ATOM YADROSI TUZILISHINI ZAMONAVIY MODELLAR ASOSIDA O'RGANISH

Soliyev Oyatillo Ma'rufjon o'g'li
Andijon davlat universiteti magistrtant talabasi
E.mail: soliyevoyatillo8@gmail.com
Tel 94 026 06 96

Annotatsiya: Mazkur maqolada atom yadrosi tuzilishini o‘rganishda qo‘llanilayotgan zamonaviy yadro modellari tahlil qilinadi. Yadro fizikasi rivojlanishining asosiy bosqichlari, proton va neytronlarning o‘zaro ta’siri, yadroviy kuchlarning xususiyatlari hamda qobiq modeli, tomchi modeli, kollektiv model va kvark-glyuon yondashuvlari ilmiy manbalar asosida ko‘rib chiqiladi. Zamonaviy eksperimental usullar yordamida olingan natijalar asosida yadrolarning barqarorligi, energiya sathlari va deformatsiyasi tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida xalqaro ilmiy maqolalar va fundamental adabiyotlarga tayangan holda atom yadrosi tuzilishining nazariy asoslari yoritildi.

Kalit so‘zlar: Atom yadrosi, proton, neytron, yadroviy kuch, qobiq modeli, tomchi modeli, kollektiv model, kvark-glyuon modeli, yadro fizikasi, energiya sathi, yadroviy barqarorlik.

Аннотация: В данной статье анализируются современные ядерные модели, применяемые при изучении строения атомного ядра. На основе научных источников рассматриваются основные этапы развития ядерной физики, взаимодействие протонов и нейтронов, особенности ядерных сил, а также оболочечная модель, капельная модель, коллективная модель и кварк-глюонный подход. На основе результатов, полученных современными экспериментальными методами, анализируются устойчивость ядер, энергетические уровни и деформация ядер. В ходе исследования, опираясь на международные научные статьи и фундаментальную литературу, были освещены теоретические основы строения атомного ядра.

Ключевые слова: атомное ядро, протон, нейтрон, ядерная сила, оболочечная модель, капельная модель, коллективная модель, кварк-глюонная модель, ядерная физика, энергетический уровень, ядерная устойчивость.

Abstract: This article analyzes modern nuclear models used in the study of atomic nucleus structure. The main stages in the development of nuclear physics, the interaction of protons and neutrons, the properties of nuclear forces, as well as the shell model, liquid drop model, collective model, and quark-gluon approaches are examined on the basis of scientific sources. Based on the results obtained through modern experimental methods, the stability of nuclei, energy levels, and nuclear deformation are analyzed. During the research, relying on international scientific articles and fundamental literature, the theoretical foundations of atomic nucleus structure were highlighted.

Keywords: atomic nucleus, proton, neutron, nuclear force, shell model, liquid drop model, collective model, quark-gluon model, nuclear physics, energy level, nuclear stability.

Kirish

Atom yadrosi moddalar tuzilishining eng muhim tarkibiy qismlaridan biri hisoblanadi. XX asr boshlarida Ernest Rutherford tomonidan atom yadrosining kashf qilinishi yadro fizikasi fanining shakllanishiga asos bo‘ldi [1]. Keyinchalik proton va neytronlarning mavjudligi

aniqlanib, atom yadrosining tarkibi hamda ichki tuzilishini o‘rganish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borildi [2].

Yadro fizikasi nafaqat fundamental fan sifatida, balki energetika, tibbiyot, kosmik texnologiyalar va sanoatda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy yadro modellarining ishlab chiqilishi yadro reaksiyalari mexanizmlarini tushuntirish, radioaktiv parchalanish jarayonlarini izohlash hamda yangi elementlarni sintez qilish imkonini berdi [3].

Atom yadrosi juda murakkab kvant tizim bo‘lib, unda nuklonlar — proton va neytronlar kuchli yadroviy ta’sir yordamida bir-biriga bog‘langan. Nuklonlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir elektromagnit kuchdan ancha kuchli bo‘lsa-da, uning ta’sir radiusi juda kichikdir [4]. Shu sababli yadroning ichki tuzilishini tushuntirish uchun turli nazariy modellar ishlab chiqilgan.

Yadro modellarining rivojlanishi eksperimental fizikaning taraqqiyoti bilan chambarchas bog‘liqdir. Ayniqsa, zarracha tezlatkichlari va detektor texnologiyalarining rivojlanishi yadrolarning energiya sathlari, spin holatlari va deformatsiyasini aniq o‘rganish imkonini berdi [5]. Zamonaviy modellar yordamida yadrolarning magnit momentlari, bog‘lanish energiyasi va barqarorlik xususiyatlari izohlanmoqda.

