

**ӘӨЖ 539.1**

**ЯДРОЛАРДЫҢ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУІН ФОЛДИНГ МОДЕЛІНДЕ ЗЕРТТЕУ**

**Парасат Айсымбат, Балабай Айдана**

[Aisymbat.parasat@mail.ru](mailto:Aisymbat.parasat@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің Ядролық физика

мамандығының 2 курс магистранттары

Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекші: Мәуей Б., Амангелді Н.

Нуклондардың ядролардан шашырау потенциалдарының нақты бөлігінің тереңдігі  $V_0$  оптикалық модель арқылы жақсы сипатталатыны белгілі, бірақ күрделі бөлшектердің шашырауы кезінде бұл модель аясында табылған потенциал параметрлері белгісіздікке әкеледі.

Серпімді шашырау бойынша эксперименттік мәліметтерді талдау кезінде оптикалық моделмен қатар фолдинг моделі (екілік бүктеу моделі) қолданылады. Феноменологиялық

тәсілге қарағанда мұндай модель аясындашашырауды сипаттау кезінде оптикалық параметрдің нақты бөлігі және серпімсіз өту формфакторлары құрамында еркін параметрлері жоқ және эффективті нуклон-нуклон күштері туралы ақпарат негізінде құрылады [1]. Мұндай құрылымдар екілік бүктеу процедурасын қолданумен шектелмейді, эффективті күштердің тығыздықтық тәуелділігімен моделденетін көп бөлшекті Паули принципінің әрекетімен шартталатын ауысу нуклон-нуклон корреляцияларын ескереді.

Екі құрама бөлшектердің әсерлесуін қарастырайық. Бірінші жуықтауда эффективті нуклон-нуклон күштері бойынша әсерлесу потенциалы (NN) келесі түрде көрсетілуі мүмкін:

$$U(\vec{R}) = U^D(\vec{R}) + U^{EX}(\vec{R}) \quad (1)$$

мұндағы бірінші қосылғыш - екілік бүктеу моделінің тура потенциалы.

$U^{EX}(\vec{R})$  - ауысу потенциалы, локализацияланған пішіні келесі түрге ие:

$$U^{EX}(\vec{R}) = \int \int \rho^{(1)}(\vec{r}_1, \vec{r}_1 + \vec{s}) v_{EX}(\vec{s}) \rho^{(2)}(\vec{r}_2, \vec{r}_2 - \vec{s}) \exp[i\vec{k}(\vec{R})\vec{s} / \eta] d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 \quad (3)$$

Локальды импульс келесі теңдеумен анықталады:

$$k^2(\vec{R}) = (2m\eta / \hbar^2)[E - U(\vec{R}) - V_C(\vec{R})] \quad (4)$$

$$\eta = A_1 A_2 / (A_1 + A_2) \quad (5)$$

Мұндағы  $v_{EX}(\vec{s})$  - эффективті әсерлесудің тура (ауысу) компоненті,  $\rho^{(i)}(\vec{r})$  - соқтығысқан ядролардың тығыздық матрицасы.

$$\rho^{(i)}(\vec{r}, \vec{r}') = \sum \varphi_k^*(\vec{r}) \varphi_k(\vec{r}') \quad (6)$$

Локализацияланған пішінді алу кезінде (3) жалпақ толқындық жуықтау қолданылады. Мұнда тығыздық матрицасының формализмінде ядро-ядролық потенциалдарының ауысу мүшелерінде негізгі үлесті қосатын бірнуклондық әсерлесу эффектілері ғана ескерілген.

