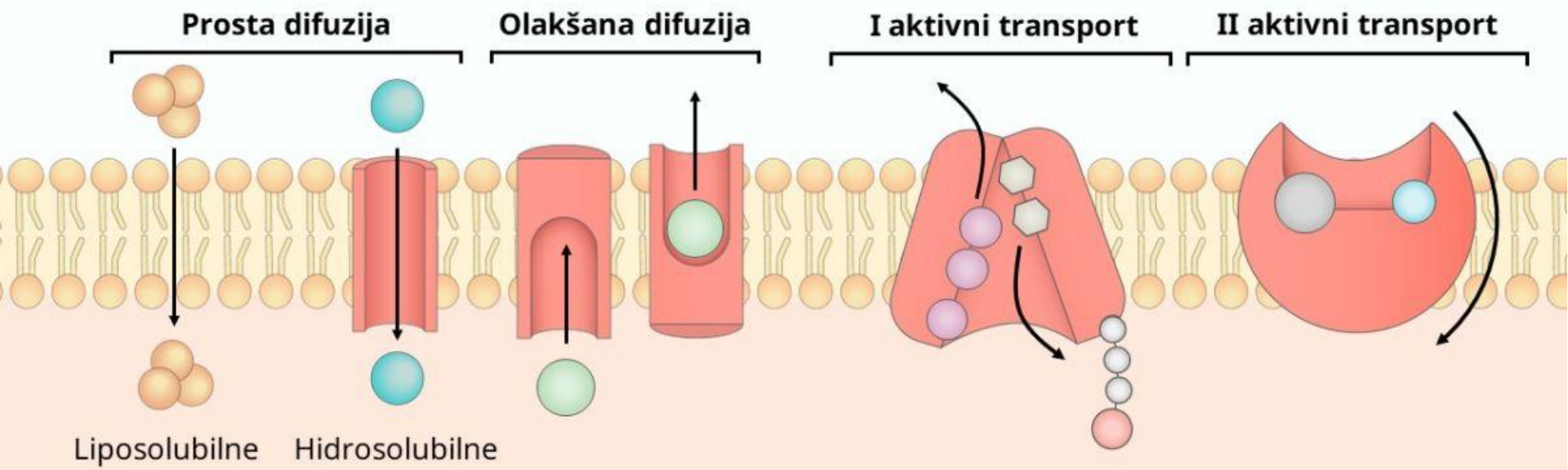
Transport kroz ćelijsku membranu

Pasivan transport

- Niz gradijent koncentracije
- Bez utroška energije

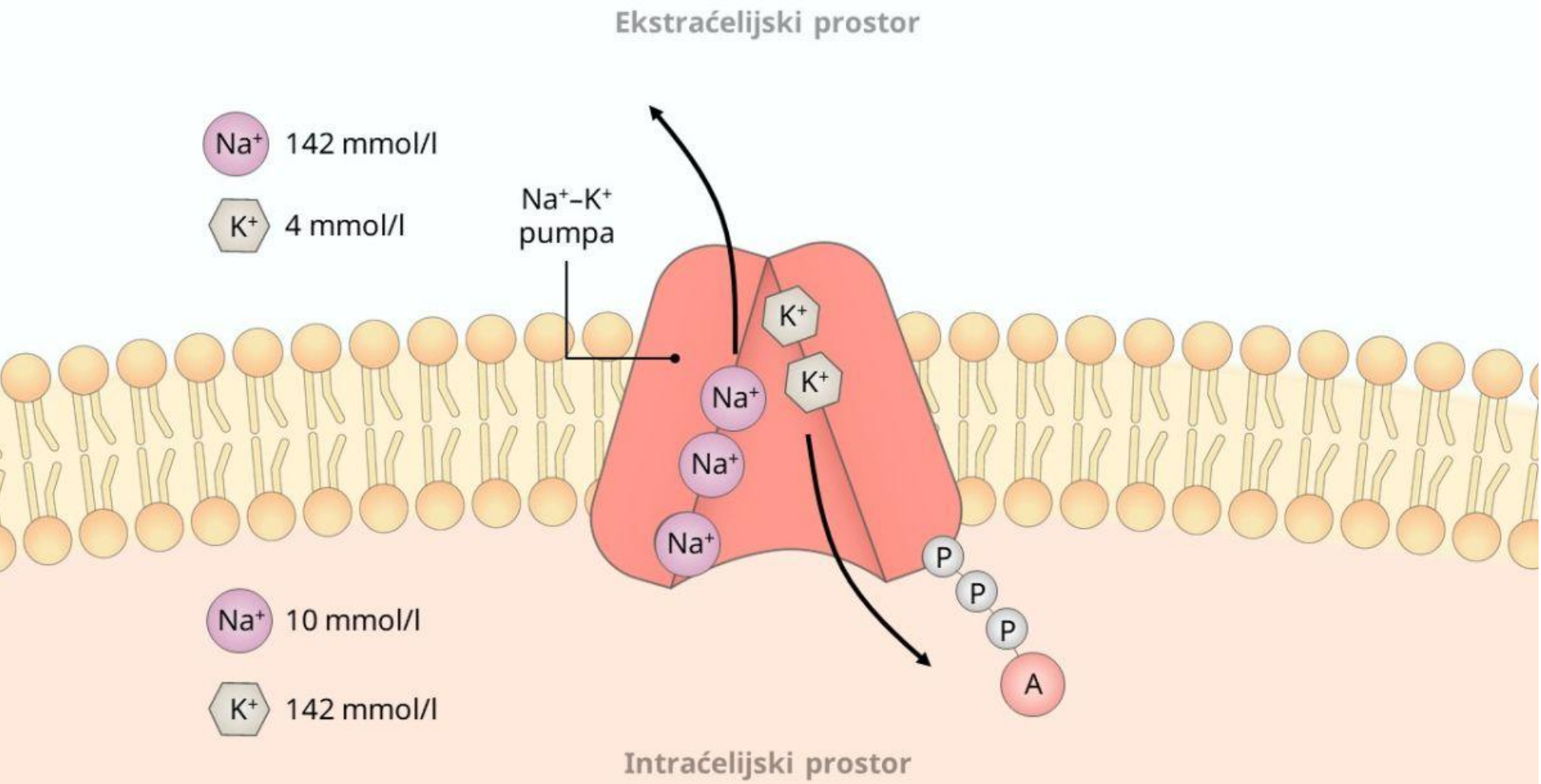
