

## YADRONING TUZILISHI, XUSUSIYATLARI O'LCHAMI VA ZICHLIGI

Hakimova Sharofat Hamzayevna

Atom yadrosi ikki xil zarra – proton va neytronlardan iboratdir. Proton massasi taxminan ( $m_p$ ), neytron massasi ( $m_n$ ) ga teng, elektron massasi ( $m_e$ ) dan ~2000 marta katta:

$$m_p = 1836,15 m_e = 1,67265 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

$$m_n = 1838,68 m_e = 1,67495 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

Proton musbat zaryadli, zaryad miqdori elektron zaryadiga teng, ammo ishorasi qarama-qarshi. Neytron zaryadsiz neytral zarra. Proton va neytronlar xususiy momentga, spinga ega  $S=1/2$ . Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunuvchi fermionlardir. Atom fizikasidan ma'lumki, zaryadli, massali elektron mexanik momentga ega bo'lish bilan bir vaqtda magnit momentga ham ega bo'lish kerak.

$$\mu_p = \frac{eh}{2m_e c} = 9,27 \cdot 10^{-21} \text{ erg / gs} \quad (\text{Bor magnetoni})$$

Protonning ham spini elektron zaryadi va spiniga teng, massasi esa katta bo'lgani uchun magnit momenti

$$\mu_B = \frac{eh}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ erg / gs} \quad (\text{yadro magnetoni}) \text{ ga teng bo'lishi kerak edi.}$$

$$\mu_B = 1836,1 \mu_{yam}$$

Lekin proton magnit momenti kutilgan qiymatdan ( $1\mu_{yam}$ ) dan katta  $2,79 \mu_{yam}$  ekanligini ko'rsatadi. Neytron ham neytral zarra bo'lishiga qaramasdan, magnit momentga ega ekan. Neytron magnit momenti  $\mu_n = -1,91 \mu_{yam}$ . Magnit momentining ishorasi manfiyligi spin yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda ekanligini bildiradi. Proton va neytronlarning magnit momentlarining boshqacha bo'lishligi bu zarralarning murakkab tuzilishga ega ekanligini ko'rsatadi. Proton va neytronlarning magnit momentlarini proton va neytronlar markazlarida yalong'och proton (neytron) va atrofida mezon buluti bor, bular bir-birlariga uzviy almashinib turadilar deyilsa tushunarli bo'ladi. Atom yadrosi proton va neytrondan tashkil topganligi aniqlangan, protonlar soni  $Z$  va neytronlar soni  $N$  birgalikda massa soni  $A$  deb atala boshlandi.  $A=Z+N$ . Barcha yadroviy reaksiyalarda massa soni saqlanadi. Bunga nuklonlar yoki barion soni saqlanishi deb ham ataladi.

Masalan:  ${}_Z^A X$  -  $X$  - ximiyaviy belgisi,

$A$  - atom massa soni,

$Z$  - yadro zaryadi

${}_2^4 He, {}_8^{16} O, {}_{92}^{235} U$  - Geliyning massa soni 4, zaryadi 2, neytronlar soni 2 ga, kislorodning massa soni 16, zaryadi 8, neytronlar soni 8 ga va uranning massa soni 235, zaryadi 92, neytronlar soni 143 ga teng. Massa soni, massa atom birligida hisoblangan yadro

massasidan ~1% largacha farq qilishi mumkin. Atom yadrosining yana muhim xususiyati zaryaddir. Yadro zaryadi yadroni tashkil etgan zarralar zaryadlari yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Yadro proton va neytronlardan iborat ekan, neytron zaryadsiz – neytral zarra. U holda yadro zaryadi protonlar zaryadlari yig'indisiga teng bo'ladi. Proton zaryadi musbat miqdor jihatdan elektron zaryadiga teng:  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl. Shunday qilib, tartib nomeri Z bo'lgan biror element atomining yadrosi  $Z_e$  zaryadga ega.

