

6-Maruz'a

Atom tuzilishining modellari.

Maruz'aning rejasi:

Atom tuzilishining modellari. Qadimgi yunonlarda atom tushunchasi. Tomson modeli. Rezerfordning atom planetar modeli. Bor postulatlarini noaniqlik prinsipi. Korpuskulyar komplementarlik to'liq dualizmi.

Gazlar kinetik nazariyasini tushuntirishda eng foydali bo'lgan atom "bo'linmas"ligi tushunchasi ko'p eksperimental faktlarni talqin qilishda XIX asrning oxirlarigacha eng foydali ta'limot bolib keldi, lekin XIX asr oxirlariga kelib katod nurlarining kashf etilishi, birinchi elementar zarracha – elektronning kashf etilishi, radioaktivlik hodisasining kashf etilishi va boshqa hodisalar atom murakkab tuzilishiga ega, ekanligi haqida dalolat berdi, bu hodisalar kvant xarakteriga ega bo'lib, atom tuzilishi, haqida yangi tasavvur, yangi model tuzilishi lozimligini ko'rsatdi. Atom modeli birinchi bor Tomson tomonidan o'rtaga tashlandi.

1) Atomning Tomson modeli. Birinchi atom modelini nazariy yo'l bilan 1904-yil Tomson kashf qiladi. Uning fikriga asosan atom bir tekis musbat zaryadlangan shardan iborat bo'lib, uning ichida elektronlar harakat qiladi, deyiladi. Atomning bunday modelini keksga o'shatish mumkin. Tomson hisoblariga asosan bunday atomning radiusi taxminan $\sim 10^{-8}$ sm $\sim A^{\circ}$ tartibida bo'lishi kerak. Tomson modeliga asosan atomni massasi uning butun hajmi bo'ylab joylashgan. Atomni atrofida va ichida kuchli elektr maydoni yuzaga kelmaydi

2). Rezerford modeli. Atomning planetar yadroviy modeli.
Tomson modelini to'g'ri-noto'g'riligini isbotlash maqsadida 1911-yilda E. Rezerford α - zarrachalar (α - zarrachalar ikki marta ionlashgan gelliy atomidir) bilan yupqa oltin plastinkasini (folgani) bombardimon qiladi. Bunda α -zarrachalar oltin plastinkadan turli burchaklarga sochiladi. Sochilgan α -zarrachalar ichida 180° ga sochilganlari ham bo'ldi. Mana shu sochilishlarni tadqiq qilgan E. Rezerford quyidagi xulosalarga keladi.

α – zarrachalarini bunday burchaklarga sochilishi uchun atom atrofida va asosan ichida kuchli elektr maydon bo'lishi kerak:

α – zarrachalarni bunday burchaklarga sochilishi uchun atomni massasi uning butun hajmi bo'lab tarqalgan emas, balki uning massasi asosan biror-bir kichik hajmda to'plangan bo'lishi kerak va bu hajm musbat zaryadga ega bo'lishi kerak.

Shu xulosalarga asoslanib Rezerford atomning planetar modelini kashf etdi va Tomson modeli noto'g'ri ekanligini isbot qildi. Bu modelga asosan atom markazida musbat yadro va bu yadroning atrofida, Quyosh atrofidagi planetalar aylanishiga o'xshash, manfiy zaryadlangan elektronlar aylanadi, bu modelga misol vodorod atomidir. Vodorod atomi esa sodda atom, uning yadrosida bitta proton bor. Atomning qariyb hamma massasi yadroda joylashgan.

Sababi elektron massasi proton massasining, ya'ni vodorod atomi

1

yadrosi massasining ----- ulushini tashkil qilib, moddaning
1840

massasiga deyarli ta'sir etmaydi. Atom elektroneytral zarrachadir, chunki atomda qancha proton bo'lsa shuncha elektron ham bor, ya'ni yadroning zaryadi elektronlarning to'la zaryadiga teng.

Demak, vodorod atomi misolida Rezerford modeliga asosan atom yadrosi atrofida elektronlar berk orbita bo'yicha harakat qilar ekan. Agar elektronning bu holda tezlanish bilan harakat qilishini hisobga olsak, u klassik elektrodinamikaga asosan nur chiqarib yadroga tushishi kerak. Lekin amalda bu ro'y bermaydi.