Aktivan transport

- Uz gradijent koncentracije
- Sa utroškom energije

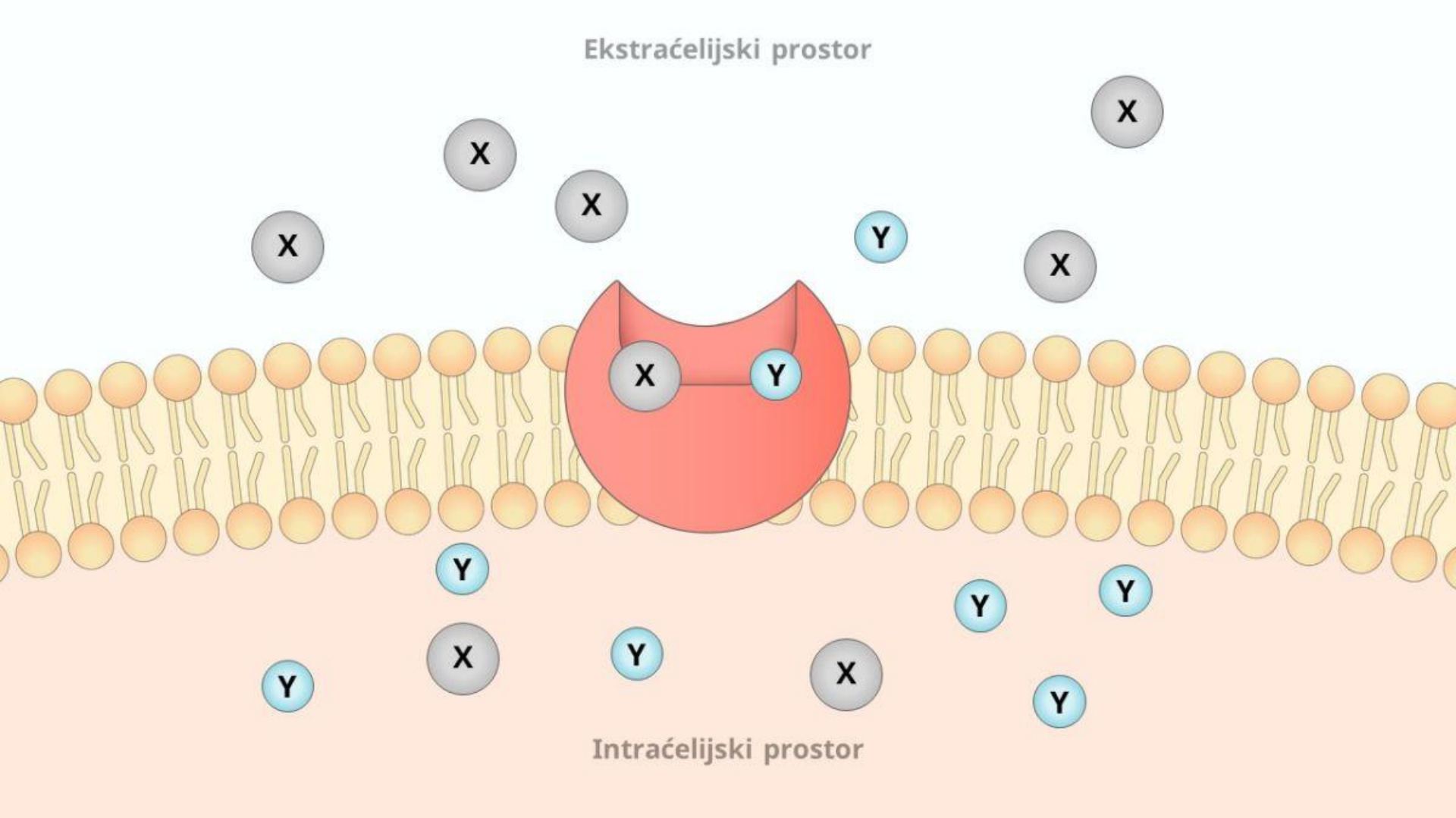


Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

