

KVANTNI BROJEVI

Za opis energetskih stanja atoma po Borovom modelu potrebno je znati samo jednu veličinu n koja se naziva *glavni kvantni broj*. U mnogo strožoj kvantnoj teoriji koriste se još tri kvantna broja: *orbitalni* (l), *magnetski* (m) i *spinski* (s).

1. glavni kvantni broj n

Sopstvene vrednosti ukupne energije koje se dobijaju kao rešenja Šredingerove jednačine koja opisuje stacionarna stanja jednog elektrona su:

$$E_N = -13,6 Z^2 / n^2, \quad n=1,2,3,4,5,6 \text{ ili } 7.$$

Rezultat je isti kao i rezultat Borove teorije. Glavni kvantni broj određuje energije nivoa.

2. orbitalni kvantni broj l

Za kretanje elektrona u polju Kulonovske sile važi zakon održanja vektora momenta impulsa. Rešenje Šredingerove jednačine dovodi do toga da je intenzitet momenta impulsa elektrona kvantovana veličina:

$$L = \sqrt{l(l+1)}$$

Orbitalni kvantni broj za dati glavni kvantni broj može imati vrednosti

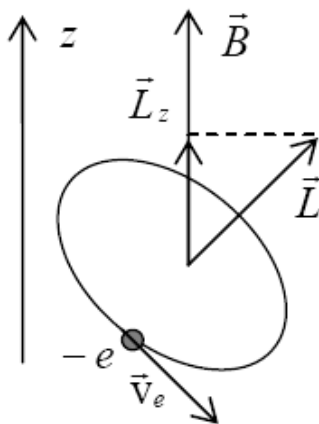
$$l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$$

3. magnetski kvantni broj m

Kada se atom nalazi u spoljašnjem magnetskom polju indukcije B vrednost projekcije momenta impulsa elektrona na pravac magnetskog polja može imati samo vrednosti određene relacijom

$$L_z = m$$

Magnetski kvantni broj za date vrednosti orbitalnog kvantnog broja može imati vrednosti $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$. On određuje orijentaciju orbitala.



4. spinski kvantni broj s

Usled obrtanja oko sopstvene ose elektron poseduje i sopstveni moment impulsa S . Spinski kvantni broj može imati vrednosti $s = \pm 1/2$.

Paulijev princip isključenja: Dva elektrona u atomu ne mogu biti u istom kvantnom stanju, odnosno dva elektrona u atomu ne mogu imati ista sva četiri kvantna broja.

Maksimalan broj elektrona na energetskom nivou reda n je $N = 2n^2$.

ZONSKA TEORIJA

Zonska teorija objašnjava električna svojstva metala, poluprovodnika i izolatora.

U svim vrstama kristala, pozitivni joni u rešetkama kristalne rešetke formiraju unutrašnje električno polje u kome se kreću elektroni. To polje deformiše tj. dovodi do cepanja enerzijskih nivoa. U tom slučaju, umesto jednog nivoa sa tačno određenom energijom, pojavljuje se niz nivoa (podnivoi) sa veoma bliskim vrednostima energije koji obrazuju enerzijsku zonu.

Svaka zona ima svoju širinu (u eV). Što smo dalje od jezgra to je veća širina zone. Enerzijske zone su razdvojene oblastima u kojima se ne mogu nalaziti elektroni. Te oblasti zovemo zabranjene zone ili enerzijski procep.

Enerzijske zone su različito popunjene elektronima.

VALENTNA ZONA je poslednja zona u kojoj se elektroni još uvek nalaze u vezanom stanju.

