

ISOTOPIC SPATIAL FORMALISM IN EXPLAINING THE NATURE OF NUCLEAR FORCES. ISOTOPIC SPACE AND ISOTOPIC SPIN

R.V. Kasimjonov-senior teacher of the Kokand State Pedagogical Institute

r.qosimjonov88@mail.ru

Annotation

This article is devoted to isotopic spatial formalism as well as isotopic space and isotopic spin in explaining the nature of nuclear forces. This article refers to isotopic space formalism, isotopic space and isotopic spin, the nature of nuclear forces.

Keywords: atomic nucleus, nuclear forces isotopic space, isotopic spin proton, neutron, electrostatic forces.

Yadro fizikasi bo'limini samarali o'qitishni ta'minlaydigan omillardan biri uning mavzularini o'qitish maqsadi va vositalarining o'zaro muvofiqlashuvi bo'lib, bo'limni o'qitish samaradorligining, binobarin, o'quv faoliyati natijasi uzluksiz oshib borishining yetakchi sharti hisoblanadi. Ta'lim maqsadiga muvofiq o'quv vositasini tanlash, qo'yilgan maqsadni aniqlab, undan unumli foydalanish, zarur bo'lganda o'quv maqsadlarini aniqlab qo'yish, yangi vositalarni tanlash yo'llari bilan natijaga erishiladi. Bulardan fizika ta'limida Yadro fizikasi bo'limini o'qitishning davrlarini o'rganish, ajratish uchun ta'lim natijasini Yadro fizikasi bo'limiga tadbqiq qilgan holda o'rganish zarur, degan xulosa kelib chiqadi.

Zarralarning xarakteristikalarini 3 o'lchovli fazo va vaqtning simmetrik xususiyatlari bilan birga ichki (yashirin) fazolarning simmetrik xususiyatlariga ham bog'liqligi bizga ma'lum. Bu yerda ichki (yashirin) fazo deganda biz bilgan odatdagi 3 o'lchovli fazodan boshqa, abstrakt fazo nazarda tutiladi va bunday fazolar fizik reallikni tushuntirish uchun kiritiladi. Shunday ichki (yashirin) fazolardan birinchisi - izotopik fazo bo'lib, bu tushuncha XX asrning 30-yillarida nemis fizigi V.Geyzenberg (1901-1976) tomonidan fanga kiritilgan. Bunga sabab

yadro kuchlarining yadroviy o‘zaro ta’sirda qatnashayotgan zarralar elektr zaryadiga bog‘liq emaslik xususiyatidir.

Birinchi, 1932 yili ingliz fizigi J.Chedvik (1891-1974) neytronni tajribada kashf etgandan keyin (neytronning mavjudligi uning ustozlari - ingliz fizigi E.Rezerford (1871-1937) tomonidan 1921 yilda bashorat qilingan edi) rus fizigi D.Ivanenko (1904-1994) va nemis fizigi V.Geyzenberg tomonidan atom yadrolarining proton va neytronlardan tuzilganligi to‘g‘risidagi g‘oya ilgari surildi. Bu g‘oyaga ko‘ra, musbat zaryadga ega protonlar hamda zaryadga ega bo‘lmagan (neytral) neytronlardan iborat yadrolarning umumiy zaryadi musbat bo‘lib, elektrostatika qonunlariga ko‘ra bunday yadro stabil bo‘lmasligi kerak (bu yerda protonlarning o‘zaro bir-biridan itarilishi natijasida ularning yadro ichida mavjud bo‘la olmasligi nazarda tutilmoqda). Bu dalil yadro kuchlarining (shu jumladan, kuchli o‘zaro ta’sirning) elektrostatik xarakterdagi kuchlar emasligiga birinchi ishora edi.