https://youtu.be/JJaFRJqFTpM



Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala



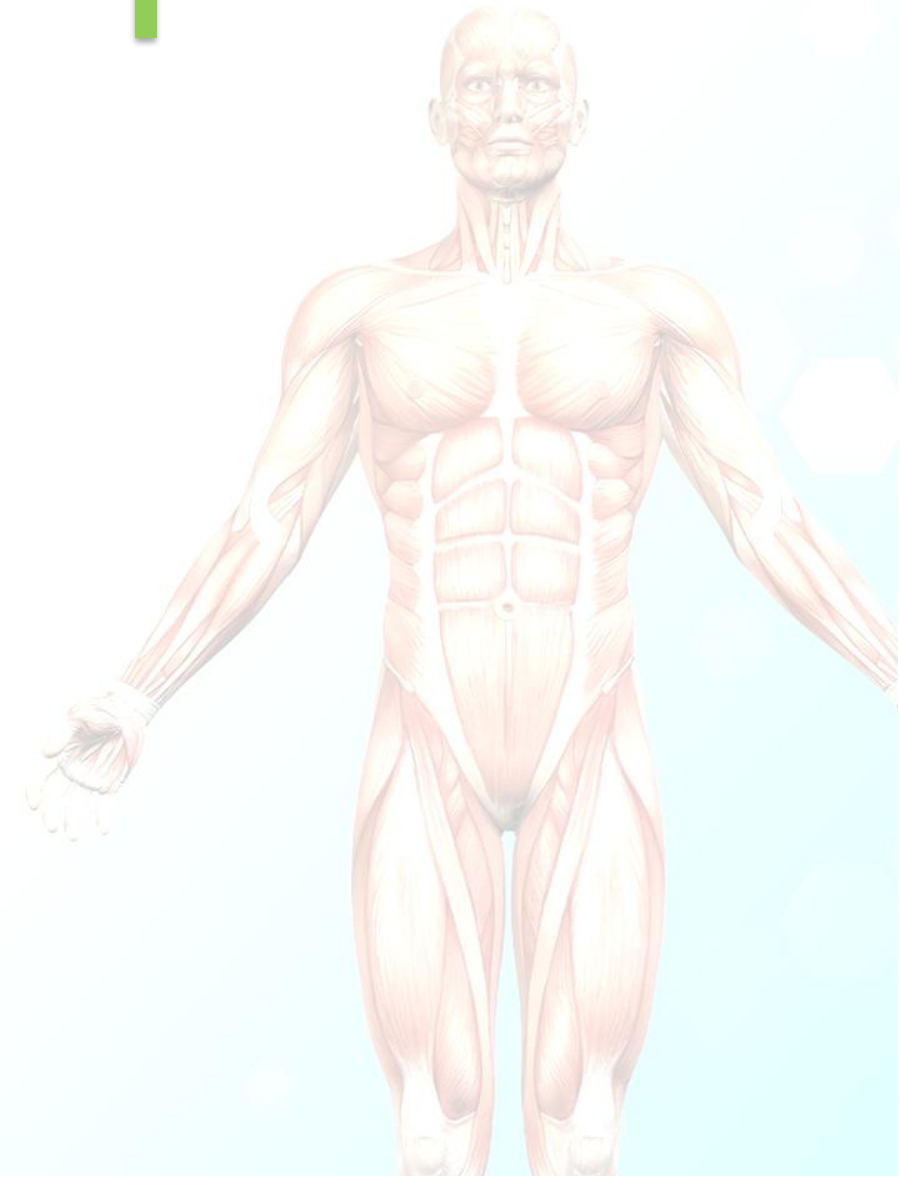
Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

