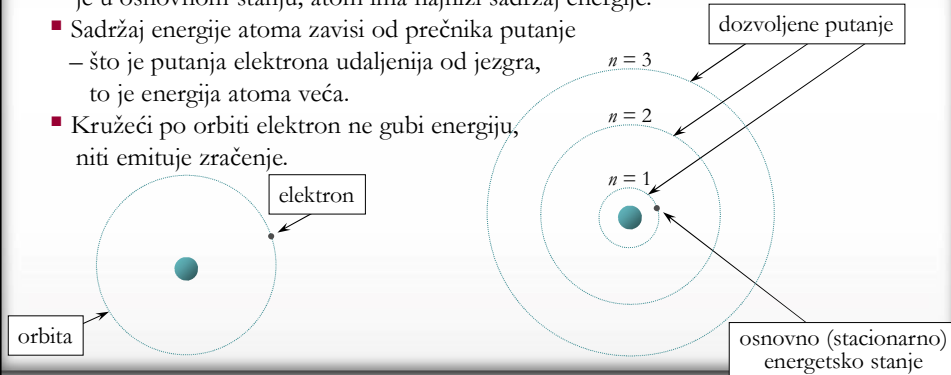


STRUKTURA ATOMA

BOROV MODEL ATOMA

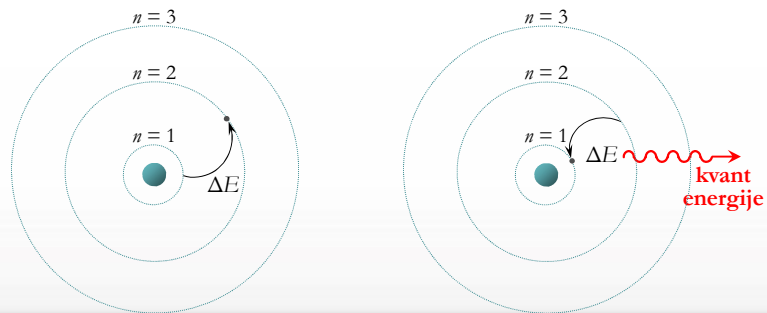
- Elektron se kreće oko jezgra po kružnoj putanji – **orbiti**.
- Orbite imaju određene prečnike – **dozvoljene putanje** ($n = 1, 2, 3...$).
- Elektron se kreće po dozvoljenoj putanji koja je najbliža jezgru; elektron (atom) je u osnovnom stanju; atom ima najniži sadržaj energije.
- Sadržaj energije atoma zavisi od prečnika putanje – što je putanja elektrona udaljenija od jezgra, to je energija atoma veća.
- Kružeci po orbiti elektron ne gubi energiju, niti emituje zračenje.



STRUKTURA ATOMA

BOROV MODEL ATOMA

- Kada atom apsorbira energiju, elektron prelazi na udaljeniju orbitu; elektron (atom) je u pobuđenom stanju; atom ima viši sadržaj energije.
- Kada se pobuđeni elektron vrati na bližu orbitu, atom **emituje** (otpušta) energiju.
- Količina energije koju atom apsorbira ili emituje pri prelasku elektrona sa jedne na drugu orbitu naziva se kvant energije (ΔE).



elektron (atom) u
pobuđenom (ekscitovanom) stanju

STRUKTURA ATOMA

BOROV MODEL ATOMA

- Nedostatak kvantne teorije o strukturi atoma – uprošćena predstava o elektronu (čestica veoma male mase) i putanjama (koncentrični krugovi).
- Kvantna teorija prerasta u Talasno-mehaničku teoriju radovima de Brojla, Hajzenberga i Šredingera.
- De Broj – hipotezom postavio temelje savremenog Talasno-mehaničkog modela atoma.
- Hajzenberg – na osnovu hipoteze de Brojla formulisao princip neodređenosti.
- Šredinger – postavio jednačinu koja se do danas smatra najboljim matematičkim modelom koji definiše složenu prirodu i kretanje elektrona.

