

Energije stacionarnih stanja

Energija atoma je kvantovana. To znači da atom može imati samo određene diskretne vrednosti energije. Diskretne vrednosti energija $E_1, E_2, \dots, E_n$ se nazivaju energijski nivoi atoma. Energija atoma je obrnuto srazmerna kvadratu glavnog kvantnog broja. Glavni kvantni broj je prirodan broj n koji prebrojava energijske nivoe: $n=1,2,3,\dots$

Prema Borovom modelu atoma elektron se kreće u prvoj kvantnoj putanji $n=1$, kada se atom nalazi u osnovnom odnosno u nepobuđenom stanju. U osnovnom stanju atomi vodonika ne mogu da emituju energiju u obliku svetlosnog zračenja. Atom može da pređe u pobuđeno stanje kad apsorbuje energiju (visoka temperatura, električno pražnjenje). U tom slučaju elektron prelazi na jednu udaljeniju putanju. Elektron se tada nalazi na višem energetsom nivou. Za atom u kome se elektron nalazi na jednom od viših energetskih nivoa kaže se da se nalazi u pobuđenom stanju. U pobuđenom stanju atom ne ostaje duže od 10^{-8} s (sekundi), a zatim prelazi u osnovno stanje pri čemu emituje energiju u vidu kvanta svetlosti. Atom ne emituje elektromagnetno zračenje sve dok se elektron nalazi na jednom od mogućih diskretnih energijskih nivoa. Zato se ova stanja atoma nazivaju stacionarna (postojana) stanja.

Energija elektrona na n -toj orbiti jednaka je zbiru kinetičke i potencijalne energije:

$$E = E_k + E_p$$
$$E = \frac{m_e v^2}{2} + \left(-\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r} \right)$$

Ranije smo napisali da je (uslov ravnoteže sila)

$$\frac{m_e \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{Z \cdot e^2}{r_n^2}$$
$$m_e \cdot v_n^2 = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{Z \cdot e^2}{r_n}$$

ako podelimo levu i desnu stranu sa 2 dobija se :

$$\frac{m_e \cdot v_n^2}{2} = \frac{1}{2 \cdot 4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{Z \cdot e^2}{r_n}$$

odavde se vidi $E_k = \frac{E_p}{2}$

Zamenom u formulu za ukupnu energiju:

$$E_n = \frac{m_e v^2}{2} + \left(-\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n} \right)$$

$$E_n = \frac{1}{2 \cdot 4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{Z \cdot e^2}{r_n} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n}$$

$$E_n = -\frac{1}{2 \cdot 4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n}$$

$$E_n = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n}$$

Zamjenom vrijednosti za poluprečnik $r_n = \frac{n^2}{Z} \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{m_e e^2}$ dobija se:

$$E_n = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{\frac{n^2}{Z} \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{m_e e^2}}$$

$$E_n = -\frac{1}{32\pi^2 \epsilon_0^2} \frac{Z^2 m_e e^4}{n^2 \hbar^2}$$

Pošto je $\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} = 13,6eV$ energija stacionarnih stanja vodonikovog atoma određene su

formulom :

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot Z^2 \cdot 13,6eV$$

Prilikom prelaska sa višeg energetskeg nivoa E_n na niži energetskegi nivo E_m elektron emituje kvant energije elektromagnetnog zračenja. ($\nu = f$)

$$hf = E_n - E_m$$

$$\frac{hc}{\lambda} = -\frac{Z^2}{n^2} 13,6eV - \left(-\frac{Z^2}{m^2} 13,6eV \right)$$

$$\frac{hc}{\lambda} = -\frac{Z^2}{n^2} 13,6eV + \frac{Z^2}{m^2} 13,6eV$$

$$\frac{hc}{\lambda} = Z^2 13,6eV \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{Z^2}{hc} 13,6eV \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Konstanta $\frac{13.6\text{eV}}{hc} \approx 1,1 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}$, što je približna vrijednost eksperimentalno dobijene

Ridbergove konstnsnte.

