

ATOM

19.1. NOTRANJA ENERGIJA ATOMA

19.2. ENERGIJA ELEKTRONA

19.3. VALOVNA NARAVA TVARNIH DELCEV

19.4. BOHROV MODEL ATOMA

19.5. FOTOEFEKT

19.6. RENTGENSKA CEV

19.1. NOTRANJA ENERGIJA ATOMA

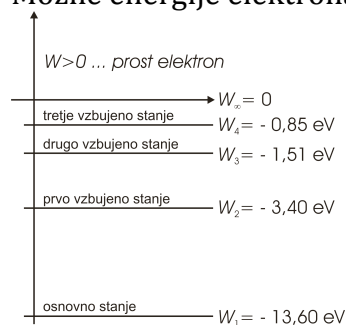
Mirujoč prosti elektron (ki ni vezan na atom) ima energijo nič. Gibajpč se prosti elektron ima pozitivno energijo. V notranjosti atoma ima elektron zaradi vezave na jedro manjšo energijo. Glede na dogovor o ničli energije ima elektron v notranjosti atoma negativno energijo.

Poskus kaže, da se notranja energija atoma ne more zvezno spreminjati, spreminja se le v skokih. Zapovrstne notranje energije, ki jih lahko vsebuje atom, imenujemo **energijska stanja**. Atom je lahko v **osnovnem ali vzbujenem stanju**. Posamezne možne energije elektronov v atomu označimo: $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$, kjer je E_n najvišja energija, ki je na meji privlačnosti atomskega jedra. Velja: $E_\infty = 0$.

19.2. ENERGIJA ELEKTRONA

Elektron je tem bližje jedru, čim bolj negativna je njegova energija. Elektron je najbližje jedru, če zaseda stanje z energijo E_1 , ki je najbolj negativna. V tem primeru pravimo, da so atomi v osnovnem stanju. Elektroni v vodikovih atomih zasedajo osnovno stanje pri energiji $E_1 = 13,6 \text{ eV}$.

Možne energije elektrona v atomu:



Ko elektron v osnovnem stanju prejme energijo, preskoči v stanje z višjo energijo (na primer E_2 , E_3 , itd). Najmanjša energija potrebna, da se elektron osvobodi od atoma, se imenuje ionizacijska energija atoma (E_i). Očitno velja: $E_i = -E_1$.

Preden razložimo kako izračunamo energije vzbujenih stanj, moramo spoznati nekatera dejstva.

19.3. VALOVNA NARAVA TVARNIH DELCEV

Za dvojno naravo svetlobe že vemo. Po drugi strani pa kažejo nekateri pojavi, da so tudi tvarni delci neločljivo povezani z valovanjem. Na primer: Če usmerimo ozek curek hitrih elektronov na tanko plast kovine, dobimo uklonsko sliko.

Preden bomo posegli po analogiji, se spomnimo kako je bilo pri svetlobi. Če je vsaka energija E enakovredna masi m tako, da je $m = \frac{E}{c^2}$, kjer je c svetlobna

hitrost v praznem prostoru, potem pripada fotonu masa $m = \frac{h\nu}{c^2}$ in gibalna

količina $mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$. Ker se tudi tvarni delci širijo v obliki valovanja, mora biti

njihova gibalna količina izražena na podoben način: $mv = \frac{h}{\lambda}$.

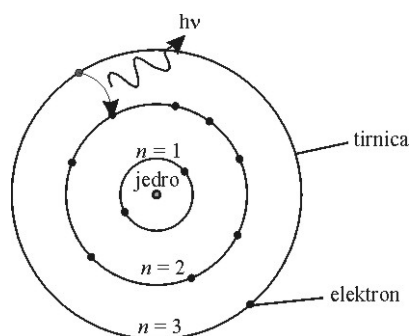
Sklep: Vsak gibajoč se tvarni delec lahko obravnavamo tudi kot valovni pojav.

19.4. BOHROV MODEL ATOMA

Bohrov model atoma (1913) predstavlja atom, ki ima majhno pozitivno nabito jedro, okrog katerega krožijo elektroni po krožnih orbitalah podobno kot krožijo planeti okrog Sonca. Po Bohrovem modelu je torej atom podoben sončnemu sistemu, le da gravitacijsko silo zamenja elektrostatična interakcija.