STRUKTURA ATOMA

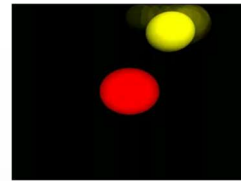
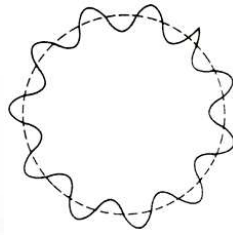
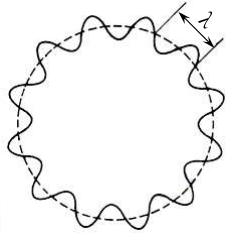
TALASNO-MEHANIČKI MODEL ATOMA

- **Hipoteza de Brojla** – elektroni (kao i fotoni) imaju dvojnu prirodu:
 - ❖ korpuskularnu (čestičnu) – imaju masu,
 - ❖ talasnu – predstavljaju zračenje koje se prostire talasnim kretanjem.
- Dualna priroda čestica manjih od atoma prvo je definisana kod fotona (“atoma svetlosti”).
 - ❖ Svetlost je elektromagnetno zračenje koje se prostire talasnim kretanjem.
 - ❖ Smatralo se da fotoni nemaju masu, ali je primećeno da svetlost dalekih zvezda skreće kada prolazi pored Sunca, privučena gravitacionom silom → fotoni moraju imati masu, što je i potvrđeno brojnim eksperimentima.

STRUKTURA ATOMA

TALASNO-MEHANIČKI MODEL ATOMA

- Talasi elektrona su “stojeći”:
 - ❖ celobrojni umnožak talasne dužine mora biti jednak obimu kruga,
 - ❖ da ne bi došlo do poništavanja talasa interferencijom, a time i do nestanka impulsa elektrona.

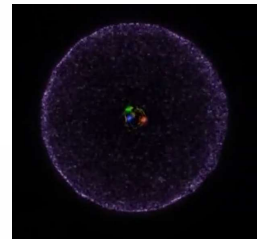


- Talasi elektrona se ne kreću pravolinijski, već trodimenzionalno, oko jezgra u svim pravcima, u prostoru koji određuju elektronske orbite.

STRUKTURA ATOMA

TALASNO-MEHANIČKI MODEL ATOMA

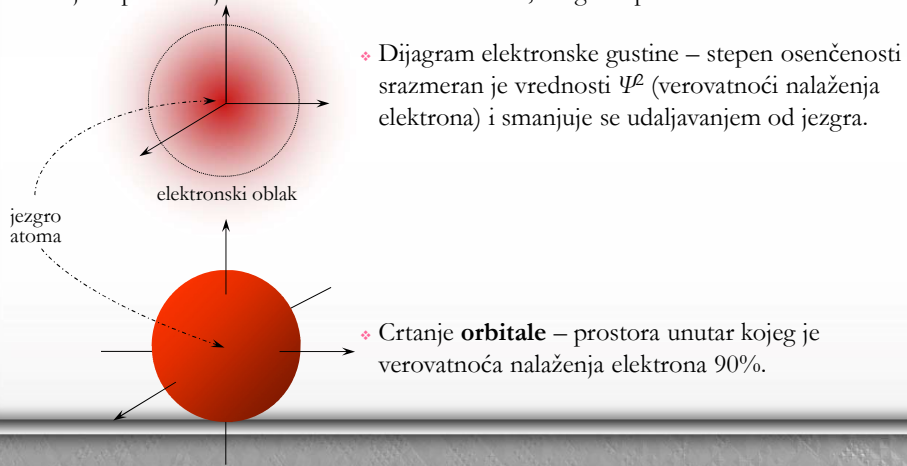
- **Hajzenbergov princip neodređenosti** – nemoguće je odrediti tačan položaj elektrona u atomu u nekom trenutku, niti je moguće precizno opisati putanju po kojoj se elektron kreće oko jezgra.
- Umesto položaja elektrona u atomu, govorimo o elektronskom oblaku i verovatnoći nalaženja elektrona u određenom prostoru oko jezgra.
- **Šredingerova jednačina** – diferencijalna jednačina pomoću koje se može izračunati verovatnoća nalaženja elektrona u prostoru.
- Rešavanjem ove jednačine dobijaju se vrednosti talasne funkcije Ψ u raznim delovima prostora oko jezgra.
- Kvadrat vrednosti talasne funkcije (Ψ^2) u nekoj tački prostora je proporcionalan verovatnoći nalaženja elektrona u toj tački.



