

YADRO TIZIMLARINING KINETIK XOSSALARINI O‘RGANISH METODLARI VA ULARNING QIYOSIY SAMARADORLIGI

Mamajonov Raxmatullo Ma'mirjon o'g'li

*ADU magistratura bo'limi,
fizika yo'nalishi 2-bosqich magistri*

Annotatsiya

Mazkur maqolada yadro tizimlarining kinetik xossalarini o'rganishda qo'llaniladigan asosiy metodlar nazariy va qiyosiy jihatdan tahlil qilindi. Radioaktiv parchalanish qonunlari, yarim yemirilish davrini aniqlash usullari, Time-of-Flight, koinsidensiya hamda reaksiya kesimini o'lchash metodlarining fizik mohiyati ko'rib chiqildi. Tadqiqot darsliklar, monografiyalar, sharh maqolalar va rasmiy yadroviy ma'lumotlar bazalari asosida olib borildi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, radioaktiv parchalanish egri chizig'i va yarim logarifmik ishlov yarim yemirilish davrini aniqlashda qulay usullardan biri hisoblanadi. Time-of-Flight usuli zarracha energiyasi va tezligini, ayniqsa neytronlar uchun, aniqlashda samarali natija beradi. Koinsidensiya usuli haqiqiy reaksiya hodisalarni tasodifiy fon signallaridan ajratishda muhim rol o'ynaydi, reaksiya kesimini o'lchash esa yadro reaksiyalarining ehtimollik tabiatini baholashga xizmat qiladi. Qiyosiy tahlil asosida kinetik xossalarni o'rganishda metodlarni alohida emas, balki o'zaro to'ldiruvchi tarzda qo'llash maqsadga muvofiq ekani asoslandi.

Kalit so'zlar: radioaktiv parchalanish, yarim yemirilish davri, aktivlik, Time-of-Flight, koinsidensiya, reaksiya kesimi, yadro reaksiyasi, kinetik xossalar, neytronlar, rezonans.

Kirish

Yadro tizimlarining kinetik xossalari yadro fizikasi doirasida vaqtga bog'liq jarayonlarni tavsiflaydigan eng muhim tushunchalardan biridir. Agar muvozanatli xossalar yadroning nisbatan turg'un holatini ifodalasa, kinetik xossalar uning parchalanishi, qo'zg'algan holatdan pastki sathga o'tishi, tashqi zarracha bilan reaksiyaga kirishishi va hosil bo'ladigan mahsulotlarning vaqt hamda energiya bo'yicha xatti-harakatini ko'rsatadi. Shu sababli yadroning to'liq fizik manzarasini tiklash uchun muvozanatli xossalar bilan bir qatorda kinetik xossalarni ham chuqur tahlil qilish zarur bo'ladi.

Amaliy va nazariy jihatdan qaraganda, radioaktiv parchalanish, yarim yemirilish davri, aktivlik, Time-of-Flight asosida energiya aniqlash, koinsidensiya orqali bog'langan hodisalarni ajratish va reaksiya kesimini o'lchash kabi yondashuvlar yadro tizimlarining kinetik parametrlarini aniqlashda alohida o'rin tutadi. Biroq bu

metodlar bir xil ma'lumot bermaydi. Ayrimlari vaqt parametriga, ayrimlari energiyaga, ayrimlari esa reaksiya ehtimoliga sezgir bo'ladi. Shu sababli mazkur maqolada yadro tizimlarining kinetik xossalarini o'rganishda qo'llaniladigan asosiy metodlar qiyosiy tahlil qilinadi hamda ularning qaysi holatda samaraliroq ekani ko'rsatib beriladi.

Mazkur ishning maqsadi radioaktiv parchalanish va yadro reaksiyalarini o'rganishda qo'llaniladigan asosiy metodlarning fizik mohiyatini ochib berish, ularning imkoniyati va cheklovlarini qiyoslash hamda yadro tizimlarining kinetik xossalarini tavsiflashdagi o'rnini asoslashdan iborat.

Metod

Tadqiqot nazariy-tahliliy usulda bajarildi. Ish davomida yadro fizikasi bo'yicha darsliklar, monografiyalar, sharh maqolalar hamda rasmiy yadroviy ma'lumotlar bazalari o'rganildi. Asosiy manbalar sifatida radioaktiv parchalanish, yarim yemirilish davri, reaksiya kesimlari, neutron-induksiyalangan reaksiyalar va zamonaviy o'lchash texnikalariga oid ilmiy manbalar tanlandi. Bundan tashqari, IAEA ning ENSDF va LiveChart of Nuclides bazalari, Atomic Mass Data Center ma'lumotlari hamda CERN n_TOF loyihasi bilan bog'liq materiallardan foydalanildi.

