

НЕЙТРОНЫ БАЙЫТЫЛҒАН ЖАҢА ЯДРОЛАРДЫҢ ТОЛЫҚ РЕАКЦИЯ ҚИМАСЫН ЗЕРТТЕУ

Советбекова Мөлдір Берікқызы

mberikqizi@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті,
6М060500- «Ядролық физика» мамандығының 2-курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Г. Д. Кабдрахимова.

Ядролық реакциядағы күшті жұтылу радиусы (әрекеттесу арақашықтығы) ядролық реакцияның толық қимасын табу арқылы анықталады. Оның өзара әрекеттесетін ядролардағы протондар мен нейтрондарының санына тәуелділігі-қазіргі заманда үлкен қызығушылық тудырады. Танихата және оның тобының [1] соңғы қорытындыларында, ядро ішіндегі нуклондық кеңістікті бөлу туралы талқылауды жаңартты және әлсіз байланысқан нейтронды байытылған жеңіл ядроларда «нейтрондық гало» бар екендігі жайлы болжам пайда болды. Сондықтан өзара әрекеттесу радиусын (r_i) табу үшін өзара әрекеттесу σ_R қималарының тәжірибелік өлшеулерін дұрыс бағалау және түсінік беру маңызды болып табылады. Мұндай тәжірибелер қазіргі таңда көп. Солардың ішінде мына тәжірибелерді қарастыруға болады.

Бірінші тәжірибе, жоғары энергияда (~ 800 А МэВ), ($2 < Z < 5$) изотоптар үшін σ_R өткізу әдісімен өлшейді. Ал (~ 60 А МэВ) аралық энергияларда σ_R өлшеулер ($3 < Z < 15$) атом нөмірлерінің кең ауқымы үшін қауымдасқан үедісті пайдалана отырып жүргізілді [2, 3]. Тұрақты ядролар үшін біріккен γ - әдісін пайдаланатын нәтижелер өткізу әдісімен алынған немесе серпімді шашыраудан алынған реакция қимасымен сәйкес келеді, олар нейтрондық эмиссия есебінен ыдырайтын аса экзотикалық, нейтрондарға бай ядролар үшін, негізгі күйінде немесе қозу энергиясы төмен кезде соңғы ядроны қалдыра отырып, сәйкес келмеуі мүмкін. γ - әдісін пайдаланып, аралық энергияда жұтылу радиусының күшеюіне, жоғары энергияда жақсы дәлелденген. Сондықтан осы екі әдіспен алынған нақты нәтижелер мен қорытындыларды тексеру үшін жаңа әдістеме әзірлеу маңызды.

Толық қима реакциясы 100 МэВ энергиядан төмен зарядталған бөлшектер әсерінен жүретін аз зерттелген ядролық тұрақтылар санына кіреді. Соқтығысу теориясында негізінен толық қима реакциясы σ_R , серпімді шашырау қима реакциясы σ_{el} және интегралды қосындысын сипаттайтын толық қима әсерлесуі қарастырылады:

$$\sigma_i = \sigma_{el} + \sigma_R \quad (1)$$

әсерлесудің толық қимасын есептеу үшін қолданылатын ең қарапайым әдіс оптикалық теорияға негізделген [4]:

$$\sigma_i = \frac{4\pi}{k} \text{Im}f(\theta = 0^0) \quad (2)$$

мұндағы $f(\theta = 0^0)$ - $\theta = 0^0$ бұрышқа серпімді шашырау амплитудасы, k -қозғалысқа байланысты толқындық сан. Бұл толық қима реакциясын нейтрондар әсерімен анықтау үшін ғана жарамды. Толық қима реакциясын жұтылу қимасы σ_a ғана белгілі болса да есептеп шығаруға болады

$$Q_R = \sigma_a + \sigma_{EC} \quad (3)$$

мұндағы σ_{EC} құрама ядроның қалыптасуымен жүретін серпімді шашыраудың интегралды қимасы. Сонымен, теориялық көзқарас бойынша толық қима реакциясын анықтау үшін, серпімді шашырау амплитудасына параметрлеу жүргізу жеткілікті. Қазіргі уақытта қолданылатын параметрлеу әдісі (фазалық сараптама, оптикалық модель, параметрленген фазалық сараптама) жасай алады, алайда бір жалпы жетіспеушілік бар: олардың барлығы осы жақта да басқа жақтанда бір мәнді емес. Сонықтан серпімді шашыраудың берілгендері негізінде толық қима реакциясын өте үлкен мәндер ауытқумен байқалады (30-40%-ға дейін). Мұндай дәлдік қанағаттандырмайды, сондықтан толық қима реакциясын тәжірибелік түрде анықтау керек.