STRUKTURA ATOMA

TALASNO-MEHANIČKI MODEL ATOMA

- Vrednosti Ψ^2 dobijene rešavanjem Šredingerove jednačine za atom vodonika, tj. rasprostiranje elektrona u atomu vodonika, mogu se prikazati na dva načina:



STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Talasnu funkciju dobijenu rešavanjem Šredingerove jednačine karakterišu četiri parametra, tj. konstante, određenih i međusobno zavisnih vrednosti, koje se nazivaju **kvantni brojevi**.
- Potpuno opisuju položaj i energetska stanje svakog elektrona u atomu.
 - ❖ n – glavni kvantni broj
 - ❖ l – orbitalni kvantni broj
 - ❖ m_l – magnetni kvantni broj
 - ❖ m_s – spinski kvantni broj

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Prvi ili glavni kvantni broj, n – određuje glavni energetska nivo elektrona i udaljenost od jezgra.
- Što je n veće, veća je energija elektrona i on se nalazi dalje od jezgra.
- $n = 1, 2, 3 \dots 7$.
- U najtežim atomima elektroni su raspoređeni u 7 glavnih energetskih nivoa – niži su popunjeni elektronima do maksimalnog broja, a viši delimično popunjeni.

n	1	2	3	4	5	6	7
Ljuska	K	L	M	N	O	P	Q

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Drugi ili orbitalni kvantni broj, l – određuje broj energetskih podnivoa (u okviru glavnog nivoa) i oblik putanje (geometrijski oblik prostora u kome se nalazi elektron).
- Nedostaci Borovog modela atoma:
 - elektroni istog glavnog energetskog nivoa imaju isti sadržaj energije,
 - elektronske orbite su kružnog oblika.
- $l = 0, 1, 2 \dots (n - 1)$:
 - $l = 0$ s podnivo
 - $l = 1$ p podnivo
 - $l = 2$ d podnivo
 - $l = 3$ f podnivo
- Različiti oblici putanja:
 - s – sharp (oštra)
 - p – principal (glavna)
 - d – diffuse (difuzna)
 - f – fundamental (osnovna)
- za $n = 1 \rightarrow l = 0$ (prvi glavni energetska nivo ima jedan podnivo i jedan oblik putanje elektrona – samo kružna s putanja).
- za $n = 2 \rightarrow l = 0, l = 1$ (drugi energetska nivo ima dva podnivoa i dva različita oblika putanja – s i p).

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Drugi ili orbitalni kvantni broj, l

n	1	2		3			4			
l	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3
Podnivo	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f

- Svaki nivo, određen glavnim kvantnim brojem n , ima n podnivoa.
- Energija elektrona zavisi od vrednosti n i l :
 - pri istoj vrednosti n , energija raste sa porastom l ,
 - $E(4s) < E(4p) < E(4d) < E(4f)$.
- Da li je veća energija elektrona u podnivou 3s ili 2p?
 - 3s.

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Treći ili magnetni kvantni broj, m_l – određuje prostornu orijentaciju orbitala, tj. elektronskog oblaka koji okružuje jezgro atoma.
- Orbitale sa istim vrednostima n i l (u istom podnivou) su degenerisane (imaju isti sadržaj energije), ali se različito orijentišu, tj. usmeravaju u prostoru.
- $m_l = -l \dots -1, 0, 1 \dots l$.
 - za $l = 0 \rightarrow m_l = 0$ (podnivo s ima samo jednu s-orbitalu)
 - za $l = 1 \rightarrow m_l = -1, 0, 1$ (podnivo p ima tri različite p-orbitale: p_x , p_y i p_z)
 - za $l = 2 \rightarrow m_l = -2, -1, 0, 1, 2$ (podnivo d ima 5 d-orbitala)
 - za $l = 3 \rightarrow m_l = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$ (podnivo f ima 7 f-orbitala)
 - svaki podnivo (određen kvantnim brojem l) ima $2l + 1$ orbitala