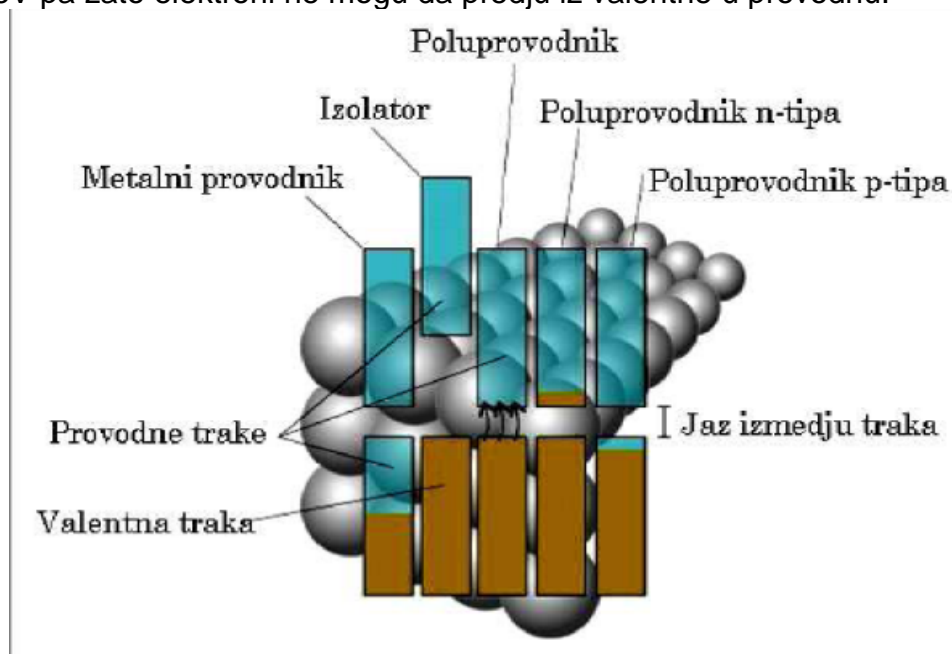
PROVODNA ZONA je zona u kojoj se elektroni mogu slobodno kretati.

Elektroni mogu unutar zone da se kreću od jednog podnivoa do drugog već na sobnoj temperaturi. Za prelaz iz niže u višu zonu potrebna je energija jednaka barem širini zabranjene zone.

Kod metala je zabranjena zona između valentne i provodne jako uska, a nekada ne postoji pa su zato oni odlični provodnici.

Kod poluprovodnika (silicijum i germanijum) je zabranjena zona između valentne i provodne male širine, oko 1eV. Ta enerzijska razlika se može prevazići i apsorpcijom svetlosti ili zagrevanjem.

Kod izolatora je zabranjena zona između valentne i provodne jako široka, oko 6 do 10 eV pa zato elektroni ne mogu da pređu iz valentne u provodnu.

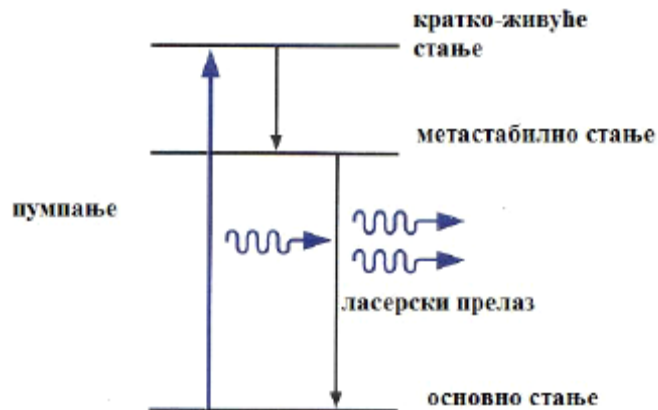


LASERI

Laser je pojačavač elektromagnetnog zračenja. Svaki laser sačinjavaju:

1. Radno telo (u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju)
2. Izvor pobude (izvor inverzne naseljenosti)
3. Sistem za pojačanje zračenja dobijenog u procesu stimulisane emisije
4. Sistem za hlađenje

Reč laser je skraćenica od Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Potreban uslov za pojačanje elektromagnetnog zračenja, kada se ono propusti kroz neki materijal, je da materijal bude u stanju inverzne naseljenosti. Dakle, radno telo lasera treba dovesti u takvo stanje da bi se dobila stimulisana emisija elektromagnetnog zračenja. Energetski nivoi na koje se pobuđuju elektroni moraju se izabrati tako da budu metastabilni. Kada se to dogodi neće se svi atomi (tj. njihovi pobuđeni elektroni) istovremeno deekscitovati. Razlog za to je što u mikrosvetu vladaju zakoni statistike i čestice se ne ponašaju uniformno. Neki atomi neće se ranije deekscitovati i emitovati fotone. Takvi fotoni će izvršiti stimulisanu emisiju na onim atomima koji su još uvek u pobuđenom stanju. U takvom procesu javljaju se novi fotoni koji mogu da nastave ovakav proces i kao rezultat imamo veliko umnožavanje fotona. Ogledalske površine na krajevima radnog tela imaju zadatak da reflektuju fotone i još više pojačaju efekat lavine fotona.