Ikkinchidan elektronning klassik radiusi $r \sim 2,8 \times 10^{-17}$ desak elektron bilan vodorod yadrosining ta'sirini nuqtaviy zaryadlar deb qarash mumkin va uning energiyasi

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} = m_0 c^2 \quad (1)$$

formula bilan ifodalanadi. Bu formulada e – elektronning zaryadi, c – yorug'likning vakuumdagi tezligi, m_0 – elektronning tinchlikdagi massasi. Bu holda r_0 har qanday uzluksiz qiymatlarga ega bo'lardi va vodorod atomi o'zidan tutash spektrlar chiqargan bo'lardi. Lekin Belmer – Ridberg xulosalariga asosan, uyg'ongan vodorod atomlari diskret – chiziqlik speakrlarga ega.

Bor Rezerfordning atom modelini kamchiliklarini hisobga olib, plankning elektromagnit nurlanishlar diskret porsiyalarda ro'y berishi haqidagi g'oyasini hisobga olgan holda atomlarning o'zidan nur chiqarish va yutishini o'zining quyidagi uchta postulati yordamida tushuntirib berdi.

Bor postulatlari:

1. Elektronlar yadro atrofida ma'lum stasionar orbitalarda aylanib, bu orbitalarga $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ uzlukli, diskret qiymatli energiyalar to'g'ri keladi. Elektron stansionar orbitalarda anylanganda, atom tashqariga energiya chiqarmaydi. Shuning uchun hamda bu atomlarning stansionar holati deyiladi.
2. Elektronlar stansionar orbitalarda uzlukli (kvantlangan) impuls momentiga ega bo'ladi.

$$m_0vr = n \frac{h}{2\pi}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Bu formulada m_0 - elektronning tinchlikdagi massasi, V – uning tezligi, r – orbita radiusi, h – Plank doimiysi, $n=1,2,3 \dots$ – butun sonlarga teng bo'lib, orbitalar tartibini xarakterlaydi.

3. Elektron bir stansionar orbitadan ikkinchi stansionar orbitaga o'tganda atomda yoki energiya nurlanib chiqadi (elektron yuqori orbitadan quyi orbitaga o'tganda), yoki energiya yutiladi (elektron quyi orbitadan yuqori orbitaga o'tganda) Afralgan yoki yutilgan energiya porsiyasi kvant – foton ko'rinishida bo'lib, uning energiyasi:

$$h\nu = E_m - E_n \quad (3)$$

bo'ladi, bunda ν – yorug'lik chastotasi, E_m va E_n - elektronlarning m va n – orbitalardagi energiyalari.

Bor gipotezalari klassik fizika qonuniyatlariga ziddir, chunki uning qonuniyatlariga asosan jismlar bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda chiqarilgan va yutilgan energiya uzluqli bo'lmay, uzluksiz bo'ladi.

Stansionar orbitatalardagi elektronlar energiyasi va bu energiya kvant soni n ga, orbita radiusiga bog'likligini vodorod atomi misolida ko'rish mumkin.

Vodorod atomi. Vodorod atomiga o'xshash atomlarda zaryad miqdori Ze (Z – zaryadlar soni yoki atomlarning davriy sistemadagi tartib nomeri) bo'lgan yadro atrofida aylanma orbita bo'ylab elektron harakat qiladi.

Elektronning atomdagi energiya quyidagilardan tashkil topadi:

a) elektronning orbita bo'ylab kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{m_0v^2}{2};$$

b) yadroning potensial maydonida elektronning potensial energiyasi

$$E_n = - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Bu formulalarda ϵ_0 vakuumning absolyut dielektrik singdiruvchanligi, r – orbita radiusi v , demak, elektronning atomdagi to'la energiyasining matematik ifodasi:

$$E = E_k + E_n = \frac{m_0 v^2}{2} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (4)$$

Elektron yadro atrofida aylanganda markazga intilma kuch $m_0 v^2$

----- zaryadlarga yadrodan ta'sir etuvchi kulon kuchi

$$\frac{r}{Ze^2} \text{-----} \text{ bir-biriga tenglashadi, ya'ni } \frac{m_0 v^2}{r} = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (4')$$

Shu sababli

$$\frac{m_0 v^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (4'')$$

tenglikni yoza olamiz. Bu formuladan ko'rinib turibdiki, elektronning kinetik energiyasi orbita radiusiga teskari proporsional ekan. (2) va (3) lardan elektronning to'la energiyasi:

$$E = \frac{1}{2} \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = - \frac{1}{2} \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (4''')$$

Bu formuladan orbita radiusi qancha katta bo'lsa, atomning to'la energiyasi ham shuncha katta bo'lishi ko'rinadi. Shu sababli uyg'ongan atomning energiyasi uyg'onmagan atomnikiga qaraganda kattaroq bo'ladi.