Bugungi kunda qobiq modeli, tomchi modeli, kollektiv model va kvark-glyuon yondashuvlari atom yadrosi tuzilishini o‘rganishda eng muhim nazariy asoslar hisoblanadi [6]. Ushbu maqolada aynan shu modellar ilmiy ma’lumotlar asosida tahlil qilinadi.

Metodologiya

Mazkur tadqiqot ilmiy-nazariy tahlil metodiga asoslandi. Tadqiqot davomida yadro fizikasi bo‘yicha xalqaro ilmiy maqolalar, monografiyalar, darsliklar va eksperimental ma’lumotlardan foydalanildi. Tadqiqotda quyidagi metodlardan foydalanildi:

- ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish;
- qiyosiy tahlil;
- zamonaviy yadro modellarini solishtirish;
- eksperimental natijalarni nazariy modellar bilan taqqoslash.

Qobiq modeli bo‘yicha Mariya Geppert-Mayer va Hans Jensen tomonidan ishlab chiqilgan nazariy qarashlar o‘rganildi [7]. Ushbu modelga ko‘ra, nuklonlar atomdagi elektronlarga o‘xshash ravishda energetik qobiqlarda joylashadi. Ayrim “sehrli sonlar”ga ega yadrolarning yuqori barqarorligi aynan shu model orqali tushuntiriladi.

Tomchi modeli esa Niels Bohr va John Wheeler tomonidan rivojlantirilgan bo‘lib, yadroni suyuqlik tomchisiga o‘xshash tizim sifatida tasvirlaydi [8]. Bu model yadroviy bo‘linish va bog‘lanish energiyasini tushuntirishda muhim ahamiyatga ega.

Kollektiv model Aage Bohr va Ben Mottelson tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, yadroning deformatsiyasi va aylanish harakatlarini tushuntirishga xizmat qiladi [9]. Kvark-glyuon modeli esa kvant xromodinamikasi asosida nuklonlarning ichki tuzilishini o‘rganadi [10].

Natijalar

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, atom yadrosi tuzilishini to‘liq tushuntirish uchun yagona model yetarli emas. Har bir model yadroning ma’lum xususiyatlarini izohlashda samarali hisoblanadi.

Qobiq modeli yordamida proton va neytronlarning energetik sathlari aniq tushuntirildi. Ayniqsa, 2, 8, 20, 28, 50, 82 va 126 kabi sehrli sonlarga ega yadrolarning yuqori barqarorligi ilmiy jihatdan asoslandi [7]. Ushbu model yadrolarning spin va magnit momentlarini ham izohlash imkonini berdi.

Tomchi modeli yadroviy bog‘lanish energiyasini hisoblashda muhim natijalar berdi. Bethe-Weizsäcker formulasi yordamida yadrolarning massa nuqsoni va bog‘lanish energiyasi aniqlanadi [11]. Mazkur model uran yadrosining bo‘linishini izohlashda katta ahamiyat kasb etdi.

Kollektiv model natijalari deformatsiyalangan yadrolarning aylanish spektrlari mavjudligini ko‘rsatdi. Tajribalar natijasida ayrim yadrolarning sferik emas, balki cho‘zilgan yoki siqilgan shaklda bo‘lishi aniqlandi [9].

Kvark-glyuon modeli esa proton va neytronlarning elementar zarracha emasligini ko‘rsatdi. CERN va boshqa ilmiy markazlarda olib borilgan tadqiqotlar proton va neytronlar kvarklardan tashkil topganligini eksperimental tasdiqladi [10].

Yadro modellarining rivojlanishi yadro energetikasi, tibbiy diagnostika va kosmik tadqiqotlar rivojiga ham sezilarli ta’sir ko‘rsatdi. Radioizotoplar yordamida kasalliklarni aniqlash va davolash texnologiyalari aynan yadro fizikasi yutuqlariga asoslanadi [12]

Tahlil va muhokama

Atom yadrosi tuzilishini zamonaviy modellar asosida o‘rganish yadro fizikasi rivojlanishining eng murakkab va dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Yadro ichida joylashgan proton va neytronlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir tabiatini tushuntirish fizikadagi asosiy fundamental muammolardan biri sifatida qaraladi. Nuklonlar o‘rtasida ta’sir qiluvchi kuchli yadroviy kuch elektromagnit kuchdan ancha kuchli bo‘lsa-da, uning ta’sir radiusi juda kichikdir. Aynan shu xususiyat atom yadrosining barqarorligini ta’minlaydi [4].