M:  ${}^1_1H$  - vodorod yadrosi uchun  $Z=1$  zaryad miqdori  $+e$ ,

${}^4_2He$  - geliy yadrosi uchun  $Z=2$  zaryad miqdori  $+2e$ ,

${}^{16}_8O$  - kislorod yadrosi uchun  $Z=8$  zaryad miqdori  $+8e$ ,

${}^{235}_{92}U$  - uran yadrosi uchun  $Z=92$  zar Yadro o'lchami – yadroning mavjudlik sohasi

yoki yadro kuchlarining ta'sir sferasidir. Yadro o'lchami (radiusi)  $R \sim 10^{-15}$  m bo'lib, atom radiusidan  $10^5$  marotabalar kichikdir. Yadro o'lchamini tajribada aniqlashning ko'pgina usullari bor. Masalan, elektron va neytronlarning atom yadrosidan sochilishiga ko'ra, undan tashqari yadro radiusini «ko'zgu» yadrolarga, protonlarning elektrostatik ta'sir energiyasini o'rganish,  $\mu$ -mezonlar rentgen nurlanishni o'rganish va alfa radioaktiv yadrolarning yemirilish qonunini o'rganish yo'li bilan ham aniqlash mumkin. Yuqorida sanab o'tilgan usullar yadroviy kuchning o'zaro ta'sir sohasini yoki elektromagnit o'zaro ta'sir sohasini aniqlashga asoslangan. Turli usullar yadro taxminan shar shaklida ekanligi va aniq chegaraga ega ekanligini hamda radiusi massa soniga bog'liq ravishda oshib borishligini ko'rsatadi.

$$R=R_0A^{1/3} \quad (1.9)$$

Bu yerda  $R_0$  – doimiy kattalik bo'lib, uning qiymati yadro radiusini aniqlash usuliga bog'liq ravishda (1,2÷1,4) F. (1 Fermi= $10^{13}$ sm).

Tez neytronlarning sochilishiga oid tajribalardan  $R_0=1,4F$ ,  $\alpha$ - parchalanish natijalarini  $R_0=1,3$  F, zaryadli zarralar ta'sirida bo'ladigan yadro reaksiyalari natijalarga ko'ra  $R_0=1,6$  F. ifodadan yadroni shar shaklida deb qarab, hajm birligidagi zarralar sonini topamiz.

$$n = \frac{A}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{3}{4\pi R_0^3} = \frac{3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-39} \text{sm}^3} \approx 10^{38} \frac{\text{nuklon}}{\text{sm}^3}$$

Yadro zichligi hajm birligidagi nuklonlar massasi  $m_N$

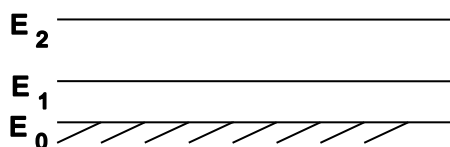
$$\rho = nm_N = 10^{38} \frac{\text{nuklon}}{\text{sm}^3} \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{g} = 10^{14} \frac{\text{g}}{\text{sm}^3} = 100 \cdot 10^6 \frac{\text{t}}{\text{sm}^3}$$

Nuklonlar orasidagi masofa

$$\delta = \sqrt{\frac{V}{A}} = \sqrt{\frac{4\pi R^3}{3A}} = \sqrt{\frac{4\pi_0^3 A}{3A}} = \sqrt{\frac{4\pi}{3}} \cdot R_0 = 2,3 \cdot 10^{-13} \text{sm}$$

zaryad miqdori  $+92e$  ga teng. Yadro zaryadi yadroda protonlar sonini xarakterlaydi, lekin yadroda zaryad taqsimotini anglatmaydi. Yadro zaryadi yadrodagi protonlar soniga yoki Mendeleevning elementlar davriy sistemasidagi elementning