Ikkinchi, tez orada yadro kuchlariga nisbatan proton va neytron o‘zlarini mutlaqo bir xil tutishlari ma’lum bo‘ldi. Yadrolarda elektrostatik kuchlar asosiy kuch bo‘lmay, qisqa masofalarda ($\sim 10^{-15}$ m) o‘zini namoyon qiluvchi o‘ta intensiv va o‘ziga xos xususiyatga ega yadro kuchlari mavjudligi aniqlandi. Shu o‘rinda atom fizikasida elektr kuchlari asosiy o‘rinni egallashini eslatib o‘tish o‘rinlidir. Masalan, elektromagnit kuchlar sababli atom yadrosi bilan elektronlar o‘zaro bog‘lanib, atomlarni, atomlar birlashib esa molekulalarni hosil qilishini bilamiz. Yoki bo‘lmasa, biror atom yadrosiga bitta proton qo‘shilsa, bu atomning A – atom massa soni bir birlikka ortishi natijasida, dastlabki va hosil bo‘lgan atom xossalari bir biridan tubdan farq qiladi. Aksincha, agar atom yadrosiga yangi neytron qo‘shilsa, o‘sha atomning izotopi hosil bo‘ladi va dastlabki atom hamda uning izotopi xossalari o‘zgarmay, deyarli bir xilligicha qoladi. Shunday qilib, ikkita neytron $n - n$, proton-neytron $p - n$ va ikkita proton $p - p$ lar orasidagi yadro kuchlarining tengligi yadro kuchlarining yadroviy jarayonda qatnashayotgan zarralar elektr zaryadlariga bog‘liq

bo'lmashini ko'rsatdi. Bu esa nuklonlar (proton va neytronning umumiy nomlanishi) orasidagi kuchli o'zaro ta'sir (ya'ni yadro kuchlari) boshqa bir fundamental kattalikka bog'liq bo'lishi kerak degan fikrga olib keldi. Unga ko'ra, qandaydir ichki 3 o'lchovli Evklid fazosi mavjud bo'lib, bu fazo bizning odatdagi fazomizga hech qanday aloqasi yo'q. Bu ichki (yashirin) fazoga izotopik fazo deb nom berildi. Har bir nuklon bir vaqtning o'zida biz bilgan odatdagi fazoda va shu bilan birga ushbu izotopik fazoda mavjud bo'ladi. Izotopik fazoda barcha nuklonlar hamma vaqt koordinatalar boshida joylashgan hamda o'z o'qlari atrofida aylanma harakatda qatnashib, ilgariylanma harakat qila olishmaydi deb qaraldi. Shunga ko'ra, izotopik fazoda nuklonlar impuls va orbital momentga ega bo'lmay, balkim odatdagi fazodagi spinga o'xshash spin - harakat miqdori momentga ega bo'ladilar. Bu harakat miqdori momenti biz bilgan spinga hech qanday aloqasi bo'lmaganligi sababli boshqacha nom bilan, ya'ni izotopik spin deb nomlandi. Izotopik spin odatdagi spin kabi kvantlangan bo'ladi, ya'ni, diskret qiymatlar qabul qiladi. Izotopik spin izotopik invariantlik (yoki zaryad invariantlik) ni bayon qilish uchun kiritilgan fizik kattalikdir. Izotopik invariantlikning mohiyati yadro kuchlarining (umuman, kuchli o'zaro ta'sirning) izotopik fazodagi burilishlarga nisbatan invariantligini bildiradi. Boshqacha aytganda, yadroviy o'zaro ta'sirlarida (ya'ni kuchli o'zaro ta'sirlarda) izotopik spin saqlanuvchi kattalik hisoblanadi. Izotopik spin - T odatda musbat yarim kasr yoki butun songa teng bo'lishi, uning 3-o'qqa, ya'ni z - o'qqa proyeksiyasi $T_3(T_z)$ esa T dan $-T$ gacha bo'lgan qiymatlarni qabul qilishi mumkin deb hisoblanadi. $T = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \dots, T_3 = T, T - 1, \dots, -T$. T - izotopik spinga ega bo'lgan zarra izotopik fazoda $2T + 1$ holatga ega bo'lishi mumkin. Bu $2T + 1$ holatlar to'plami multiplet deb ataladi. Izospin proyeksiyalari T_3 turli qiymat qabul qilgan har bir holatga esa turli zarra mos keladi. Ammo izotopik fazoga nisbatan multipletga kirgan zarralarning barchasi shu fazoda turli orientatsiyaga ega bo'lgan aynan bir xil zarra hisoblanadi. Shu ma'noda proton va neytron ham bitta zarra bo'lmish nuklonning turlicha orientatsiyalangan holatlari hisoblanadi. Bu fikrni 1932 yilda V.Geyzenberg ilgari surgan edi. Unga ko'ra, faqat yadro kuchlari (kuchli o'zaro