Mazkur metodning fizik mohiyati shundan iboratki, kinetik xossalarning har bir turi turli eksperimental kattaliklar orqali aniqlanadi. Shu sababli taqqoslash jarayonida metodlarning qaysi fizik parametrni ochib berishi, tajribada nimalar o'lchanishi, natijaning qanchalik bevosita yoki bilvosita olinishi, metodning afzalligi, cheklovi va amaliy qo'llanish sohasi asosiy mezon sifatida olindi. Tahlilda radioaktiv parchalanish va yarim yemirilish davrini aniqlash usullari, Time-of-Flight yondashuvi, koinidensiya usuli va reaksiya kesimini o'lchash metodlari markaziy obyekt sifatida tanlandi.

Results

Radioaktiv parchalanish yadro tizimlarining kinetik xossalarini tavsiflovchi eng fundamental hodisalardan biri hisoblanadi. Beqaror yadro vaqt o'tishi bilan energetik jihatdan qulayroq holatga o'tishga intiladi va bu jarayonda alfa-zarra, beta-zarra, gamma-kvant yoki boshqa turdagi nurlanish chiqarishi mumkin. Radioaktiv parchalanishning statistik mohiyati shundan iboratki, alohida bitta yadro qachon parchalanishini oldindan aniq aytib bo'lmaydi, biroq juda ko'p sondagi bir xil yadrolar uchun parchalanish qat'iy qonuniyatga bo'ysunadi. Bu qonuniyat

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

tenglama bilan ifodalanadi va uning yechimi

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi. Ushbu usul yordamida yadrodagi parchalanish doimiysi λ , vaqtga bog‘liq aktivlik va yarim yemirilish davri aniqlanadi. Aktivlik

$$A(t) = \lambda N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

ifoda bilan yoziladi, yarim yemirilish davri esa

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

formula yordamida topiladi. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, aktivlikning vaqt bo‘yicha kamayishini o‘lchash va yarim logarifmik koordinatada ishlov berish yarim yemirilish davrini aniqlashda sodda, tushunarli va keng qo‘llaniladigan yondashuv hisoblanadi. Biroq juda qisqa yashovchi holatlarda tezkor elektronika, juda uzoq yashovchi nuklidlarda esa bilvosita identifikatsiya usullari talab qilinadi.

Yadro reaksiyalarini o‘rganishda zarracha energiyasi va tezligini aniqlash masalasi alohida o‘rin tutadi. Mazkur holatda Time-of-Flight usuli eng muhim eksperimental yondashuvlardan biri sifatida namoyon bo‘ladi. Bu metodning fizik mohiyati shundan iboratki, zarracha ma‘lum masofani bosib o‘tish uchun sarflagan vaqt o‘lchanadi va shu asosda uning tezligi hamda energiyasi aniqlanadi. Agar zarracha L masofani t vaqt ichida bosib o‘tisa, uning tezligi

$$v = \frac{L}{t}$$

ifoda bilan topiladi. Norelativistik yaqinlashishda zarracha energiyasi

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

munosabat orqali aniqlanadi. Ushbu usul ayniqsa neytronlar uchun juda qulay, chunki neytron zaryadsiz bo‘lgani sababli uni elektromagnit maydonlar bilan proton yoki elektron singari boshqarish qiyin. Shuning uchun zamonaviy yadro fizikasi amaliyotida Time-of-Flight usuli neutron spektrlarini, rezonans sohalarni va yadro reaksiyalarining kinematik xususiyatlarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi. Qiyosiy jihatdan baholanganda, usulning eng katta afzalligi energiyani vaqt parametri orqali aniqlash imkonidir, asosiy cheklovi esa yuqori vaqt rezolyutsiyasi va aniq start-stop tizimini talab qilishidir.

Koinsidensiya usuli yadro reaksiyalarida bir-biri bilan bog‘liq bo‘lgan hodisalarni tanlab olishda juda muhim hisoblanadi. Mazkur metodning fizik mohiyati shundan iboratki, agar ikki yoki undan ortiq detektorda signal bir vaqtning o‘zida yoki juda kichik vaqt oralig‘ida qayd qilinsa, ularning bitta fizik jarayon bilan bog‘liq bo‘lish ehtimoli katta bo‘ladi. Shu yo‘l bilan haqiqiy reaksiyon hodisalarni tasodifiy fon

signallaridan ajratish mumkin bo‘ladi. Ushbu yondashuv gamma-gamma, zarracha-gamma, beta-gamma yoki start-stop tipidagi signallarni tahlil qilishda samarali qo‘llaniladi. Koinsidensiya usuli ayniqsa murakkab reaksiyon sxemalarda foydali bo‘lib, u foydali signalni fon orasidan ajratib olish, reaksiyon kanalni aniqlash va sathlar sxemasini aniqlashtirishga xizmat qiladi. Biroq usulning murakkab tomoni shundaki, vaqt oynasini noto‘g‘ri tanlash haqiqiy va tasodifiy koinsidensiyalarni bir-biriga aralashtirib yuborishi mumkin. Demak, bu metod yuqori selektivlik beradi, lekin kuchli elektronika va puxta vaqt tahlilini talab qiladi.