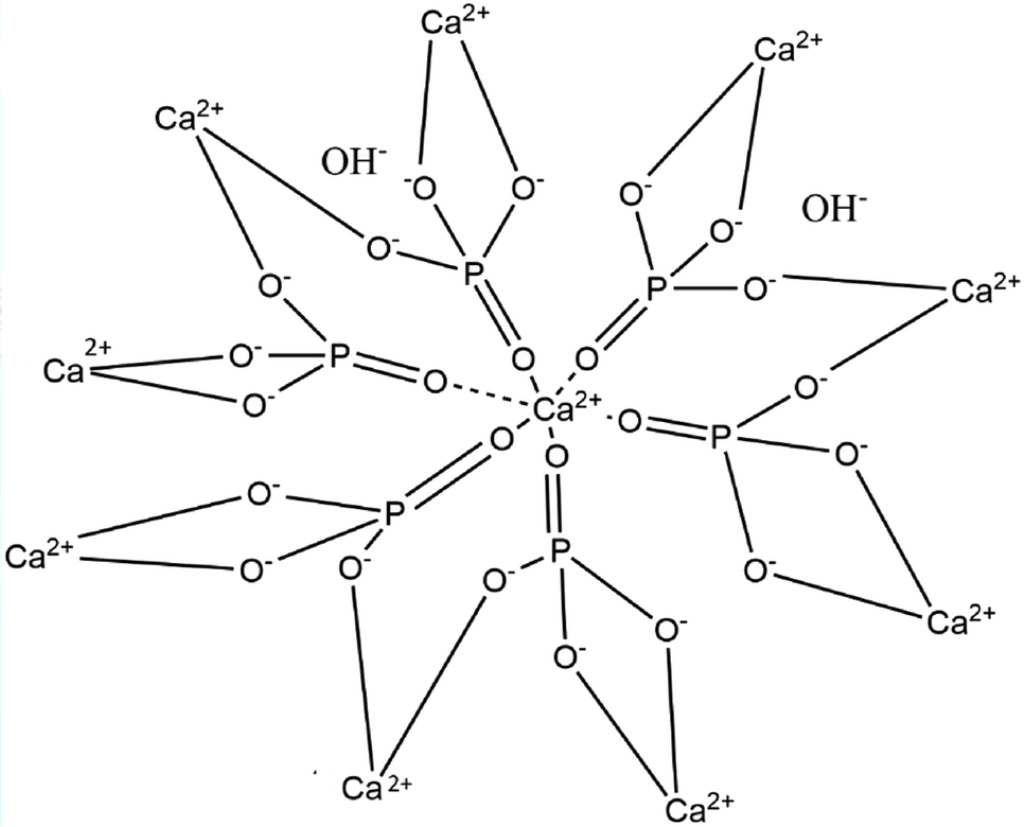
Ca i Mg – zemnoalkalni esencijalni elementi (makroelementi). Neophodni su za **održavanje brojnih fizioloških procesa**.