Тәжірибелік зерттеудің бастамасын, тұңғыш тәжірибелік қорытынды алған, Гудинг [5] пен Бугре [6] қалаған. Сол уақытқа дейін тәжірибелік жұмыстар саны жеткілікті болды, соның ішінде көбіне толық протондық қиманы, сондай-ақ толық дейтрондық қиманы және толық қима реакциясын α -бөлшектің әсерімен есептеуге арналған. Жұмыстардың бірінде толық қима реакциясын ${}^3_2\text{He}$ ионының әсерімен есептеу жүргізілген. Белгілі толық қима реакциясын өлшеудің үш әдістерін бөлуге болады: суммалық; қайтымды ядро; өткізу.

Суммалық әдіс. Тікелей мына анықтамадан алынады

$$\sigma_R = \sum_b \sigma(a, b), \quad (4)$$

мұнда суммалау $A(a, b)B$ реакциясының барлық қашық каналдарымен жүреді. $\sigma(a, b)$ интегралды қимасын дифференциалданған қиманы интегралдау арқылы немесе жаңа радиоактивтілік әдісімен алуға болады. Бұл әдісті ашық каналдар саны аз болғанда қолданады. Ашық каналдар энергиясының өсуі кезінде реакция көбейеді, сол себепті есептеу күрделенеді. Толық қима реакциясын анықтау қателігі 10%.

Қайтымды ядро әдісі. Бұл әдісте, әр соқтығысу (шашырау немесе ядролық) кезінде қайтымды ядро пайда болады деген белгілі фактыны қолданады. Қайтымды ядролар санын есептеп, серпімді шашырауға сәйкес келетін бөлігін алып тастап, сумманы анықтайтын серпімсіз шашыраудың тікелей санын аламыз. Бұл әдіс зерттеліп отырған ядролар тіркегіштің жұмыс бөлігі болған жағдайда ыңғайлы. Толық қима реакциясын анықтау қателігі 10%.

Өткізу әдісі. Бұл әдіс бөлшектерінің шоғырының нысана ядроларымен әрекеттескенде салыстырмалы азаюын анықтау әдісі. Егер шоғырдың қарқындылығы I_0 , ал әлсірегендігі I болса онда

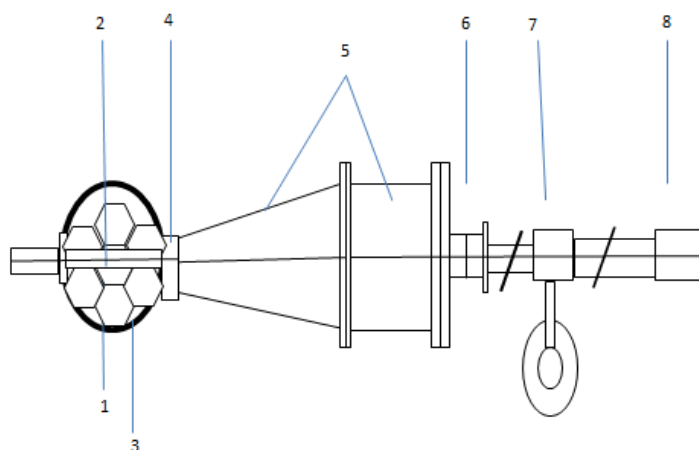
$$I = I_0 \exp(-n\sigma_R x), \quad (5)$$

мұндағы $n-1 \text{ см}^3$ нысана затындағы ядролар саны, x -нысана қалыңдығы, σ_R —толық қима реакциясы. $n\sigma_R x$ зарядталған бөлшек үшін 10^{-3} -нен аспайды, сондықтан

$$n\sigma_R x = (I_0 - I)/I_0, \quad (6)$$

Одан бұрынғы жұмыстарда I және I_0 қарқындылықтары бөлек –бөлек өлшенді, содықтан толық қиманы өлшеу кезінде үлкен қателіктер болды.