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Četvrti ili spinski kvantni broj, m_s – određuje smer rotacije elektrona oko svoje ose (**spin**).
- $m_s = +1/2, -1/2$



$$m_s = +1/2$$



$$m_s = -1/2$$

↑↑ elektroni imaju paralelne spinove

↑↓ elektroni imaju suprotne spinove

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- **Paulijev princip isključenja** – u atomu ne mogu postojati dva elektrona čija su sva četiri kvantna broja ista:
 - ❖ u jednoj orbitali mogu da se nalaze najviše dva elektrona (isti n, l, m_l , dve mogućnosti za m_s)
 - ❖ ako se u istoj orbitali nalaze dva elektrona oni moraju imati suprotne spinove
- Način popunjavanja energetskih nivoa i podnivoa elektronima (izgradnja elektronskog omotača):
 - ❖ svaki nivo, određen glavnim kvantnim brojem n , ima n podnivoa
 - ❖ svaki podnivo, određen kvantnim brojem l , ima $2l + 1$ orbitala
 - ❖ svaka orbitala ima najviše dva elektrona suprotnog spina
- Maksimalan broj elektrona na energetskom nivou: $2n^2$.
- Maksimalan broj elektrona na podnivoima: $s - 2, p - 6, d - 10, f - 14$.

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

- Maksimalan broj elektrona na energetsom nivou: $2n^2$.

n	1	2	3	4	5	6	7
Ljuska	K	L	M	N	O	P	Q
Max. broj e^-	2	8	18	32	32	18	8

Nivoi se popunjavaju elektronima po složenijim pravilima.

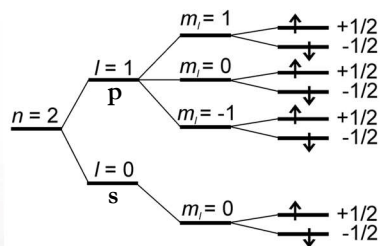
- Broj elektrona na energetskim nivoima i podnivoima:

Nivo n	Broj e^-	Maksimalan broj elektrona na podnivou			
		s	p	d	f
1	2	2	-	-	-
2	8	2	6	-	-
3	18	2	6	10	-
4	32	2	6	10	14

STRUKTURA ATOMA

KVANTNI BROJEVI

Nivo n	Broj e^-	Maksimalan broj elektrona na podnivou			
		s	p	d	f
1	2	2	-	-	-
2	8	2	6	-	-
3	18	2	6	10	-
4	32	2	6	10	14



STRUKTURA ATOMA

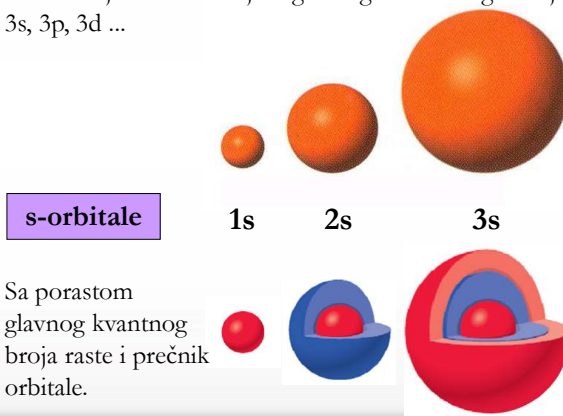
KVANTNI BROJEVI

- Kada je $n = 2$, vrednosti l mogu da budu 0 i 1.
- Kada je $l = 0$, podnivo se obeležava sa s, a vrednost m_l može da bude samo 0.
- Kada je podnivo označen sa s, u njemu se nalazi jedna orbitala.
- Kada je $l = 1$, podnivo se obeležava sa p, a vrednosti m_l mogu da budu $-1, 0$ i 1 .
- Kada je podnivo označen sa p, u njemu se nalaze 3 orbitale.