ta'sir) mavjud bo'lganda edi, proton va neytron bir xil massaga ega bo'lardi. Elektromagnit o'zaro ta'sir izotopik invariantlikni buzadi va natijada ular massalari tajribada kuzatilgani kabi turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

Nuklonning izotopik spini $-T = \frac{1}{2}$ ga teng deb qabul qilingan. Shuning uchun nuklon izotopik fazoda $2T + 1 = 2$ ta holatga, ya'ni $T_3 = \frac{1}{2}$ (proton) va $T_3 = -\frac{1}{2}$ (neytron) holatlarga ega bo'lib, dublet -2 ta zarradan iborat multiplet hosil qiladi. Lekin odatdagi fazoda spini $S = \frac{1}{2}$ ga teng zarraning spin proyeksiyalari $S_z = \frac{1}{2}$ va $S_z = -\frac{1}{2}$ bo'lishi mumkinligi uning ikkita zarra emas, balkim, bitta zarraning ikki xil holati deb hisoblangani kabi izotopik fazodagi izospin proyeksiyalari $T_3 = \frac{1}{2}$ va $T_3 = -\frac{1}{2}$ bo'lgan holatlar ham (mos holda proton va neytronni tavsiflovchi yoki ifodalovchi) ikkita alohida zarra emas, balkim bitta zarra bo'lgan nuklonning ikki xil holati deb qaraladi. Xususan, izotopik fazoning y o'qi atrofida 180° ga bursak neytron protonga, proton esa neytronga aylanadi. Shu sababli ham proton-proton, proton-neutron va neytron-neutron orasidagi yadro kuchlari o'zaro tengdir. Shu o'rinda bu ichki (yashirin) izotopik fazoning 3 o'lchovlilik asosida \vec{T} – izospin vektorining qolgan T_x va T_y (yoki T_1 va T_2) tashkil etuvchilari qanday fizik manoga ega degan savol tug'ilishi mumkin.

Bu savolga javob: bu tashkil etuvchilar hech qanday o'lchanadigan fizik kattalik bilan bevosita bog'liq emas va shu sababli ham hech qanday ahamiyat kasb etmaydi. Izospinning uchinchi tashkil etuvchisi $T_z(T_3)$ esa bevosita zarraning elektr zaryadi bilan $q = e(T_3 + \frac{1}{2})$ formula orqali bog'langan. Shu sababli ham elektr zaryadining saqlanish qonunidan izospinning 3-tashkil etuvchisi $T_3 (T_z)$ ning har qanday o'zaro ta'sirda ham saqlanishi – saqlanuvchi kvant soni ekanligi kelib chiqadi.

Keyinchalik esa bu izospin formalizmining nafaqat proton, neytron va atom yadrolariga, balkim barcha kuchli o'zaro ta'sirda (yadro ta'sirlarida) qatnashuvchi zarralar – adronlarga xos ekanligi ma'lum bo'ldi. Shu sababli bu xususiyatga adron