tartib raqamiga teng. Atom yadrosi nuklonlardan iborat murakkab sistema bo'lgani uchun uning energiyasi nuklonlar ichki harakat energiyasi bilan belgilanadi. Nuklonlar ichki harakat energiyasi qancha katta bo'lsa, shuncha tinch holat massasi  $m_0 = E/c^2$  katta bo'ladi. Yadro asosiy tinch holatida massaning va energiyaning eng minimal qiymatiga mos keladi. Ya'ni nuklonlar harakatining minimum harakati (chastotasi) asosiy holat deyiladi. Yadro tashqaridan energiya qabul qilsa, energiyasi oshadi, yadro diskret uyg'ongan  $E_1, E_2, \dots$ , holatlarga o'tadi, mos ravishda massasi ham  $\Delta m = E_1/c^2$  ga oshadi. (1.3-rasm).



energiya (0) yadro asosiy holati,  $E_1, E_2$  lar uyg'ongan holat energiyalari. Har bir yadro o'ziga xos uyg'onish energiyalariga ega bo'ladilar, yadroning uyg'onish energiyasi qanday yo'l bilan uyg'onishiga bog'liq emas. Barcha yadro jarayonlarida energiya saqlanishi ro'y beradi. Atom massalarining aniq qiymati mass-spektrometrik qurilmasi yordamida tajribada aniqlanadi. Mass-spektrometrlarning har xil turlari mavjud. Odatda musbat zaryadlangan ionlar zaryadining ularning massasiga bo'lgan nisbati  $e/m$ , magnit va elektr maydonlarning umumiy ta'siri natijasida ionlar dastasining og'ish kattaligi orqali aniqlanadilar.

Atom yadrolari massasini boshqa usullarda ham yuqori aniqlikda o'lchash mumkin. Masalan, yadroviy reaksiyalar, radioaktiv yemirilishlarda energiya balansini tahlil qilishlik va radiospektroskopik, mikroto'lqin va boshqa usullar bilan. Yadrodagi nuklonlar miqdorlariga qarab izotop, izobar, izoton, ko'zguli yadrolar deb ataladilar. Bir xil zaryadga ( $Ze$ ) ya'ni bir xil sonli protonga, ammo har xil massa soniga  $A$  ega bo'lgan yadrolarga izotoplar deb ataladi. Yadro bog'lanish kuchlari tufayli  $A$  nuklondan, ya'ni  $Z$ -proton va  $N=A-Z$  neytrondan tashkil topgan sistemadan iborat. Agar yadroni uni tashkil qiluvchi nuklonlarga ajratmoqchi bo'lsak, bog'lash kuchining ta'siriga qarshi ish bajarish kerak. Bu ishning kattaligi bog'lanish energiyasi yoki yadro barqarorligining o'lchamidir. Bog'lanish energiyasi – nuklonlarga kinetik energiya bermasdan nuklonlar orasidagi bog'lanishni (o'zaro aloqani) uzish uchun kerak bo'lgan energiyaga aytiladi. Bu energiyani yadrodagi nuklonlarning o'zaro ta'sir (yadro kuchlar) qonuniyati hozircha noma'lum bo'lsa ham, energiyaning saqlanish qonuni va nisbiylik nazariyasining massa bilan energiyani bog'laydigan  $E=mc^2$  ifodasidan topish mumkin. Yadro o'zaro ta'sir kuchining xususiyatlarini o'rganish shuni ko'rsatadiki, nuklonlarning o'zaro yadroviy ta'siri zaryadga bog'liq bo'lmas ekan, ya'ni proton bilan proton, proton bilan neytron va neytron bilan neytron orasidagi yadroviy o'zaro ta'sir bir xil bo'lar ekan. Bundan tashqari neytron va protonlar massalari bir-birlariga yaqin, spinlari teng, bir xil statistikaga bo'ysunadi, nuklonlar yadro ichida bir-birlariga o'tib turadilar. Ko'zguli yadrolarning spin, juftliklari, uyg'onish energiyalari deyarlik bir xil. Aytilganlardan, proton va neytron elektromagnit o'zaro ta'sir aniqligida aynan