Yadro reaksiyalarining ehtimollik tabiatini aniqlashda reaksiya kesimini o‘lchash metodining ahamiyati katta. Bu yondashuvning fizik mohiyati shundan iboratki, berilgan oqim va nishon sharoitida nechta reaksiya sodir bo‘lgani aniqlanadi va shu asosda reaksiyaning ehtimolliki baholanadi. Eng sodda ko‘rinishda bu bog‘lanish

$$R = \Phi n \sigma$$

ifoda bilan yoziladi. Bu yerda R — qayd etilgan reaksiyalar soni yoki tezligi, Φ — tushuvchi zarrachalar oqimi, n — nishondagi yadrolar soni, σ esa reaksiya kesimidir. Ushbu usul yordamida reaksiyaning qanchalik oson yoki qiyin sodir bo‘lishi, energiya o‘zgarishi bilan kesimning qanday almashishi va rezonans maksimumlarining mavjudligi aniqlanadi. Ayniqsa, kesimning energiyaga bog‘liqligini o‘rganish yadro reaksiyasi mexanizmini tushunishda muhim o‘rin tutadi. Shu jihatdan kesim o‘lchovi yadro astrofizikasi, reaktor fizikasi va neytron-yadro reaksiyalarini tahlil qilishda asosiy metodlardan biri bo‘lib qolmoqda.

Turli metodlar orasidagi farq va o‘xshashlikni aniqroq ko‘rsatish uchun ular quyidagi jadvalda umumlashtirildi.

1-jadval. Yadro tizimlarining kinetik xossalari o‘rganish metodlarining qiyosiy tavsifi

| Metod | O‘rganiladigan parametr | O‘lchanadigan kattalik | Afzalligi | Cheklovi |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|---|
| Aktivlikning vaqt bo‘yicha kamayishi | $T_{1/2}$, λ , aktivlik | Sanash tezligi, vaqt | Sodda va tushunarli | Juda qisqa yoki juda katta $T_{1/2}$ da noqulay |
| Yarim logarifmik tahlil | Parchalanish doimiysi | $\ln A$, $\ln N$ | Grafik tekshiruv qulay | Ko‘p komponentli parchalanishda murakkablashadi |
| Time-of-Flight | Zarracha tezligi, energiyasi | L , t | Neytron energiyasini | Yuqori vaqt rezolyutsiyasi kerak |

| Metod | O'rganiladigan parametr | O'lchanadigan kattalik | Afzalligi | Cheklovi |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|-----------------------------------|
| | | | aniqlashda juda qulay | |
| Koinsidensiya | Hodisalar orasidagi bog'lanish | Bir vaqtli signallar | Fonni kamaytiradi, kanallarni ajratadi | Murakkab elektronika talab qiladi |
| Reaksiya kesimi o'lchovi | Reaksiya ehtimoli | R, Φ, n, σ | Jarayon ehtimolini aniq tavsiflaydi | Kalibrlash va tuzatmalar zarur |

Jadvaldan ko'rinadiki, har bir metod yadro kinetikasining ma'lum bir tomonini yoritadi. Bir metod energiyani, boshqasi vaqt parametrini, yana biri esa reaksiyaning ehtimollik tomonini ochib beradi. Shu sababli ularni bir-birining o'rnini bosuvchi emas, balki bir-birini to'ldiruvchi usullar sifatida qarash to'g'riroq bo'ladi.

Munozara

Olingan natijalar yadro tizimlarining kinetik xossalarini o'rganishda metod tanlash tadqiqot maqsadiga bevosita bog'liq ekanini ko'rsatadi. Agar asosiy vazifa radioaktiv parchalanish tezligini va yarim yemirilish davrini topish bo'lsa, aktivlikning vaqt bo'yicha kamayishini o'lchash va yarim logarifmik tahlil yetarli va qulay usul bo'lib xizmat qiladi. Agar zarracha energiyasi va tezligini aniqlash masalasi markazga chiqsa, ayniqsa neytronlar bilan ishlanganda, Time-of-Flight usuli eng samarali yondashuvlardan biri bo'ladi. Murakkab reaksiya hodisalarida esa faqat energiya yoki sanashlar soni yetarli bo'lmaydi; bunday hollarda koinsidensiya usuli reaksiyaga aloqador haqiqiy hodisalarni fon signallaridan ajratishda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Reaksiya kesimini o'lchash esa yadro reaksiyalarining ehtimollik tabiatini miqdoriy ifodalash imkonini beradi.