o‘zaro ta’sir kuchlarining elektr zaryadga bog‘liqmaslik xususiyati ham deyiladi. Masalan, π – mezonlar uchun izospin $T = 1$ ga teng. Yuqorida qayd qilganimizga binoan, izospin fazoda bu mezonlar $2T + 1 = 3$ ta oriyentatsiyaga ega, ya’ni 3 ta zarradan iborat multiplet - triplet hosil qiladi. Izospin fazoda bu 3 holat bir xil zarra hisoblanadi. Izospin proyeksiyasi $T_3 (T_z)$ $-T$ dan $+T$ gacha bo‘lgan butun songa o‘zgaruvchi diskret $-1,0$ va $+1$ qiymatlarni qabul qilganligi sababli izospinning har bir oriyentatsiyasiga oddiy fazoda aniq bir zarra mos keladi: $T_3 = -1$ oriyentatsiya π^- – mezonni, $T_3 = 0$ π^0 – mezonni va $T_3 = +1$ oriyentatsiya esa mos ravishda π^+ – mezonni tavsiflaydi (ifodalaydi). Mezonlar uchun elektr zaryadining formulasi $q = eT_3$ ko‘rinishda bo‘ladi. Atom yadrosi fizikasida izospin ko‘pincha izobar spin deb ham ataladi va yuqoridagi kabi T harfi bilan belgilanadi (yadro fizikasida proton uchun $T_3 = \frac{1}{2}$, neytron uchun esa $T_3 = -\frac{1}{2}$ deb qabul qilingan). Zarralar fizikasida esa izospin $\vec{I}(I_1, I_2, I_3)$ – harfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, yadro kuchlarining bu ta’sirda qatnashayotgan zarralar elektr zaryadiga bog‘liq emasligi asosida kiritilgan izospin formalizmi – izotopik fazo va bu ta’sirda saqlanuvchi izotopik spin (izospin) bir qarashda abstrakt bo‘lib ko‘rinsa ham chuqur fizik mohiyatga ega. Har qanday yadro jarayonlarida (kuchli yadro ta’sirida) izospin saqlanadi. Masalan a – adron, A – yadro bilan ta’sirlashib b – adron va B – yadro hosil bo‘lsa, ya’ni $a + A \rightarrow b + B$ bo‘lgan holda, $T_a + T_A = T_b + T_B$ o‘rinli bo‘ladi, ya’ni sistema izospini o‘zgarmay qoladi. Elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirda esa izospin saqlanmaydi.

Yadro o‘lchamlari bilan tanishgandan so‘ng quyidagicha mulohaza yuritishimiz mumkin. Yadro tarkibidagi ikki proton orasida, Kulon qonuniga asosan, ma’lum qiymatga ega o‘zaro itarishish kuchi ta’sir qilishi lozim. Og‘ir yadrolarda (bu yadrolarda bir necha o‘nlab protonlar mavjud) esa, Kulon kuchining miqdori bir necha ming nyutonga yetadi. Bunday kuchlar ta’sirida yadrodagi protonlar tarqab ketishi, natijada yadro mavjud bo‘lmasligi lozim edi. Vaholanki, yadrolar o‘ta barqaror.

Balki, yadrolar barqarorligining sababini nuklonlar orasidagi o‘zaro tortishish gravitatsion kuchlarining ta’siri bilan tushuntirish mumkindir. Biroq ikki proton orasidagi gravitatsion kuchning miqdori

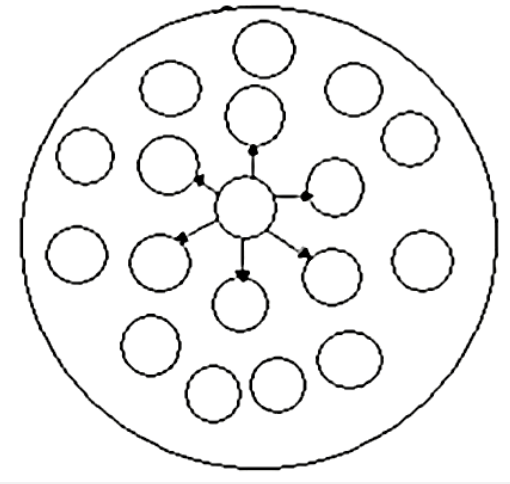
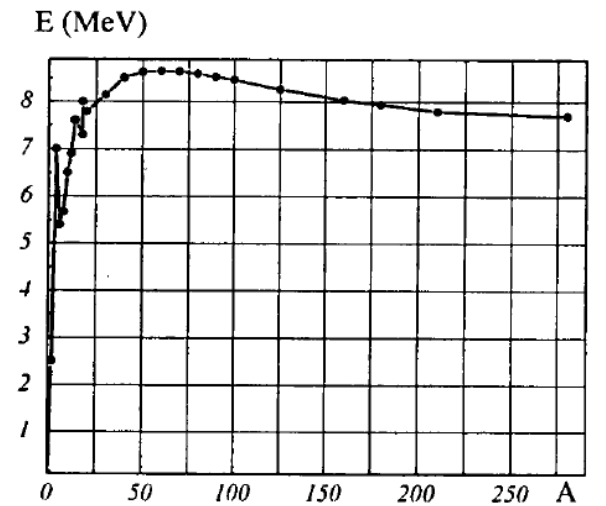
$$F_{gr} = G \frac{m_p \cdot m_p}{r^2} \approx 28 \cdot 10^{-36} N$$