М. Ж. Сан-Ларен өзінің тәжірибесінде фокальды жазықтықта барлық бөлшектер телескоптың көмегімен тіркеледі, ол үш кремнийтіркегіштерінен тұрады, олар 50 μm кедергісі бар ΔE , 300 μm позициялы сезімталды ΔE және 6000 μm ΔE болды. Телескоп -10C^0 -қа дейін салқындатылған. Диаметрі 13,1 см және ұзындығы 23,5 см γ -тіркегіштердің 14 NaI (TI) 4π массивімен қоршалған. Өндірістік нысанадан кейін және тікелей телескоп алдында орналасқан екі пластиналы тіркегіштер арасынан ұшып өту сәтінде түскен бөлшектерді сәйкестендіруі және ΔE бірінші тіркегіштердегі энергияның жоғалуы бірдей берілді.



1-сурет. Тәжірибелік қондырғының схемалық көрінісі: 1) NaI есептегіші, 2) нысана, 3) қорғасын экран, 4) сәулені бақылау, 5) реакциялық камераның конустық ұлғаюы, 6) сәулені бақылауға арналған Si тіркегіштердің осы, 7) X-тіркеуді бақылау, 8) Фарадей шыны аяғы

Барлық тіркелетін бөлшектер тіркегіш мен нысаналардың қос функциясына ие телескопта тежеледі. Тіркегіш нысанасындағы реакцияларға сәйкес келетін оқиғалар оңай анықталады, олардың энергиясы реакцияның жоқ оқиғаларынан ерекшеленеді. Тәжірибелік деректерден алатын параметр келесідей анықталатын күшті r_0 сіңіру радиусы:

$$\sigma_R(E) = \pi r_0^2 f(E) \quad (7)$$

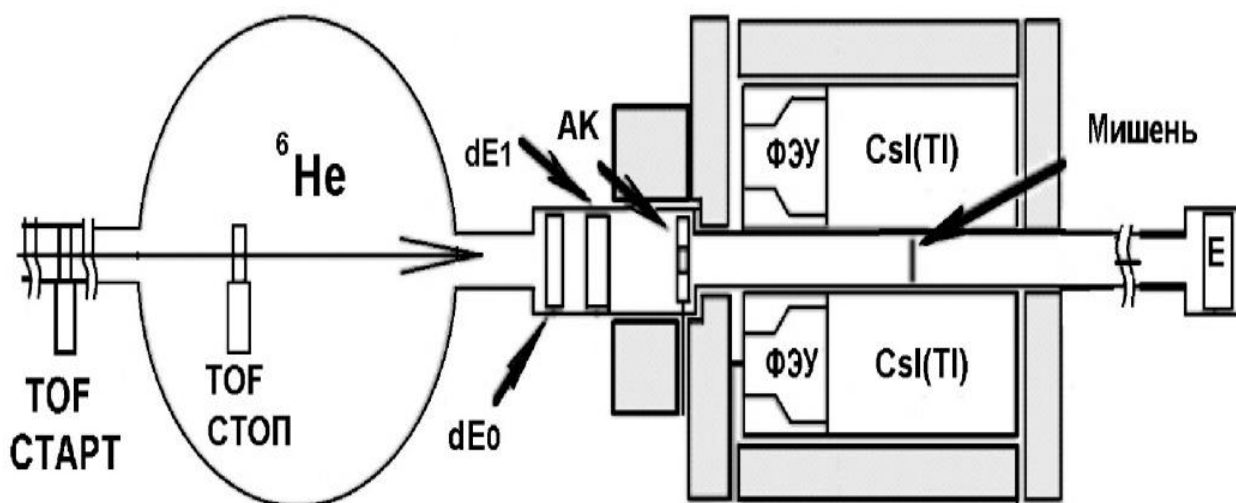
Барлық тұрақты ядролық жүйелер үшін $r_0 = 1,1 \text{ фм}^2$ және экзотикалық ядросы бар жүйелер үшін нысанаға байланысты емес. Жұмыста $f(E)$ функциясы үшін Кох параметрін пайдаланған.