STRUKTURA ATOMA

OBlici I VELIČINE ATOMSKIH ORBITALA

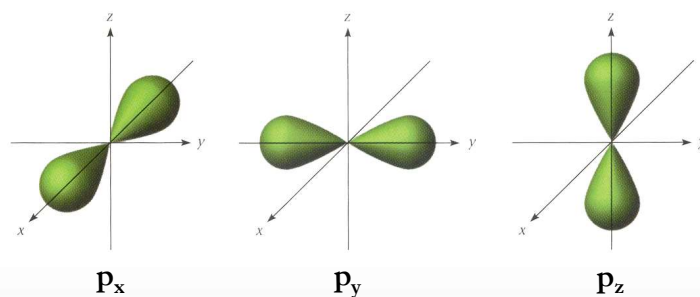
- **Orbitala** – prostor unutar kojeg je verovatnoća nalaženja elektrona 90%.
- Označavaju se navođenjem glavnog nivoa i odgovarajućeg podnivoa: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d ...



STRUKTURA ATOMA

OBLICI I VELIČINE ATOMSKIH ORBITALA

p-orbitale

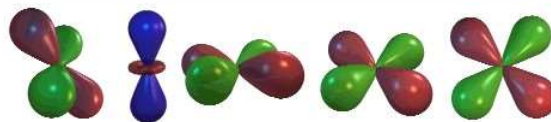


- Sa porastom glavnog kvantnog broja rastu dimenzije orbitala.

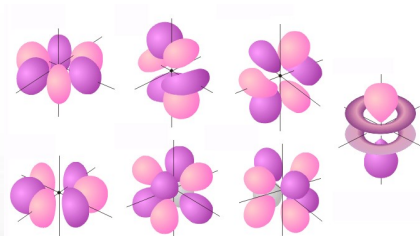
STRUKTURA ATOMA

OBLICI I VELIČINE ATOMSKIH ORBITALA

d-orbitale



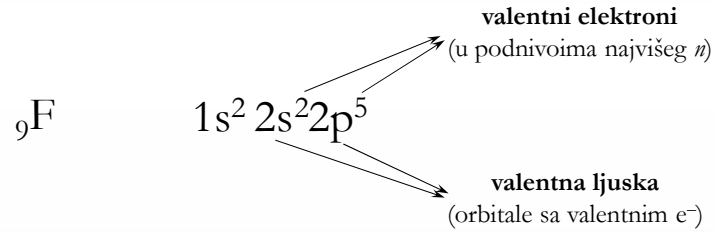
f-orbitale



STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA

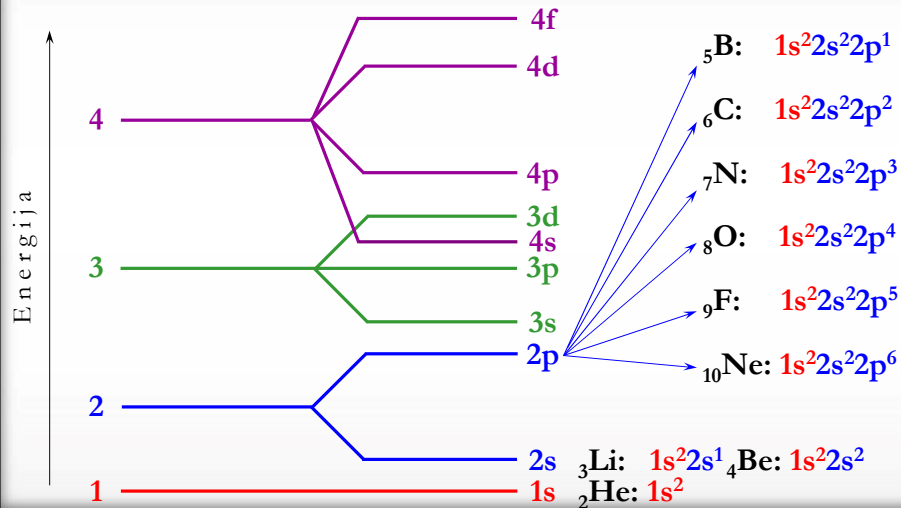
- Način na koji su popunjene orbitale (podnivoi) u atomu.
- Orbitale se popunjavaju elektronima prema rastućoj energiji podnivoa.