ga teng, ya’ni gravitatsion kuch kulon kuchidan taxrainan 10^{36} marta kichik. Shuning uchun, barqaror yadrolarning mavjudligini yadro ichida tortishish xarakteriga ega bo‘lgan qudratli yadroviy kuchlar bilan tushuntiriladi.

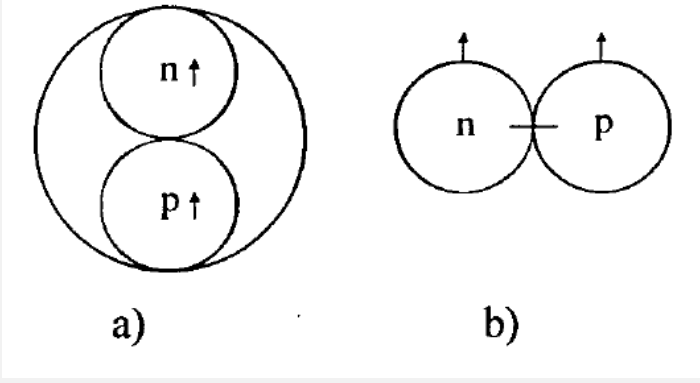
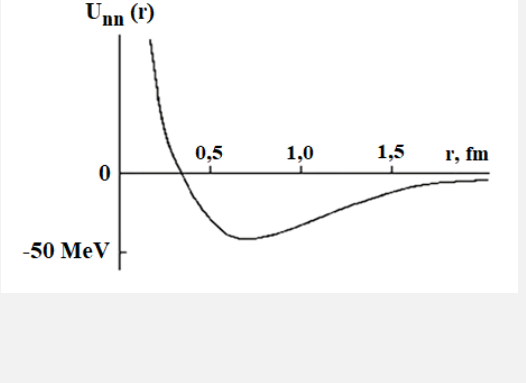
Yadrolarning katta bog‘lanish energiyasiga ega bo‘lishi ularda katta intensivlikka ega bo‘lgan o‘zaro ta’sir mavjudligini ko‘rsatadi. Yadro ichidagi nuklonlar orasidagi o‘zaro ta’sir tortishish xususiyatiga ega bo‘lib, u kulon o‘zaro ta’sirdan ancha katta bo‘ladi. Nuklonlar orasidagi ushbu o‘zaro ta’sirni kuchli o‘zaro ta’sir deb ataladi. Kuchli o‘zaro ta’sir maydonini yadro kuchlari xarakterlaydi.

Yadro kuchlari quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Tortishish xususiyati. Bu xususiyat neytron va protonlardan tashkil topgan stabil yadrolarning mavjudligidan kelib chiqadi.
2. Yadro kuchlari qisqa masofada ta’sir qilishadi. Ulaming ta’sir masofasi 10^{-15} m yoki 1 fm (femtometr).
3. Yadro kuchlari tabiatda eng katta intensivlikka ega bo‘lgan kuchdir. U elektromagnit o‘zaro ta’sirga nisbatan 100-1000 marta katta bo‘ladi.
4. Yadro kuchlari to‘yinish xususiyatiga egadir. Yadro bog‘lanish energiyasi W yadrodagi nuklonlar soni - A ga proporsional bo‘lib, uning A^2 ga proporsional emasligidan ushbu kuchning to‘yinish xususiyati kelib chiqadi. Nuklonlar faqat yondosh nuklonlarga ta’sir qiladi. To‘yinish xususiyati yadro kuchlarining qisqa masofada ta’sir qilishidan kelib chiqadi.