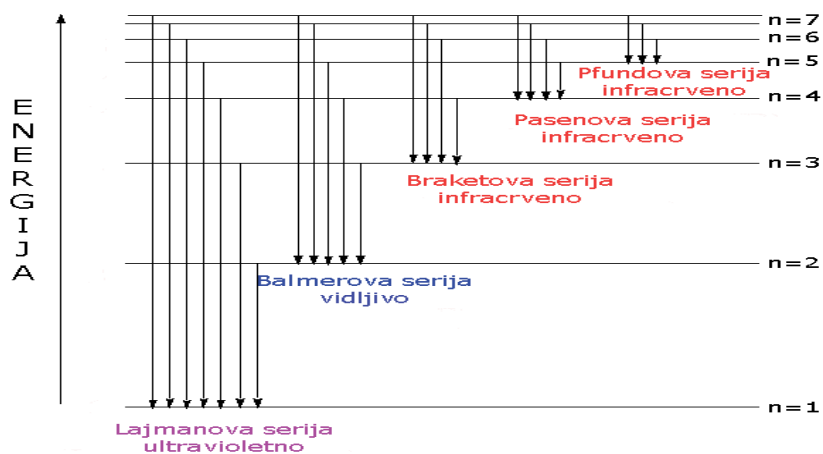
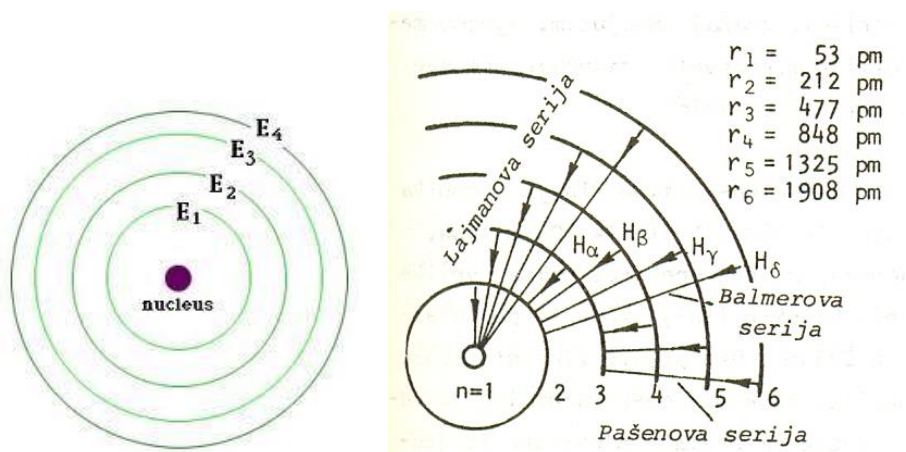
$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Za vodonikov atom $Z=1$.

Pri prelasku elektrona iz stanja sa glavnim kvantnim brojem m u stanje sa glavnim kvantnim brojem n emituje se foton čija je talasna dužina određena formulom:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Borova teorija objašnjava spektar atoma vodonika. Lajmanova serija se javlja pri prelasku elektrona sa udaljenijih orbita na prvu orbitu, Balmerova pri prelasku na drugu, Pašenova pri prelasku na treću itd.



Borov model je dao dobro teorijsko objašnjenje stabilnosti atoma, spektra zračenja atoma i dimenzija atoma. Međutim, iako Borov model atoma predstavlja važan korak u prikazivanju atoma i atomskih procesa, on nije mogao da objasni građu i položaj spektralnih linija ni najprostijih atoma sa više elektrona (helijum, litijum). Pomoću ovog modela nisu mogli da se opišu ni mereni intenziteti spektralnih linija. Svi ovi nedostaci ukazuju da Borova teorija nema dobru osnovu, jer predstavlja smešu klasičnih i kvantnih pretpostavki. Ona predstavlja prelaznu etapu od klasične do kvantne mehanike.

Kada elektron dostigne vrednost energije od $E=0$ eV može biti emitovan kao fotoelektron. Zapravo, u „beskonačnosti“ vrednosti energije postaju pozitivne i elektron postaje slobodan. To stanje nazivamo kontinuum.

Domaći zadatak:

1. Odredi energiju elektrona u atomu vodonika u osnovnom stanju ($n=1$). Masa elektrona je $9,1 \cdot 10^{-31} kg$, količina naelektrisanja je $1,6 \cdot 10^{-19} C$, a dielektrična propustljivost u vakuumu je $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$. Energiju izraziti u elektronvoltima.

2. Prelaskom elektrona u atomu vodonika s višeg energetskog nivoa na niži emituje se kvant svetlosti frekvencije $4,57 \cdot 10^{14} Hz$. Za koliko se smanji energija atoma pri ovom prelasku?

3. Srebrni disk izložen je ultraljubičastom zračenju talasne dužine $10^{-7} m$. Pri tome nastaju fotoelektroni, za čije je potpuno zaustavljanje potreban zakočni napon 7,7V. Koliki je izlazni rad srebra?

4. Crvena granica fotoefekta za volfram je $275 \cdot 10^{-9} m$. Naći:

a) izlazni rad elektrona

b) najveću brzinu elektrona koji izleću iz volframa pod dejstvom svetlosti talasne dužine 180nm

c) najveću kinetičku energiju elektrona.

Masa elektrona je $9,1 \cdot 10^{-31} kg$.