Zastupljenost u organizmu:
Ca je **najzastupljeniji esencijalni element** u ljudskom tijelu.
U tijelu prosječne osobe (70 kg) ima **oko 1,15 kg kalcijuma**.
99% kalcijuma se nalazi u **kostima i zubima**.

Mineralna građa kostiju:
Kalcijum je vezan u obliku **teško rastvornih fosfata** – **apatita**.
Osnovna jedinjenja: $\mathbf{Ca_3(PO_4)_2}$
Najvažniji oblik: **hidroksiapatit** – složena so sa $\mathbf{OH^-}$ **kao kontra-jonima**

Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala





Biološka aktivnost alkalnih i zemnoalkalnih metala

Koncentracija Ca^{2+} u krvi: **~12 mmol/L**
U plazmi: **4.5–5.7 mmol/L**
Oblici u krvi: dio **slobodan**, dio **vezan za albumin**
Vezivanje za protein sprečava **taloženje Ca^{2+}** uprkos visokoj koncentraciji

Antagonizam jona Ca^{2+} i K^+:
- **K^+** → **opušta** srčani mišić
- **Ca^{2+}** → **ubrzava ritam** i **pojačava kontrakciju**
- Ravnoteža ovih jona je ključna za normalan rad srca

Nedostatak Ca^{2+} dovodi do:
- **Povećane razdražljivosti** nervnog i mišićnog sistema
- **Grčeva**, **mučnine**, **ukočenosti mišića**
- Ako Ca^{2+} padne **ispod 2.5 mmol/L** → moguć **gubitak svesti i smrtni ishod**

Uloga Ca^{2+} u zgrušavanju krvi:
- Neophodan za **koagulaciju**
- Nedostatak → **krvarenje pri najmanjoj povredi**
- Dugoročni nedostatak → **osteoporoza** (gubitak mineralne mase kostiju)

ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

1s

2s 2p

3s 3p 3d

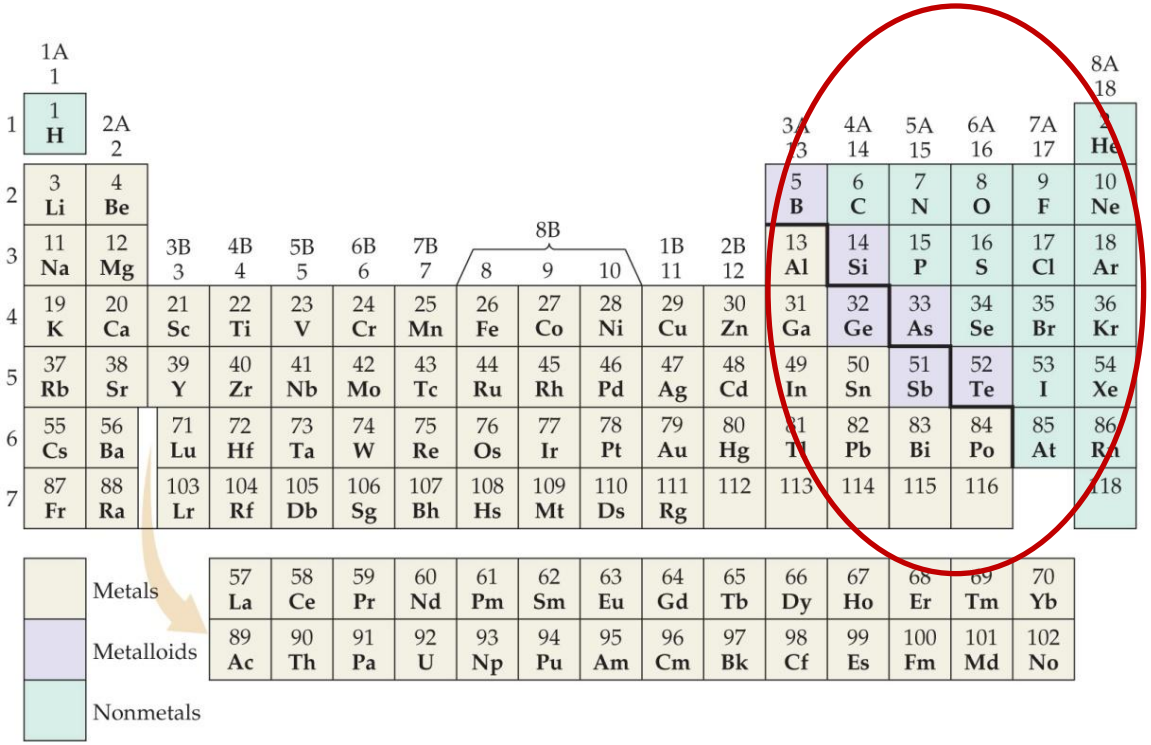
4s 4p 4d 4f

5s 5p 5d 5f

6s 6p 6d

7s 7p

$_{8}O$ $1s^2$ $2s^2$ $2p^4$



ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

1s

2s 2p

3s 3p 3d

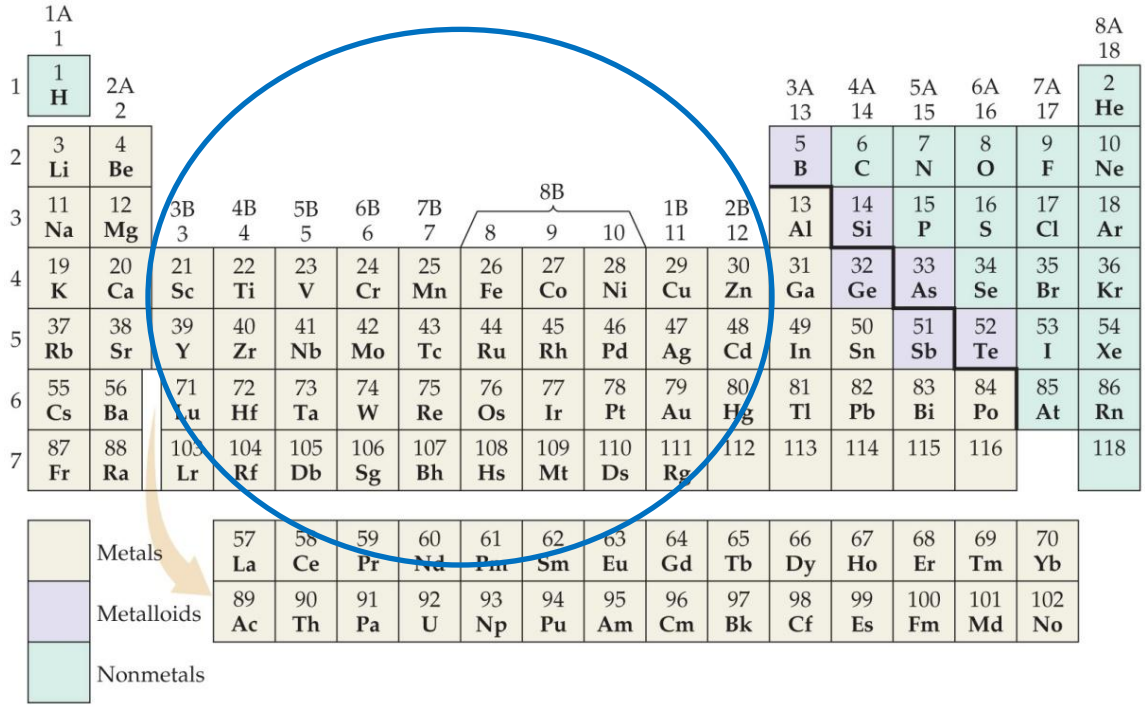
4s 4p 4d 4f

5s 5p 5d 5f

6s 6p 6d

7s 7p

$_{22}Ti$ $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $4s^2$ $3d^2$

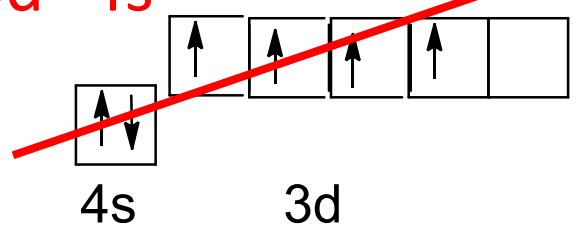


ELEKTRONSKE KONFIGURACIJE

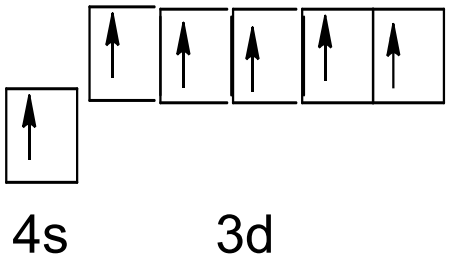
Elementi kod kojih ne dolazi do normalnog popunjavanja atomskih orbitala

$_{24}$Cr $_{29}$Cu (Ag, Au, Mo)