Metastabilni energetski nivoi

Prilikom prelaska, na primer, elektrona iz pobuđenog (ekscitovanog) stanja u niže energetsko stanje (deekscitacija), prelazi mogu biti više ili manje verovatni. Ako je prelaz elektrona iz višeg u niže energetsko stanje malo verovatan (zapazite da se ne pojavljuje ređi prelaz - to je „shvatanje“ kvantne mehanike), onda je više stanje metastabilno, što znači da se elektron u ovom slučaju mnogo duže zadržava na višem nivou (reda veličine 10^{-5} s) nego što je to slučaj kod nemetastabilnih energetskih nivoa (reda veličine 10^{-8} s). Intenzitet zračenja koje se dobija upravo je srazmerno verovatnoći prelaza.

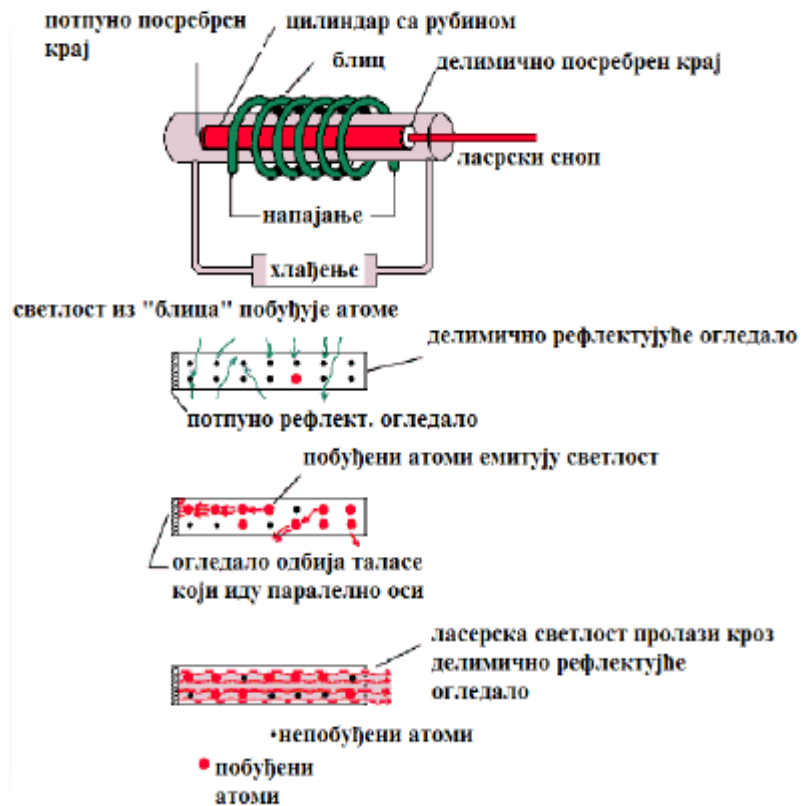
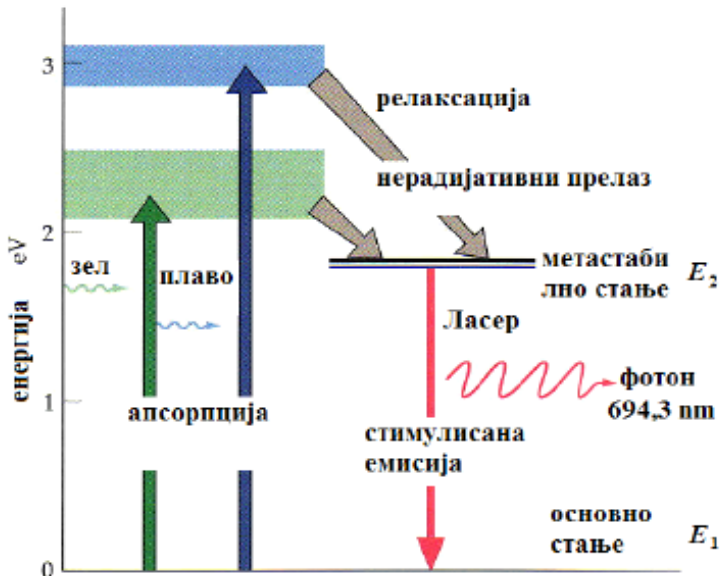
Postojanje metastabilnih nivoa je ključna pojava za rad lasera.