Po Bohru, elektron ne more krožiti v atomu po poljubnih, ampak le po stacionarnih ali kvantnih tirih, ki ustrezajo pogojem:

- da je radialna sila, ki drži elektron na krožnici, enaka privlačni sili med jedrom in elektronom;
- da pride na obseg atoma celo število valovnih dolžin.



Zdaj lahko izračunamo energijo elektrona v n-tem energijskem stanju v atomu.

1. Enačimo centripetalno in električno silo na elektron: $\frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{e_0^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} \dots(1)$

2. Celo število valovnih dolžin mora priti na obseg atoma: $2\pi r_n = n\lambda \dots(2)$

Pri tem je $\lambda = \frac{h}{m_0 v_n} \dots(3)$. Iz teh enačb dobimo $r_n = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m_0 e_0^2} \dots(4)$. Notranja

energija sestoji iz kinetične energije $E_k = \frac{1}{2} m_0 v_n^2 \dots(5)$ in potencialne

energije $E_p = \int_{\infty}^{r_n} \frac{e_0^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = -\frac{e_0^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} \dots(6)$. Računati moramo

$E_n = E_k + E_p \dots(7)$.

(4) vstavimo v (1) in izrazimo v_n , ki ga potem vstavimo v (5). (4) vstavimo

v (6) ter seštejemo (5) in (6), kakor išče (7). Dobimo: $E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{e_0^4 m_0}{8h^2 \epsilon_0} \dots(8)$

Atom izseva svetlobo, ki ima frekvenco ν , pri preskoku elektrona iz višjega stanja (m) v nižje (n). Foton, ki izleti ima energijo $h\nu = E_m - E_n$, od koder lahko

izračunamo frekvenco izsevane svetlobe $\nu = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$, kjer je $R = \frac{m_0 e_0^4}{8\epsilon_0^2 h^3}$

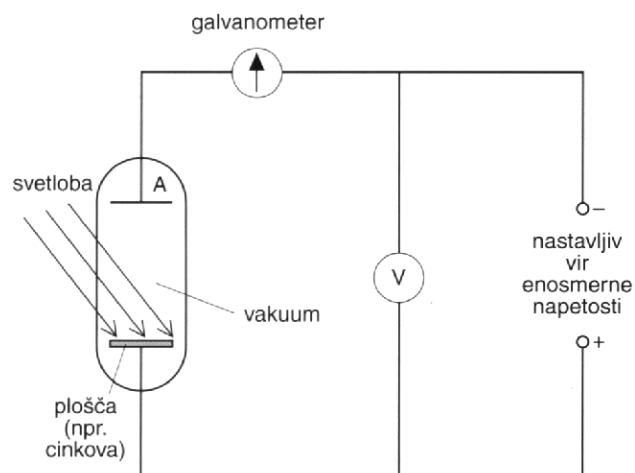
Rydbergova konstanta.

$$R_{\infty} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c} = 10.973\,731\,568\,539(55) \times 10^6 \text{ m}^{-1},$$

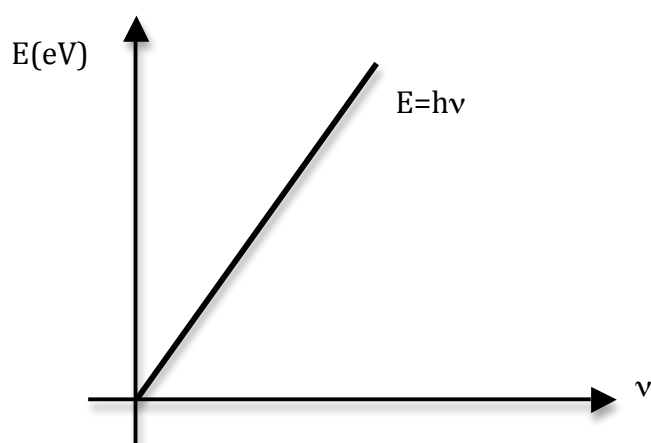
19.5. FOTOEFEKT

Fotoelektrični pojav je izbijanje elektronov iz kovin z obsevanjem.