$_{24}$Cr $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^4\ 4s^2$



$_{24}$Cr $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$

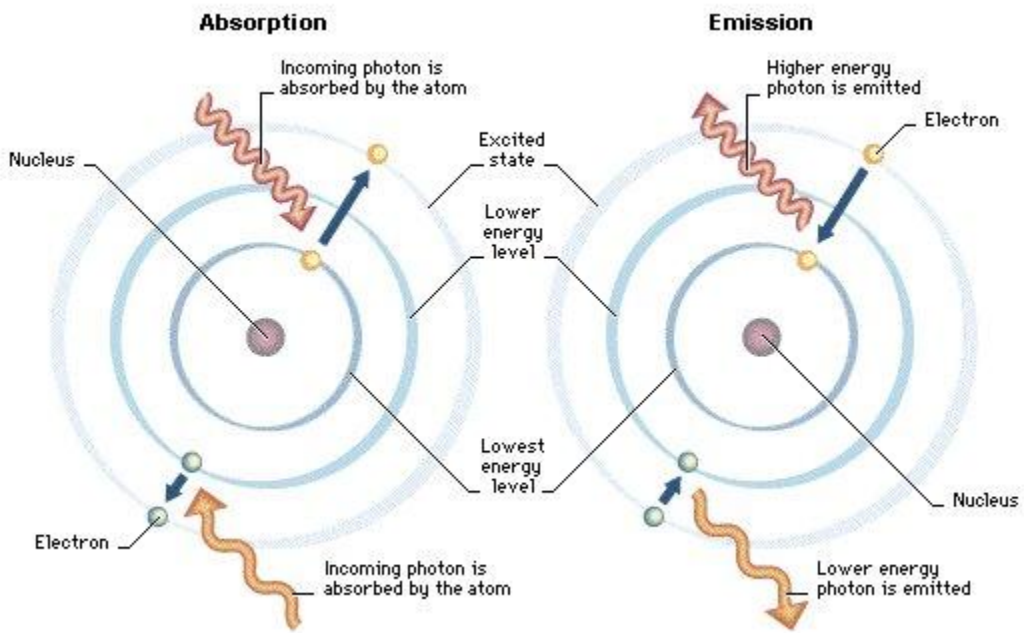


Stacionarno stanje
(atom ne apsorbuje niti emituje energiju)

Dovođenjem energije atom prelazi u stanje više energije (pobuđeno stanje).

Apsorbovana energija jednaka je razlici energije elektrona na višem i nižem energetskom nivou.

Povratkom u stacionarno stanje atom emituje energiju.



Raspored elektrona po orbitalama 2, 8, 8, 3 pripada atomu _____ .

Sc

U drugom energetskom nivou može biti najviše _____ elektrona, a u trećem _____ elektrona.

Napišite elektronsku konfiguraciju halogenog elementa 3 periode.