(1) va (3) formulalardan elektron orbitasi radiusini topamiz:

$$r = h^2 n^2 \frac{\epsilon_0}{\pi m_0 Z e^2} \quad (5)$$

Bu formulaga ma'lum bo'lgan qiymatlarni ($h, \epsilon_0, \pi, m_0, Z, e$) qo'yib chiqib $n=1, 2, 3, \dots$ qiymatlar uchun elektron stasionar orbitalarini topamiz:

$$r_1 = a_0 = \frac{h^2}{2\pi} \frac{\epsilon_0}{m_0 e^2} = 0,528 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

bu birinchi Bor orbitasining radiusi deyiladi. Qolgan radiuslar

$$r_n = n^2 r_1$$

ifodadan topiladi.

(5) va (6) dan radius qiymatini qo'yib, orbitalarga to'g'ri keluvchi (ya'ni $n=1, 2, \dots$ ga to'g'ri keluvchi) energiya uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$E = - \frac{m_0 Z^2 e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (6)$$

m va n orbitalar uchun Borning 3- postulatini hisobga olib, (3) ni

$$E = \frac{m_0 Z^2 e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \quad (6')$$

ko'rinishda yozamiz.

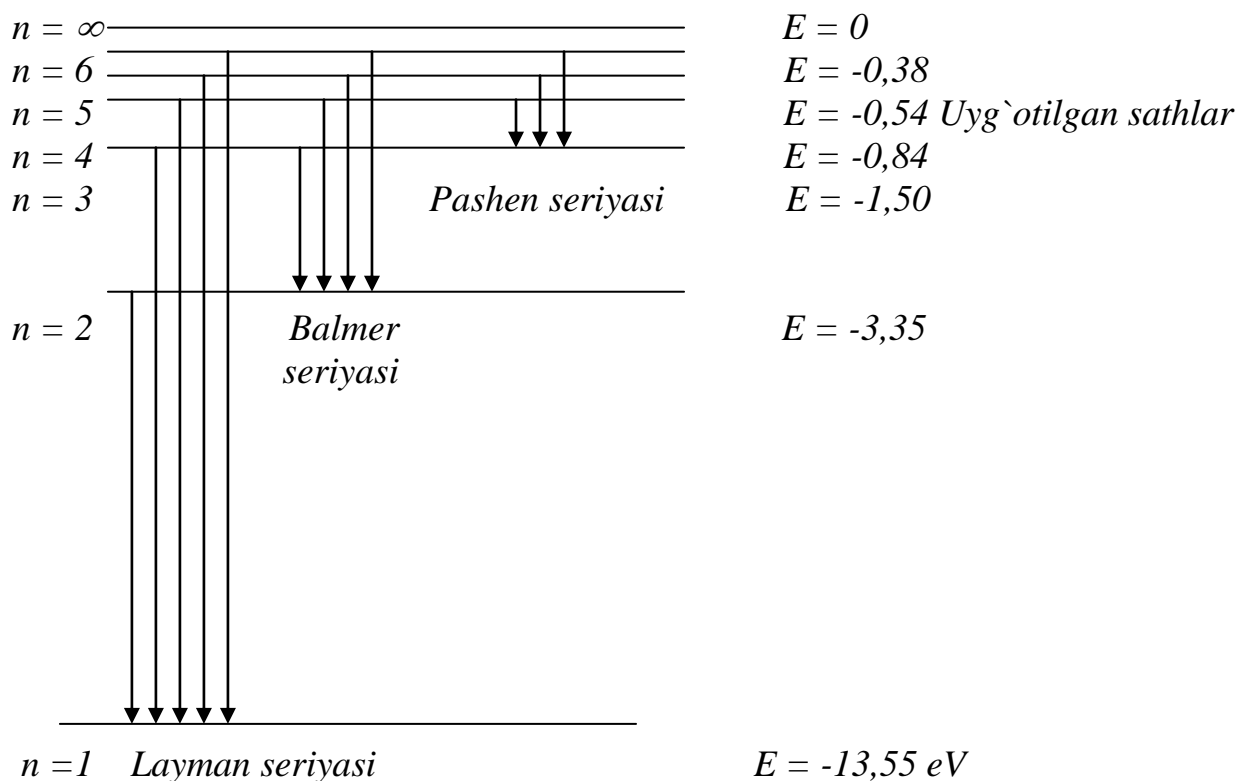
$$R = \frac{m_0 e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