o'xshash zarralar ekanligi kelib chiqadi. Shuning uchun ham ular nuklon degan umumiy nom bilan ataladi. Nuklonlarning ta'sirlashuvi zaryadga bog'liq bo'lmasligi yana qo'shimcha erkinlik darajasiga ega ekanligini ko'rsatadi. Ya'ni yadro kuchlar maydonida aynan bir xil zarra (nuklon) bo'lishi mumkin, zaryadli (proton) yoki zaryadsiz (neytron) ko'rinishida. Agar yadro ta'sirlashuvida elektromagnit ta'sirlashuvni inobatga olmasak protonni neytrondan farq qilib bo'lmaydi. U holda ikki zaryad holatdagi dublet deb qarash mumkin. Nuklonlarning zaryad holatini xarakterlash uchun Geyzenberg tomonidan izotopik spin kvant sonini kiritildi. Izotopik spin  $T$  qandaydir izotopik fazada deb qaraladi. Bu kvant soni ham orbital va spin kvant sonlari kabi  $N=2T+1$  qiymatga ega bo'ladi. Izotopik fazada zarra hamma vaqt koordinata boshida, zarra aylanishi Nuklonlar ta'sirlashuvlari S-holatda kechayotgan bo'lsin: u holda to'lqin funktsiyalari antisimmetrik bo'ladi. 1) p-p-ta'sirlashuvda  $T=1$ ,  $1=0$ ,  $S=0$ . Izotopik spin to'lqin funktsiyasi simmetrik, chunki  $T=1$ ga teng,  $1=0$  bo'lgani uchun koordinata funktsiyasi ham simmetrik, spin funktsiyasi  $S=0$  bo'lgani uchun antisimmetrik ikkita bir xil proton s-holatda spinlari parallel holda bo'la olmaydi, albatta antiparallel bo'lishi kerak. Demak,  $\psi_1 \rightarrow \psi_1 (1=0)$ ,  $\psi_s \rightarrow -\psi_s (s=0)$ ,  $\psi_\tau \rightarrow \psi_\tau (T=1)$   $(-1)^{1+S+T} = (-1)^{0+0+1} = -1$ .

n-n-ta'sirlashuv ham p-p-ta'sirlashuv kabi bo'ladi.

2) Xuddi shuningdek, n-p ta'sirlashuvda ( $T=1$ ,  $1=0$ ,  $S=0$ ) izotopik spin funktsiyasi simmetrik, chunki n, p lar uchun  $T=1/2$  o'rin almashtirish bilan T-o'zgarmaydi, spinlari antiparallel holatda, shuning uchun spin to'lqin funktsiyasi antisimmetrik bo'ladi. Shunday qilib,  $\psi_1 \rightarrow \psi_1 (1=0)$  – simmetrik,  $\psi_s \rightarrow -\psi_s (s=0)$  –antisimmetrik,  $\psi_\tau \rightarrow \psi_\tau (T=1)$  simmetrik bo'ladi.

$$(-1)^{1+S+T} = (-1)^{0+0+1} = -1.$$

3) n-p – ta'sirlashuv spinlari bir xil yo'nalgan  $T=0$ ;  $1=0$ ;  $S=1$ , u holda

$(-1)^{1+S+T} = (-1)^{0+1+0} = -1$ . Yuqoridagilardan ko'rinish turibdiki, S-holatda (izotopik spin kvant sonini inobatga olinganda) istalgan ikkita nuklon ta'sirlashuv to'lqin funktsiyalari antisimmetrik Pauli tamoyilini qanoatlantiradi. mumkin, lekin ilgari harakat qilmaydi Hozirgi vaqtda tajriba natijalariga ko'ra yadro kuchlarining quyidagi xususiyatlari aniqlangan:

1) Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi eng kuchli ta'sir etuvchi kuchdir. Yadrodagi bir nuklonga to'g'ri keluvchi o'rtacha bog'lanish energiya qiymati 8 MeV. Taqqoslash uchun vodorod atomida elektronning bog'lanish energiyasi 13,6 eV. Yadroni hosil qilib turgan yadro kuchlari nuklonni 8 MeV energiya bilan elektrostatik kuchlar esa atom elektronni 13,6 eV energiya bilan bog'lab turibdi, ya'ni

$$8 \text{ MeV} - 10^{-3} mc^2$$

$$13 \text{ eV} - 10^{-5} mc^2 \quad \text{Bundan} \quad \frac{10^{-3}}{10^{-5}} = 10^2 \quad \text{kelib chiqadi.}$$

Yadro kuchlari elektrostatik kuchlarga nisbatan yuz marotaba katta ekanligi kelib chiqadi.

Yadroviy kuchlar 1

Elektromagnit kuchlar	$-10^{-2}$
Kuchsiz kuchlar	$-10^{-14}$
Gravitatsion kuchlar	$-10^{-36}$ marta katta.

2) Yadroviy kuch qisqa radiusli o'zaro ta'sirdan iborat. Ta'sir radiusining tartibi  $\sim 10^{-13}$  sm. Bu xususiyati alfa-zarralarning sochilishidan va deytron xususiyatlaridan ko'rinadi.

3) Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi o'zaro ta'sirlashuvchi nuklonlarning spin yo'nalishiga bog'liq. Bu xususiyati nuklonlarning para va ortovodorod molekulalaridan sochilishdan hamda nuklonlar sochilishida virtual va bog'langan holatlar mavjudligidan ko'rinadi.

4) Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi markaziy emas, tenzor xususiyatga ega. Bu xususiyati deytronning kvadrupol momentga ega ekanligidan ko'rinadi.

5) Yadroviy kuchlar almashinuv xarakteriga ega. Bu xususiyati n-p ta'sirlashuvda ko'rinadi. Nuklonlar ta'sirlashuvda o'zaro spin proektsiyalarini, zaryadi hamda koordinatalarini almashadilar.

6) Yadroviy kuchlar zaryadga bog'liq emas. Bu xususiyati ko'zguli yadrolarning xususiyati hamda (p-p), (p-n), (n-n) sochilish natijalarining bir xil bo'lishligidan ko'rinadi.

7) Ta'sirlashuvchi nuklonlar orasidagi masofa  $10^{-13}$  sm ga yaqin bo'lganda yadroviy o'zaro ta'sir kuchi tortishish xarakteriga ega, undan kichik masofalarda u itarish kuchiga aylanadi. Yadro kuchlarining tortishish xususiyati yadroning mavjudligidan ko'rinsa, itaruvchi xususiyati (p-p) lardan yuqori energiyalarda sochilishda namoyon bo'ladi.

8) Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi to'yinish xarakteriga ega. Bu xususiyati yadroning o'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi 8 MeV o'zgarmas yadro radiusiga bog'liq emas. Bu xususiyatga ega bo'lishligi yadroviy kuchning almashinuv xarakteri va kichik masofalarda itarishish kuchi sababli tushuntiriladi.

9) Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi ta'sirlashuvchi nuklonlarning tezligiga bog'liq. Bu xususiyati yaxshi o'rganilmagan. Buning uchun bir necha nuklonlarni katta tezlikda tezashtirib ta'sirlashtirish lozim.

Yadro kuchlarining yuqorida bayon etilgan va boshqa xususiyatlarini tushuntirish uchun yadro kuchlar nazariyasi bo'lishi kerak. Lekin yadro kuchlari ta'sirlashuvchi murakkab xususiyatga ega bo'lganligi sababli yagona nazariya yaratilgan emas.