Elektromagnetni žarki so pri tem bolj učinkoviti čim manjša je njihova valovna dolžina. Da elektron zapusti kovino, potrebuje energijo, ki ustreza **izstopnemu delu (A_i)**. Energijo (E) fotonov lahko izmerimo s **fotocelico**:



Fotokatodo osvetluje elektromagnetno valovanje. Elektron s površinskega sloja fotokatode, ki vsrka foton z energijo E , porabi energijo $E_i=A_i$, da se osvobodi, ostanek $E-A_i$ pa odnese s seboj v obliki kinetične energije: $E_k = E - A_i$. Skozi osvetljeno fotocelico steče tok tudi če med anodo in fotokatodo ni napetosti. $U=0$, steče tako imenovani **mrtvi tok**. Mrtvi tok povsem preneha če priključimo anodo na negativni pol napetostnega vira in napetost počasi povečujemo. To se zgodi pri napetosti $U=-U_z$, ki se imenuje **zaporna napetost**. Zanj velja $e_0U_z = E_k$, kar pomeni: delo električne napetosti lahko zmanjša kinetično energijo E_k izbitih elektronov na nič. Ker poznamo izstopno delo A_i , lahko izračunamo energijo E vpadnih fotonov: $E = E_k + A_i = e_0U_z + A_i$. Meritev ponovimo z različnimi fotokatodami ter z različnimi svetlobami. Dobimo sliko:

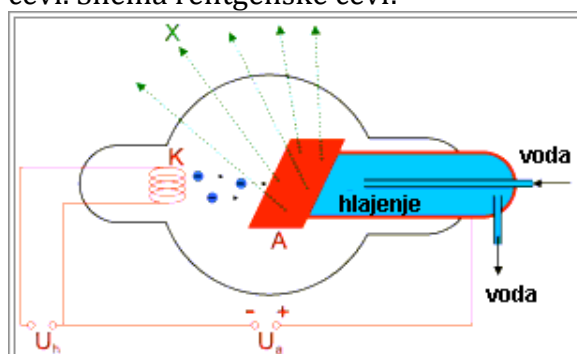


Kar pomeni: energija fotona (E) je premo sorazmerna s frekvenco (ν) elektromagnetnega valovanja. To zapišemo: $E=h\nu$, kjer je h Planckova konstanta. Njena vrednost je podana s strmino premice na diagramu $E=f(\nu)$, ki je $h = 6,6 \cdot 10^{-34} Js$.

19.6. RENTGENSKA CEV

Videli smo že: svetloba lahko izbije elektrone iz kovine (fotoefekt). Poznamo pa tudi obraten pojav, ko elektroni vzbujajo svetlobo na mestih, kamor padajo. Tak pojav je nastanek rentgenske svetlobe.

Rentgenska svetloba nastane povsod na mestih, kjer elektroni zadanejo na materijo, torej na stekleni steni in na atomih oziroma molekulah plina, ki je v cevi. Shema rentgenske cevi:



Pospešeni elektroni zadevajo ob anodo in izbijajo iz nje rentgenske fotone. Rentgenski žarki so fotoni z energijo nad 100 eV. Fotone sevajo vzbujeni atomi.

Rentgenska cev oddaja rentgenske žarke tako, da pospešeni elektroni zavirajo ob atomih anode. To je tako imenovano **zavorno sevanje**. Spekter zavornega sevanja je zvezen in obsega valove z valovno dolžino od zelo velikih vrednosti navzdol do najmanjše λ_{\min} , ki ustreza najmočnejšim fotonom z energijo E_{\max} . Poleg zavornega sevanja oddaja anoda tudi tako imenovano **karakteristično sevanje**. To so rentgenski žarki s točno določenimi valovnimi dolžinami, ki so značilne za element iz katerega je anoda. Nastanek črtnega spektra pojasnimo takole: nekateri vpadli elektroni prodro skozi plašč zunanjih elektronov do notranjih lupin in izbijajo iz njih enega ali več elektronov. Na izpraznjena mesta skočijo elektroni iz višjih energijskih stanj, pri čemer sevajo fotone.