belgilash kiritib, vodorod atomi ($Z = 1$) uchun (6) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\nu = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (6'')$$

bunda R – o'zgarmas kattalik bo'lib, spektral analizdagi Ridbert doimiysiga

teng, shu sababli R ni Ridbert doimiysi deb ataymiz. Bu formula vodorod atomi spektrining qonuniyatlarini kuzatishga va vodorod atomining energetik sathlari sxemasini tuzishga imkon beradi. (1-rasm)



Gorizontal chizmalarda energetik sathlari keltirilgan, n shu sathlar nomeri. Energiya hisoblashning boshlang'ich nuqtasi deb $n = 1$ olinib, bu energiya eng minimal energiyaga to'g'ri keladi. $n = \infty$ sathga, $E=0$ energiya to'g'ri keladi, bu

energiya erkin elektron energiyasi bo'lib, elektronning atomdagi maksimal energiyasidir. Vertikal chiziqlar elektronlarning yuqori energetik sathlaridan quyi energetik sathga energiya nurlantirib o'tishini ko'rsatadi. Bu nurlanish spektrda quyidagi seriyalar kuzatiladi:

$n > 1$ sathdan $n = 1$ sathga o'tsa, Layman seriyasi; $n > 2$ sathdan $n = 2$ sathga o'tsa, Balmer seriyasi; $n > 3$ sathdan $n = 3$ sathga o'tsa, Pashen seriyasi va xokazo.

Elektronlari $n > 1$ sathga bo'lgan atomning holati turg'un emas, qandaydir $\tau \sim 10^{-8}$ c vaqtdan so'ng elektron albatta $n = 1$ sathga $h\nu$ energiyali foton nurlantirib o'tadi. Lekin quyi energetik sathdan (masalan, $n = 1$ dan) yuqori $n > 1$ sathlarga elektron o'z-o'zidan o'tmaydi. Bu o'tish amalga oshishi uchun albatta energiya yutilishi kerak. Demak, quyi energetik sathlar turg'un energetik sathlardir.

Normal holatda (atom uyg'ongan holatda) hamma atomlar turg'un holatda bo'ladi. Ma'lum energiya sarflabgina atomni uyg'otish mumkin, ya'ni elektronni quyi energetik sathdan yuqori energetik sathga ko'tarish mumkin. Masalan, vodorod atomida elektronni $n = 1$ sathdan $n = 2$ sathga chiqarish uchun $10.17 \text{ eV} = 16,27 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ energiya sarf qilish kerak. Elektronni $n = 1$ sathdan $n \approx \infty$ sathga (vakuumga) chiqarish uchun atomni ionlashtirish kerak, demak, $13,6 \text{ eV} = 2,18 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ energiya sarflash kerak.

Bor nazariyasining o'ziga xos kamchiliklari ham mavjud. Bor nazariyasi izchil xarakterga ega emas. Masalan, Bor gipotezalari kvant xarakterga egadir, lekin atsionar elektron orbitalar klassik maxanika va elektrodinamika metodlari bilan aniqlanadi. Shu sababli Bor nazariyasi faqat bir valentli atomlar uchun qo'llaniladi, chunki klassik mexanikada faqat ikkita jismning o'zaro ta'sir qilish masalasi yechimga ega. Bundan tashqari Bor nazariyasi spektral chiziqlar intensivligini hisoblashga imkon bermaydi. Borning stasionar orbitalari

mantiqiy asoslanmagan bo'lib, faqat eng muvaffaqiyatli farazgina, xolos.