Жұмыста есептеулерде қолданылған параметрлер Фернандеспен (30-200 МэВ) энергиялардың үлкен диапазонында өлшенген тәжірибелік деректерді мұқият таңдау жолымен алынды және 1-ден 40-қа дейінгі және 9-дан 209-ға дейінгі A_T диапазонындағы A_p -мен көп кездесетін жүйелердің қатысуымен, σ_R мәнін қоса алғанда серпімді шашыраудың талдауынан алынған Реакция қимасы былай жазылады

$$Q_R = \pi r_0^2 (A_T^{1/3} + A_p^{1/3} + b \frac{A_p^{1/3} \times A_T^{1/3}}{A_p^{1/3} + A_T^{1/3}} - C(E))^2 \times \left(1 - \frac{V_{cb}}{E_{cm}}\right), \quad (8)$$

мұнда A_p және A_T -шоғыр мен нысананың массалық саны, $C(E)$ -энергияға байланысты ашықтық, ал V_{cb} -кулондық бөгет.

Біз қарастыратын келесі әдіс сцинтиляциялық γ -спектрометрдің толық геометриясымен көп қабатты кремнийлі телескопты пайдалануға негізделген. Нысана (dE -тіркегіш) γ -спектрометрдің орталық аймағында орналасқан, ал телескоптың барлық басқа тіркегіштері, атап айтқанда dE_0 және dE_1 сәйкестендіргіш, реакция өнімдерінің сәйкестендіру -тіркегіші dE_3 және E шоғырдың толық тоқтау тіркегіші γ -спектрометрдің сезімтал аймағынан тыс n - γ -қорғауда орналасқан. 4π -сцинтиляциялық тәжірибенің әдістемесі γ -спектрометр толықтай жұмыстарда көрсетілген.



2-сурет. 4π -сцинтилляциялық γ -спектрометр әдісімен реакциялардың толық қималарын өлшеу үшін қолданылған тәжірибе схемасы

Екі соқтығысатын ядролардың өзара әрекеттесуі туралы қарапайым геометриялық ұғымдарға сүйене отырып, зерттелетін ядролардың радиалды сипаттамаларына бағалау жүргізілді. Өзара әрекеттесу қимасы $\sigma_i = \sigma_R$ реакциясының қимасына тең деп болжай отырып, оны келесі түрде жазылған

$$\sigma_I(p,t) = \pi [R_I(p) + R_I(t)]^2, \quad (8)$$

Реакцияның толық қимасын анықтауда екі әдістеме салыстырмалы түрде қарастырылды. Сан-Ларен өзінің әдістемесінде, γ -тіркегіштердің $^{14}\text{NaI}(\text{Tl})$ 4π массивімен үш кремний тіркегіштерін қоршаған.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. I.Tanihata, H.Namagaki, O.Hashimoto. N. Phys. Rev. Lett. 1958 №55. P.2676
2. W. Mittig et al. Phys. Rev. Lett. 1987 №59. P.1889
3. M.G. Saint-Laurent et al., Z. Phys. 1989 №45. P.332

ӘОЖ 539.171.016

$^{16}\text{O} + ^{12}\text{C}$ ЯДРОЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ СЕРПІМДІ ШАШЫРАУ ҚИМАСЫНЫҢ ЭНЕРГИЯҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ

Д. Солдатхан, Ғ. Ерғалиұлы

Soldathan.dauren@mail.ru, gani.yergaliuly@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ докторанттары, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі - Н. Амангелді

Ядролық технология, ядролық энергетика, астрофизика саласында ауыр иондармен жеңіл ядролардың әсерлесуінің серпімді шашырау процесі қызығушылық тудырады. Үдетілген ионның нысана ядросымен әсерлесу потенциалының функциясын энергияның кең диапозанында құру әрекеті зерттелу үстінде. Феноменологиялық теориялардың болжау қабілетіне байланысты мұндай әрекеттер эксперименталды деректердің үлкен массивіне сүйенуі тиіс.