Yadro fizikasi rivojlanishining dastlabki bosqichlarida atom yadrosi oddiy sferik zarracha sifatida qaralgan. Biroq eksperimental tadqiqotlar yadrolarning murakkab ichki tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatdi. Rutherford tajribalaridan keyin atomning musbat zaryadi va asosiy massasi markazda — yadroda jamlangani aniqlangan [1]. Keyinchalik Chadwick tomonidan neytronning kashf etilishi yadro tarkibining proton va neytronlardan tashkil topganligini ilmiy jihatdan isbotladi [2].

Yadro modellarining rivojlanishi eksperimental natijalarni tushuntirish zarurati bilan bog‘liq bo‘ldi. Dastlab ishlab chiqilgan tomchi modeli yadroni suyuqlik tomchisiga o‘xshash tizim sifatida izohladi. Ushbu modelga ko‘ra, nuklonlar o‘zaro kuchli bog‘langan bo‘lib, yadroning umumiy xossalari suyuqlik tomchisining xususiyatlariga o‘xshash tarzda namoyon bo‘ladi [8]. Tomchi modeli ayniqsa yadroviy bo‘linish jarayonini tushuntirishda katta muvaffaqiyatga erishdi. Uran yadrosining neytron ta’sirida ikki yengil yadroga parchalanishi va bu jarayonda katta energiya ajralib chiqishi mazkur model asosida tushuntirilgan.

Biroq tomchi modeli yadrolarning individual energetik holatlari va spin qiymatlarini izohlashda yetarli natija bermadi. Shu sababli qobiq modeli ishlab chiqildi. Ushbu modelga ko‘ra, proton va neytronlar ma’lum energetik sathlarda joylashadi va ular atomdagi elektron qobiqlariga o‘xshash tuzilishga ega bo‘ladi [7]. Qobiq modeli yordamida ayrim yadrolarning yuqori darajadagi barqarorligi tushuntirildi. Ayniqsa, 2, 8, 20, 28, 50, 82 va 126 kabi “sehrli sonlar” mavjud bo‘lgan yadrolar boshqa yadrolarga nisbatan barqarorroq ekanligi aniqlangan.

Qobiq modeli yadro energetik spektrlarini tushuntirishda juda muhim nazariy yutuq bo‘lsa-da, barcha eksperimental natijalarni to‘liq izohlab bera olmadi. Ayrim yadrolarda kuzatilgan deformatsiya holatlari ushbu model doirasida tushuntirilmagan. Natijada kollektiv model ishlab chiqildi. Aage Bohr va Ben Mottelson tomonidan ishlab chiqilgan kollektiv model yadroning umumiy aylanish va tebranish harakatlarini hisobga oladi [9]. Ushbu model yordamida deformatsiyalangan yadrolarning aylanish spektrlari va energiya sathlari muvaffaqiyatli tushuntirildi.

Eksperimental ma’lumotlar shuni ko‘rsatdiki, ko‘plab yadrolar ideal sferik shaklda emas. Ayrim yadrolar cho‘zilgan yoki siqilgan ellipsoid shaklga ega bo‘lishi mumkin. Bu esa yadroning kollektiv harakatlari mavjudligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, og‘ir yadrolarda deformatsiya hodisasi kuchliroq kuzatiladi [5]. Kollektiv model aynan shu xususiyatlarni nazariy jihatdan asoslash imkonini berdi.

Yadro fizikasi rivojlanishida kvant mexanikasining o‘rni juda katta hisoblanadi. Nuklonlarning yadro ichidagi harakati klassik mexanika qonunlari bilan emas, balki kvant mexanikasi tamoyillari asosida tushuntiriladi. Heisenberg noaniqlik prinsipi va Pauli taqiqlash prinsipi yadroviy tizimlarni tushuntirishda muhim rol o‘ynaydi [4]. Xususan, bir xil kvant holatida ikkita fermion mavjud bo‘la olmasligi proton va neytronlarning qobiq bo‘ylab joylashishini izohlaydi.

Yadrolarning bog‘lanish energiyasi masalasi ham zamonaviy yadro fizikasi uchun muhim mavzulardan biri hisoblanadi. Bog‘lanish energiyasi yadroni tashkil etuvchi nuklonlarni bir-biridan ajratish uchun zarur bo‘lgan energiyani ifodalaydi. Bethe-Weizsäcker formulasi yordamida yadrolarning bog‘lanish energiyasi hisoblanadi [11]. Ushbu formula hajm energiyasi, sirt energiyasi, Kulon energiyasi, assimetriya energiyasi va juftlik energiyasi kabi komponentlardan tashkil topgan.