Qiyosiy tahlil shuni ko'rsatadiki, Time-of-Flight, koinsidensiya va kesimni o'lchash usullari bir-biridan alohida emas, balki o'zaro bog'liq holda samarali ishlaydi. Masalan, zarracha energiyasi TOF yordamida topilishi mumkin, aynan shu hodisaga tegishli gamma yoki boshqa mahsulotlar koinsidensiya orqali ajratiladi, jarayonning ehtimolliги esa kesim o'lchovi bilan baholanadi. Demak, kinetik xossalarni chuqur tahlil qilish uchun ko'p hollarda kompleks yondashuv zarur bo'ladi. Shuningdek, ushbu metodlarning samaradorligi ko'p jihatdan eksperimental aniqlik, fonni to'g'ri hisobga olish, detektorning vaqt rezolyutsiyasi va statistik ishlov sifatiga ham bog'liq.

Shu sababli usul tanlashda faqat nazariy qulaylik emas, balki texnik imkoniyat ham hisobga olinishi kerak.

Mazkur maqolaning asosiy amaliy natijasi shundan iboratki, u yadro tizimlarining kinetik xossalarini o'rganishga doir metodlarni yagona qiyosiy tizimga keltiradi. Bu esa nazariy-tahliliy dissertatsiyalar, uslubiy ishlanmalar va yadro fizikasi bo'yicha maqolalar tayyorlashda foydali bo'lishi mumkin.

Xulosa

Mazkur maqolada yadro tizimlarining kinetik xossalarini o'rganishda qo'llaniladigan asosiy metodlar nazariy va qiyosiy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari radioaktiv parchalanish va yarim yemirilish davrini aniqlashda aktivlikning vaqt bo'yicha kamayishini o'lchash hamda yarim logarifmik ishlov samarali usullar qatoriga kirishini ko'rsatdi. Time-of-Flight usuli zarracha energiyasi va tezligini, ayniqsa neytronlar uchun, aniqlashda muhim eksperimental vosita sifatida namoyon bo'ldi. Koinsidensiya usuli haqiqiy reaksiyon hodisalarni fon signallaridan ajratishda va reaksiyon kanallarni aniqlashda yuqori selektivlik berishi bilan ajralib turadi. Reaksiya kesimini o'lchash usuli esa yadro reaksiyalarining ehtimollik tabiatini miqdoriy ifodalashda tayanch metodlardan biri ekani bilan tasdiqlandi. Umumiy xulosa sifatida aytish mumkinki, yadro tizimlarining kinetik xossalarini o'rganishda bitta universal metod mavjud emas; turli metodlar o'zaro to'ldiruvchi xarakterga ega bo'lib, ular birgalikda qo'llangandagina yadro reaksiyalari va parchalanish jarayonlarining ancha to'liq fizik manzarasi hosil bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Krane K.S. *Introductory Nuclear Physics*. New York: Wiley, 1987. 846 p.
2. Lilley J. *Nuclear Physics: Principles and Applications*. Chichester: Wiley, 2013. 416 p.
3. Wong S.S.M. *Introductory Nuclear Physics*. Weinheim: Wiley-VCH, 2024. 460 p.
4. Leo W.R. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*. Berlin: Springer, 1994. 382 p.
5. Knoll G.F. *Radiation Detection and Measurement*. New York: Wiley, 2010. 864 p.
6. Мухин К.Н. *Экспериментальная ядерная физика. Кн. 1. Физика атомного ядра*. Москва: Энергоатомиздат, 1993. 376 с.
7. Широков Ю.М., Юдин Н.П. *Ядерная физика*. Москва: Наука, 1980. 728 с.
8. O'lmasova M.H. *Fizika: Optika, atom va yadro fizikasi*. Toshkent: Cho'lpon, 2010. 384 b.
9. Yuldashev U., Taylanov N.A., Hamdamov B.I. *Atom va yadro fizikasi*. Toshkent: Sano-standart, 2019. 320 b.
10. Carlson A.D., Pronyaev V.G., Capote R. et al. Evaluation of the neutron data standards // *Nuclear Data Sheets*. 2018. Vol. 148. P. 143-188.

- 11.Otuka N., Dupont E., Semkova V. et al. Towards a more complete and accurate experimental nuclear reaction data library (EXFOR) // *Nuclear Data Sheets*. 2014. Vol. 120. P. 272-276.
- 12.International Atomic Energy Agency. *Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF)*. Available at: [IAEA ENSDF](#)
- 13.International Atomic Energy Agency. *LiveChart of Nuclides*. Available at: [IAEA LiveChart](#)
- 14.CERN. *n_TOF experiment*. Available at: [CERN n_TOF](#)
- 15.Atomic Mass Data Center. *AME and related mass data resources*. Available at: [AMDC](#)