	
<p>1-rasm. Yadro dagi nuklonlarning o‘zaro ta’sirlashish mexanizmi</p>	<p>2-rasm. Solishtirma bog‘lanish energiyasining massa soni orasidagi bog‘liqligi</p>

5. Yadro kuchlari nuklonlarning spin yo‘nalishiga ham bog‘liq bo‘ladi. Buni deytron misolida ham ko‘rish mumkin. Spinlari antiparallel bo‘lgan bunday tizim mavjud emas.

	
<p>3-rasm. Deytron a) spinlari bir o‘qqa joylashganda nuklonlar ta’sirlashadi; b) ta’sirlashmaydi</p>	<p>4-rasm. Nuklon-nuklon o‘zaro ta’sir potentsiali radial bog‘lanishi</p>

6. Yadro kuchlari nomarkaziy kuch hisoblanadi (kulon kuchi markaziy kuchdir).

7. Yadro kuchlari nuklonlar zaryadiga bog‘liq emas. Neytron bilan neytron, neytron bilan proton va proton bilan proton orasidagi o‘zaro ta’sir bir xil bo‘ladi.

$$n - n \equiv n - p \equiv (p - p)_{yadro}$$

Nuklon-nuklon o‘zaro ta’sir potentsiali.

Ko‘p sonli eksperimentlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, nuklon-nuklon o‘zaro ta’sir potentsiali radial bog‘lanishga ega.

4-rasmdan ko‘rinadiki, $r_{nn} > 0,3$ fm masofada potensial manfiy (ya’ni nuklonlar orasida tortishish kuchi ta’sir qiladi). $r_{nn} < 0.3$ fm masofada tortishish kuchi itarish kuchiga almashadi. Bu grafikdan ko‘rinadiki, nuklonlar orasidagi masofa 1,5 fm ga yaqinlashsa yadro kuchlari paydo bo‘ladi va u tortishish xususiyatiga ega bo‘lganligi uchun ular orasidagi masofa kamayib boradi. Nuklonlar orasidagi masofa 0,5 fm dan kichik bo‘lsa, ular orasida itarish kuchlari vujudga keadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "Use of Case Study Technology in Improving Practical Courses in Nuclear Physics." *Texas Journal of Engineering and Technology* 15 (2022): 142-146.
2. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "PEDAGOGIKA OLIY TA’LIM MUASSASALARIDA YADRO MODELLARI MAVZUSIDA AMALIY MASHG ‘ULOT TASHKIL ETISH." *Academic research in educational sciences* 3.11 (2022): 36-45.
3. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "Methodology of Organizing Practical Training on the Subject of" Nuclear Models"." *INTERNATIONAL JOURNAL OF INCLUSIVE AND SUSTAINABLE EDUCATION* 1.5 (2022): 160-163.
4. Nasriddinov, K. R., and R. V. Qosimjonov. "YADRO FIZIKASIDA NOSTANDART TESTLARNING O ‘RNI VA AHAMIYATI." *Academic research in educational sciences* 3.6 (2022): 509-517.
5. Nasriddinov, K. R. "USE OF CASE STUDY TECHNOLOGY IN IMPROVING PRACTICAL COURSES IN NUCLEAR PHYSICS." *Open Access Repository* 9.12 (2022): 30-34.
6. Nasriddinov, KR va RV Qosimjonov. "PEDAGOGIKA OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA YADRO MODELLARI MAVZUSIDA AMALIY MASHG 'ULOT TASHKIL ETISH."

7. Qosimjonov, R. V. "YADRO FIZIKASIDA TABIIY FANLAR BO'YICHA FANLARARO INTEGRATSIYASINI AYRIM JIHATLARI." *Academic research in educational sciences 2.CSPI conference 3* (2021): 638-644.

8. Qosimjonov, RV "AMALIY MASHQLAR SAMARALILIGINI OSHIRISH YO'LLARI". *Galaxy xalqaro fanlararo tadqiqot jurnali 10.12* (2022): 1932-1936.