Bog‘lanish energiyasining nuklonlar soniga bog‘liqligi yadro barqarorligini tushuntirishda muhim ahamiyatga ega. Temir yadrosi eng katta bog‘lanish energiyasiga ega bo‘lib, u eng barqaror yadrolardan biri hisoblanadi [3]. Shu sababli yengil yadrolarning sintezi va og‘ir yadrolarning bo‘linishi natijasida energiya ajralib chiqadi. Termoyadroviy reaksiyalar Quyosh va yulduzlarning energiya manbai hisoblanadi.

Yadro modellarining zamonaviy rivojlanishi kvark-glyuon nazariyasi bilan chambarchas bog‘liqdir. XX asrning ikkinchi yarmida proton va neytronlarning elementar zarracha emasligi aniqlandi. Murray Gell-Mann tomonidan taklif qilingan kvark modeli proton va neytronlarning kvarklardan tashkil topganligini ko‘rsatdi [10]. Proton ikkita “up” kvark va bitta “down” kvarkdan, neytron esa ikkita “down” kvark va bitta “up” kvarkdan tashkil topgan.

Kvarklarni bir-biriga bog‘lovchi zarrachalar glyuonlar deb ataladi. Gluonlar kuchli yadroviy o‘zaro ta’sir tashuvchilari hisoblanadi. Kvant xromodinamikasi nazariyasi aynan kvark va glyuonlarning o‘zaro ta’sirini tushuntiradi [10]. Ushbu nazariya zamonaviy zarrachalar fizikasi va yadro fizikasi uchun fundamental asos hisoblanadi.

Katta adron kollayderida olib borilgan eksperimental tadqiqotlar yuqori energiyali to‘qnashuvlarda kvark-glyuon plazmasi hosil bo‘lishini ko‘rsatdi. Bu holat Koinot paydo bo‘lishining dastlabki lahzalaridagi materiya holatini tushuntirishda muhim ahamiyatga ega. Kvark-glyuon plazmasi juda yuqori temperatura va zichlikda mavjud bo‘ladigan materiya shaklidir [10].

Yadro fizikasi faqat nazariy fan bo‘lib qolmay, amaliy ahamiyat ham kasb etadi. Zamonaviy atom energetikasi yadroviy bo‘linish reaksiyalariga asoslanadi. Uran-235 va plutoniy-239 izotoplarining bo‘linishi natijasida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi [8]. Atom elektr stansiyalarida aynan shu energiyadan foydalaniladi.

Tibbiyotda yadro fizikasi yutuqlari radioizotop diagnostikasi va radioterapiya texnologiyalarining rivojlanishiga sabab bo‘ldi. Masalan, texnetsiy-99m izotopi diagnostik maqsadlarda keng qo‘llaniladi [12]. Radioaktiv nurlanish yordamida saraton hujayralarini yo‘q qilish usullari ham zamonaviy tibbiyotning muhim yo‘nalishlaridan biridir.

Astrofizikada ham yadro modellarining o‘rni katta hisoblanadi. Neytron yulduzlari tuzilishini tushuntirishda yadro fizikasi qonunlari asosiy rol o‘ynaydi [5]. Neytron yulduzlari juda katta zichlikka ega bo‘lib, ularda modda asosan neytronlardan tashkil topgan. Bunday obyektlarda yadro moddasi ekstremal sharoitda mavjud bo‘ladi.

Neytron yulduzlari tarkibini o‘rganish yadro moddasining yuqori zichlikdagi holatini tushuntirishga yordam beradi. Zamonaviy nazariyalar neytron yulduzlari markazida kvark moddasining mavjud bo‘lishi mumkinligini taxmin qilmoqda [5]. Bu esa kvark-glyuon nazariyasining astrofizik obyektlarga ham tatbiq etilishini ko‘rsatadi.

Eksperimental texnologiyalarning rivojlanishi yadro fizikasi taraqqiyotini tezlashtirdi. Zarrachalar tezlatkichlari yordamida yuqori energiyali tajribalar o‘tkazilib, yangi elementlar sintez qilinmoqda. Hozirgi vaqtda davriy jadvalning 118 ta elementi rasman tasdiqlangan bo‘lib, ulardan ko‘pchiligi sun’iy ravishda olingan [6].