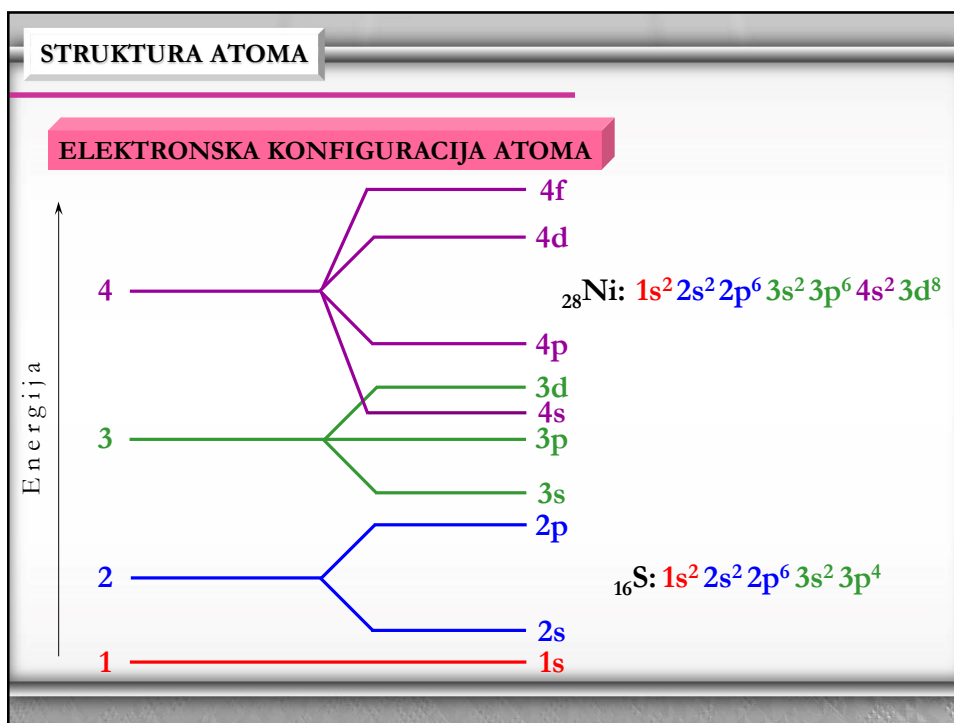
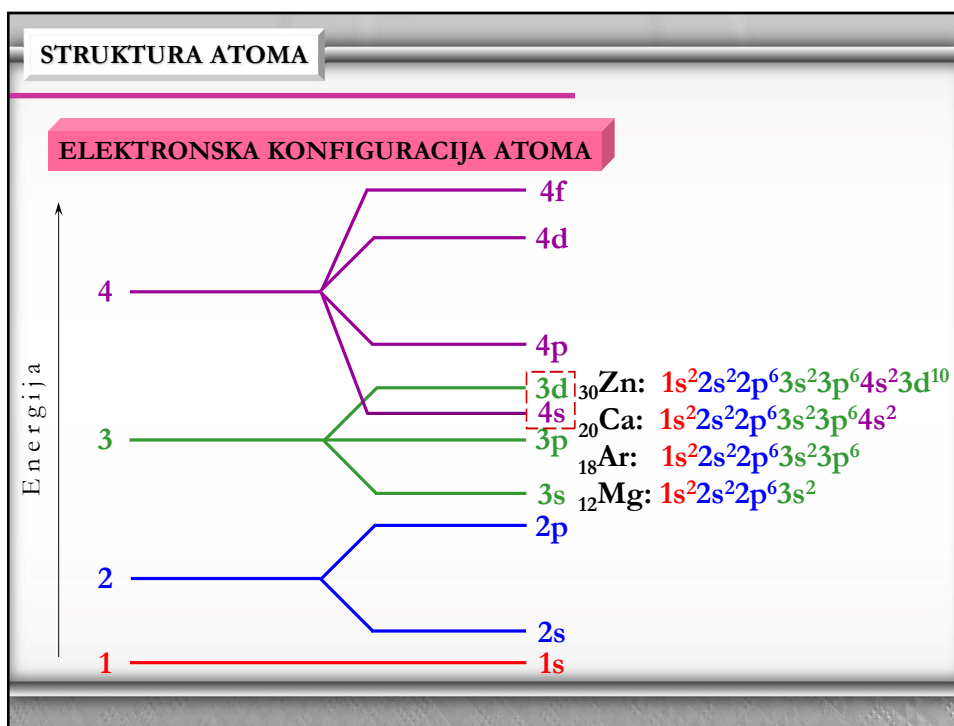


STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA

-u osnovnom stanju-

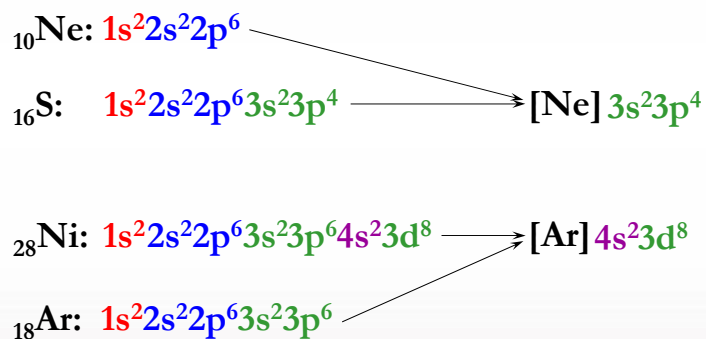




STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA

- Skraćena elektronska konfiguracija – počinje sa prethodnim plemenitim gasom.



STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA

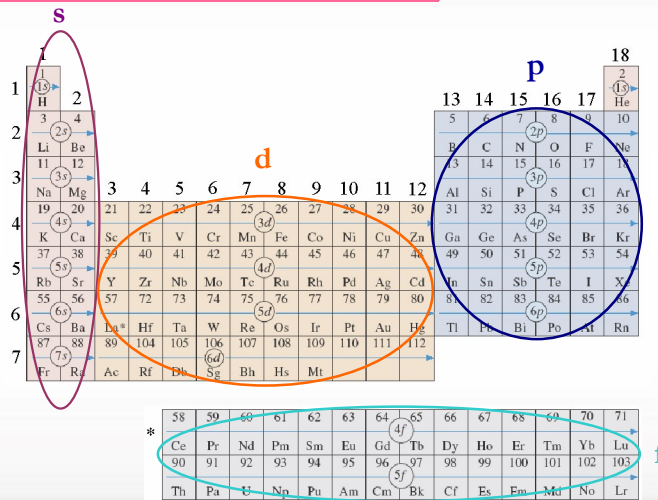
- Veza između elektronske konfiguracije i položaja elementa u Periodnom sistemu.

1. GRUPA	2. GRUPA
$_{3}\text{Li}$	$_{4}\text{Be}$
$_{11}\text{Na}$	$_{12}\text{Mg}$
$_{19}\text{K}$	$_{20}\text{Ca}$
$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$
$_{55}\text{Cs}$	$_{56}\text{Ba}$

- Svi elementi u određenoj grupi Periodnog sistema imaju isti raspored elektrona u podnivoima najvišeg glavnog kvantnog broja.
- Hemijske osobine elementa zavise od broja valentnih elektrona.

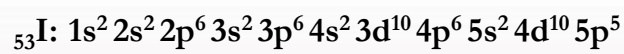
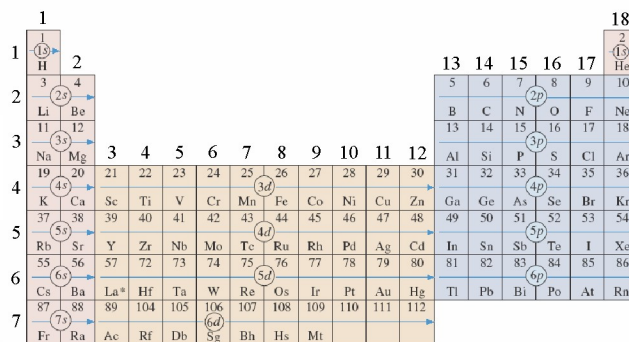
STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA



STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA



STRUKTURA ATOMA

ELEKTRONSKA KONFIGURACIJA ATOMA

	Očekivana konfiguracija	Eksperimentalno utvrđena konfiguracija
^{24}Cr	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^4$	$[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$
^{29}Cu	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^9$	$[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$

- Odstupanja – polupopunjen i popunjen 3d-podnivo ima veću stabilnost.