Stimulisana emisija elektromagnetnog zračenja

Pobuđeni elektroni u atomima teže da se vrate u osnovno ili niže energetske stanje spontano. Ali taj proces se može ubrzati tako što se i takvi elektroni prinuditi da to urade. Ako se pobuđeni atomi izlože delovanju spoljašnjeg elektromagnetnog zračenja, tj. foton je energija jednaka razlici energije višeg enerzijskog nivoa gde se nalazi elektron i nižeg nivoa na koji elektron treba da pređe, do i foton se ne samo do prelaska elektrona već i do dvostrukog umnožavanja broja fotona.

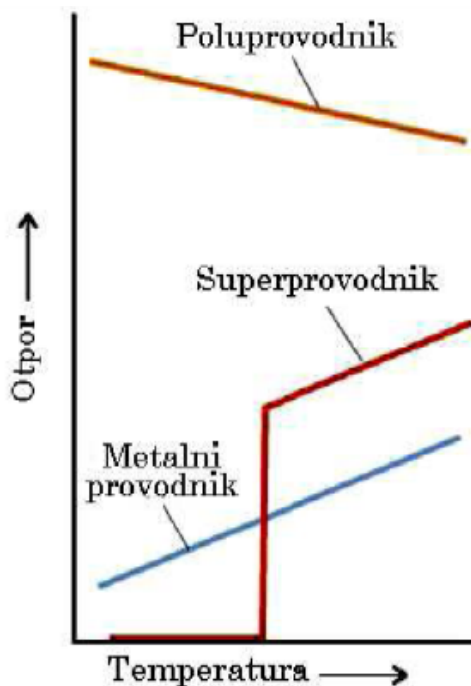
Fotoni koji se javljaju u ovakvom procesu se razlikuju od fotona koji se pojavljuju u procesu spontane emisije zračenja. Prvo, pravac stimulisanih fotona mora biti isti kao pravac fotona koji su izazvali stimulisnu emisiju. Drugo, osim što je zračenje pojava, ono je na isti način polarizovano kao i upadno, a i koherentno je. Treba imati u vidu da samo materijal u kome se većina njegovih atoma nalazi u određenoj pobuđenoj stanju (inverzna populacija ili inverzna naseljenost) može da ostvari stimulisanu emisiju. Ovaj proces spada u rezonantne procese.

Laserska svetlost dobija se na ovaj način.



SUPERPROVODLJIVOST

Materijali čija je električna otpornost jednaka nuli zovu se superprovodnici. Struja u superprovodnicima teče bi bez električnog otpora, a uštede bi bile nezamislive. Međutim, nisu svi materijali podjednako dobri superprovodnici – ispostavilo se da što je materijal bolji provodnik u „normalnom“ stanju, to je lošiji provodnik u superprovodnom stanju i obrnuto. Pošto je bilo poznato da električni otpor ima veze sa interakcijom elektrona sa jonima kristalne rešetke (elektron – fononskom interakcijom), bilo je jasno da u superprovodnom stanju ključnu ulogu ima kristalna rešetka.



Osim ovoga, ustanovljeno je da se materijal ne može naći u superprovodnom stanju na bilo kakvoj temperaturi, već postoji tzv. kritična temperatura (T_c) do koje se dolazi hlađenjem materijala, kada on na ovoj temperaturi iz „normalnog“ prelazi u superprovodno stanje. Naravno, materijal je u superprovodnom stanju i na temperaturama nižim od kritične. Superprovodljivost se može razrušiti ne samo zagrevanjem materijala, već i stavljanjem u spoljašnje magnetno polje neke minimalne jačine ili izlaganjem elektromagnetnom zračenju.

Postojalo je nekoliko mogućih objašnjenja ove interesantne pojave, a aktuelna je teorija Bardina, Kuperera i Šrifera - BCS teorija. Prema njoj, elektroni su i dalje nosioci struje u materijalu, ali sa potpuno drugačijim osobinama. Naime, pozitivni joni kristalne rešetke (u pitanju su joni jer slobodni elektroni u kristalu nastaju iz atoma rešetke, pa onda atomi postaju joni) privlače elektrone svojom privlačnom Kulonovom silom. Između elektrona postoji odbojna Kulonova sila, ali jača je ona privlačna sa jonima rešetke tako da u krajnjem, kao da se elektroni privlače između sebe. Elektroni formiraju parove koji se nazivaju Kuperovi parovi. Ovakvi parovi elektrona imaju potpuno drugačije osobine od elektrona u „normalnom“ stanju. Elektroni u Kuperovim parovima ne trpe gubitak energije prilikom proticanja kroz materijal, naprotiv, vidimo da joni rešetke ovde igraju pozitivnu ulogu. Brzi vozovi u Japanu koriste superprovodljivost za svoje kretanje.