Bor nazariyasi nemis olimi L. Zommerfeld tomonidan mukammallashtirilgan. Bu nazariyada Bor orbitalari aylana emas, balki ellips shakliga ega ekanligi ko'rsatiladi. Bu esa Bor nazariyasi masalasini ko'p jismlar (ko'p atomlar) masalasiga aylantirishga imkon berdi. Lekin zarrachalarning to'lqin xususiyatiga ega ekanliklari va kvant mexanikasining vujudga kelishi atom, elektron, orbita tushunchalarini ancha mukammallashtirdi va prinsipial yangi nuqtai nazarlarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi.

Zarrachalarning to'lqin nazariyasi. Lui de Broyl to'lqinlari.

Yorug'lik ham to'lqin, ham zarracha xususiyatiga ega. Masalan, interferensiya va difraksiya hodisalarida yorug'likning ko'proq to'lqin xususiyati namoyon bo'ladi, fotoeffekt, yorug'likning moddalar bilan o'zaro ta'sirida ko'proq yorug'likni korpuskulyar xususiyati ko'proq uning korpuskulyar xususiyati kuchayadi. Xuddi shu kabi zarrachalar ham korpuskulyar-to'lqin xususiyatiga egadir. Fransuz olimi Lui de Broyl yorug'likning korpuskulyar-to'lqin tassavurini mikrozarachalarga tatbiq qildi va mikrozarachalar to'lqin uzunligi:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_0 v} \quad (7)$$

formula bilan ifodalashni 1927-yilda taklif qildi. Bu formulada h – Plank doimiysi, m_0 – mikrozarachaning tinchlikdagi massasi, v – tezligi, p – impuls. Lui de-Broylning bu gipotezasi o'sha paytda fiziklar orasida hayron qolarlik tuyg'usini uyg'otdi. Formula yorug'likning korpuskulyar – to'lqin tasavvuri asosida kelib chiqqan tushunchalardir. Masalan, korpuskulyar tasavvurga asosan yorug'likning

energiyasi $E = mc^2$ impulsi $p = mc$, yorug'lik fotoni energiyasi esa $E = h\nu$ (to'lqin

nazariyasiga asosan $\lambda = \frac{c}{\nu}$) bu ifodalardan:

$$p = mc = \frac{mc^2}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \text{ yoki } \lambda = \frac{h}{p} \quad (7')$$

Borning II postulatiga asosan elektronning impuls momenti

$$m_0vr = \frac{nh}{2\pi}$$

formulaga asosan $n\lambda = 2\pi r$

Demak, Bor stasionar orbitasi uzunligi birligiga butun songa ega bo'lgan to'lqin uzunligi joylashishi kerak. Bu degan so'z, Bor stasionar orbitasi fizik mohiyatga ega bo'lgan kattalik ekanligini ko'rsatadi: Bor orbitasi – bu elektron turg'un to'lqin hosil bo'ladigan orbitadir.

Zarrachalarning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi uchun de Broyl

$$i \left(\omega t - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \varphi = \varphi_0 e \quad (8)$$

funksiyani kiritdi va bu funksiya yorug'lik to'lqini tarqalishining

tenglamasiga o'xshash ravishda tuzilgan. Bu formulada

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

x - kordinata, φ_0 - to'lqinning maksimal amplitudasidir. (1) va (3) tenglamalar bilan ifodalangan to'lqinlarga de Broyl to'lqinlari deyiladi. Shunday qilib, de Broyl to'lqinlari erkin elektronlar uchun yuguruvchi to'lqinlar, atomlarga mustahkamlangan elektronlar uchun esa turg'un to'lqinlardir.

Lui de Broylning gipotezasiga asosan barcha mikrozarachalar: elektronlar, protonlar, neytronlar, atomlar, molekulalar, barchasi to'lqin uzunligiga ega. Lekin katta massali obyektlarda to'lqin uzunligi juda kichik bo'ladi. Umuman olganda mikrozarachalar to'lqin uzunligi taxminan atom o'lchamiga teng. Shu sababli mikrozarachalar asosan kristallardan o'tganda yoki qaytganda difraksiya hodisasini beradi.

Mikrozarrachalar, aynan elektronlarning to'lqin xususiyatiga ega ekanligi 1911-yilda Laue tomonidan tajribada, kristallarda elektronlar difraksiyasi hodisasini kuzatishda kashf etildi. Hozirgi paytda elektronlarning to'lqin xususiyatiga egaligi elektron mikroskoplari yasashda va kristall jismlar strukturasi o'rganishda keng qo'llanilmoqda.