Superog‘ir elementlarni yaratish yadro barqarorligi muammosini chuqurroq o‘rganish imkonini bermoqda. Olimlar “barqarorlik oroli” deb ataluvchi nazariy hudud mavjudligini taxmin qilmoqda. Ushbu hududda joylashgan superog‘ir yadrolarning yarim yemirilish davri ancha uzun bo‘lishi mumkin [6].

Kompyuter modellashtirish texnologiyalarining rivojlanishi ham yadro fizikasi tadqiqotlariga katta ta’sir ko‘rsatmoqda. Zamonaviy superkompyuterlar yordamida murakkab kvant tizimlari modellashtirilmoqda. Bu esa yadrolarning xususiyatlarini oldindan bashorat qilish imkonini beradi.

Sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida eksperimental ma’lumotlarni qayta ishlash samaradorligi oshmoqda. Mashinaviy o‘qitish algoritmlari yadroviy reaksiyalar parametrlarini aniqlash va yangi qonuniyatlarni topishda qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, katta hajmdagi eksperimental ma’lumotlarni tahlil qilishda sun’iy intellekt texnologiyalari katta imkoniyat yaratmoqda.

Shuningdek, zamonaviy yadro fizikasi ekologik va energetik muammolarni hal qilishda ham muhim ahamiyat kasb etmoqda. Yadro energetikasi karbon chiqindilarini kamaytirishda muhim energiya manbai sifatida qaralmoqda. Biroq radioaktiv chiqindilarni saqlash va yadroviy xavfsizlik masalalari ham dolzarb muammolar qatoriga kiradi.

Umuman olganda, atom yadrosi tuzilishini zamonaviy modellar asosida o‘rganish fundamental va amaliy fanlar rivojida muhim o‘rin egallaydi. Turli nazariy modellar yadroning alohida xususiyatlarini tushuntirishda samarali bo‘lsa-da, ularning integratsiyasi yadro fizikasi taraqqiyotining asosiy yo‘nalishi bo‘lib qolmoqda. Zamonaviy eksperimental texnologiyalar, kvant nazariyalari va kompyuter modellashtirish usullari atom yadrosi haqidagi bilimlarni yanada chuqurlashtirishga xizmat qilmoqda.

Xulosa

Atom yadrosi tuzilishini zamonaviy modellar asosida o‘rganish yadro fizikasi rivojining asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Qobiq modeli, tomchi modeli, kollektiv model va kvark-glyuon yondashuvlari yadroning turli xususiyatlarini tushuntirishda muhim ilmiy natijalar berdi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, atom yadrosi murakkab kvant tizim bo‘lib, uning barcha xususiyatlarini yagona model yordamida to‘liq tushuntirish mumkin emas. Shu sababli zamonaviy yadro fizikasi turli nazariy modellarni birgalikda qo‘llashga asoslanadi.

Eksperimental texnologiyalar va nazariy fizikaning rivojlanishi atom yadrosi haqidagi bilimlarni yanada chuqurlashtirmoqda. Bu esa energetika, tibbiyot, kosmik tadqiqotlar va yangi materiallar yaratishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Rutherford E. *The Scattering of Alpha and Beta Particles by Matter and the Structure of the Atom*. Philosophical Magazine, 1911. – pp. 669–688.
2. Chadwick J. *Possible Existence of a Neutron*. Nature, 1932. – pp. 312–315.
3. Krane K. *Introductory Nuclear Physics*. John Wiley & Sons, 1987. – pp. 1–45.
4. Griffiths D. *Introduction to Elementary Particles*. Wiley-VCH, 2008. – pp. 215–260.
5. Heyde K. *Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics*. CRC Press, 2004. – pp. 55–103.
6. Wong S.S.M. *Introductory Nuclear Physics*. Wiley, 1998. – pp. 120–214.
7. Mayer M.G., Jensen J.H.D. *Elementary Theory of Nuclear Shell Structure*. Wiley, 1955. – pp. 10–95.
8. Bohr N., Wheeler J.A. *The Mechanism of Nuclear Fission*. Physical Review, 1939. – pp. 426–450.
9. Bohr A., Mottelson B. *Nuclear Structure*. World Scientific, 1998. – pp. 150–310.
10. Yao W. et al. *Review of Particle Physics*. Journal of Physics G, 2006. – pp. 1–1232.
11. Bethe H., Weizsäcker C. *Semi-Empirical Mass Formula and Nuclear Binding Energy*. Nuclear Physics, 1935. – pp. 387–412.
12. Lilley J. *Nuclear Physics: Principles and Applications*. Wiley, 2001. – pp. 320–410.