STUKTURA JEZGRA

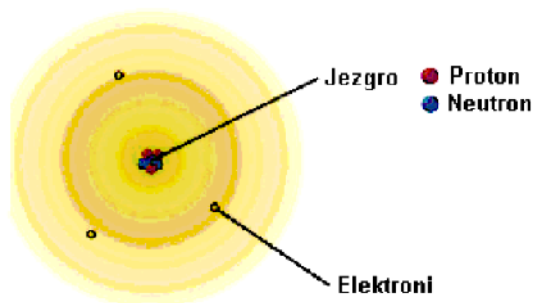
Jezgro zovemo NUKLEUS. Sastoji se od protona i neutrona koje zovemo NUKLEONI. Dimenzije atoma su reda 10^{-10} m dok su dimenzije jezgra 10^{-15} m.

U jezgru je skoncentrisana prakti no sva masa atoma i celokupno pozitivno naelektrisanje atoma. Gustina jezgra je jako velika , reda veli ine 10^{17} kg/m³ a ne zavisi od broja nukleona.

MODEL ATOMA SA JEZGROM

Elektroni zauzimaju najveći prostor u atomu

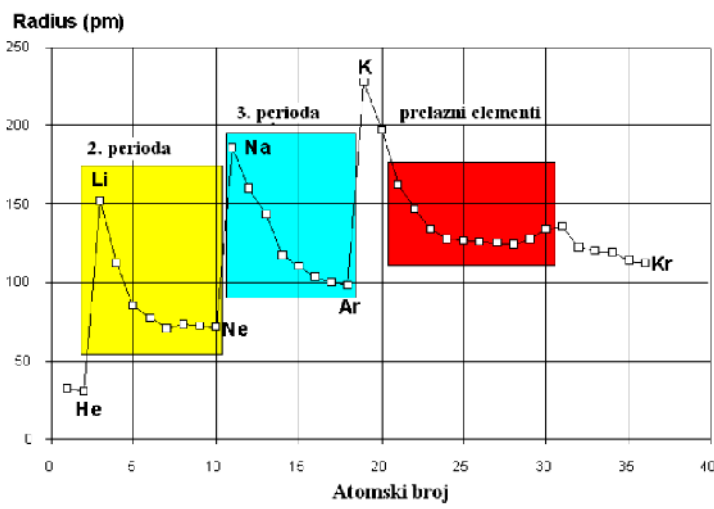
Protoni i neutroni su u malom jezgru



	Masa (g)	Masa(amu)	Naboj
Proton	1.67262×10^{-24}	1.0073	+ 1
Neutron	1.67493×10^{-24}	1.0087	0
Elektron	0.00091×10^{-24}	0.00055	- 1

Jezgro kao i elektron ima spin (ceo ili poluceo broj). Svaki nukleon ima spin $\frac{1}{2}$ pa ukupan spin jezgra dobijemo kad saberemo pojedina ne spinove nukleona. Jezgro takodje ima i magnetni moment koji je odredjen sopstvenim magnetnim momentima nukleona . Na tom principu funkcioniše nuklearna magnetna rezonanca (NMR)

Promena veličine atoma



NUKLEARNE SILE

Atomska jezgra predstavljaju relativno stabilne sisteme, iako medju protonima i deluju odbojne električne sile. Ta relativna stabilnost jezgara ukazuje na to da medju nukleonima u jezgama postoje uzajamna privlačenja delovanja, takozvane nuklearne sile.

Postoje nuklearne sile jake i slabe interakcije. Nuklearne sile jake interakcije deluju unutar jezgra (izmedju nukleona).

Nuklearne sile slabe interakcije deluju tokom raspada pojedinih elementarnih čestica.

OSOBINE NUKLEARNIH SILA:

-to su sile kratkog dometa, deluju samo unutar jezgra koje je dimenzija do 1 femptometra.

-ne postoje jače sile u prirodi

-nezavisne su od naelektrisanja nukleona. Istog su intenziteta izmedju 2 protona, 2 neutrona ili protona i neutrona.

-imaju svojstvo zasićenosti. To znači da svaki nukleon interaguje samo sa najbližim nukleonima.

-ove sile nisu centralne.

-one su jedinstvene u prirodi, razlikuju se od svih ostalih sila.