Қазіргі кезде серпімді шашырау дифференциалдық қималары және аралық энергиялардағы ядро - ядролық реакциялардың толық қималары бойынша елеулі материал жинақталған. Бұл феноменологиялық параметрлерді пайдаланбай эксперименттік деректерді барабар сипаттау үшін микроскопиялық модельдердің дамуын өзекті етеді. Бұл мәселеге, оның ішінде экзотикалық құрылымы бар ядроларды зерттеу міндеттері жатады [1,2]. Бұл "нейтрондық гало" ядролары, нейтрондық немесе протондық артық ядролар, сонымен қатар альфа - кластерлік құрылымы бар ядролар. Олардың қасиеттері жақсы анықталған құрылымы бар тұрақты ядролардағы байқалатын шашырау сипаттамаларында көрінеді. Бұдан басқа, ядро - ядролық өзара іс-қимыл модельдерін әзірлеу радиоактивті ядролық қалдықтарды радиациялық қауіпсіз өнімдерге айналдыру жөніндегі қолданбалы зерттеулерге байланысты маңызды.

Потенциал өрісіндегі Е кинетикалық энергиясы бар ұшатын ядроның қозғалысы Шредингер толқындық теңдеуімен сипатталады

$$\frac{\hbar^2}{2\mu} \Delta \psi + (E - U(\psi))\psi = 0 \quad (7)$$

мұндағы U-күрделі (оптикалық) ядро-ядролық потенциалы

$$U(r) = V(r) + iW(r) \quad (8)$$

$\mu = m \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2}$  - келтірілген масса; m - нуклонның массасы;  $A_1, A_2$  - соқтығысатын ядролардың

атомдық массасы;  $\Psi(r)$  - ядролардың салыстырмалы қозғалысының толқындық функциясы;  $\hbar$  - Планк тұрақтысы. Негізінде, ядролық потенциалдың микроскопиялық модельдерін құру кезінде Шредингердің бастапқы теңдеуі бір-бірімен әрекеттесуге қатысатын барлық нуклондардың

жүйесі үшін жазылады, содан кейін соқтығысатын ядролардың ауырлық центрлері арасындағы координатаға тәуелді толық толқындық функцияның  $\Psi(r)$  бөлігінің  $r$  деңгейін бөлектеу үшін түрлендіріледі. Алайда, шарт бойынша бұл теңдеу сызықтық емес, яғни сәйкестендірілген потенциалдың өзі  $\Psi(r)$ -ден тәуелді. Іс жүзінде міндет жеңілдетіліп, мәселені екі тәуелсіз есепті шешуге, атап айтқанда, алынған  $U(r)$  потенциалы бар (7) теңдеуді шешуге тәуелсіз, нуклон-нуклондық (NN) өзара әрекеттесу  $u_{NN}$  потенциалы бойынша негізгі, сызықтық, мүшелерді ескере отырып, микроскопиялық потенциалды құру әдістерін жасауға мүмкіндік береді.

Осы соңғы есепте  $\Psi(r)$  сфералық гармоника арқылы бір өлшемді радиалды толқындар үшін дифференциалдық теңдеулер жүйесіне өтеді - жаңа функциялар (жартылай толқындар) және оларды сандық шешудің бағдарламаларын құрайды (мысалы, ECIS және DWUCK4 [3]). Кейбір физикалық негізделген жағдайларда шешудің шамамен аналитикалық әдістері жасалады.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Mauey B. Study of elastic scattering of  $^{15}\text{N}$  ions on  $1p$ -shell nuclei at energies near the Coulomb barrier// Thesis PhD: – ENU L.N.Gumilev 2020-02-14.–Б.91. [https://my.enu.kz/page\\_view.php?type=diser&guid=23115EFD-5ED2-4AAB-BF78-6A6F6B464A93&page=90&zoom=80#page\\_navigator\\_top](https://my.enu.kz/page_view.php?type=diser&guid=23115EFD-5ED2-4AAB-BF78-6A6F6B464A93&page=90&zoom=80#page_navigator_top)
2. N. [Burtebayev](#), S.B. Sakuta, A.K. Morzabayev, Zh. K. Kerimkulov, N. Amangeldi, A.A. Temerbayev, B. Mauey et.al. Elastic scattering of  $^{15}\text{N}$  ions by  $^{16}\text{O}$  at the energy 11.59 MeV // Acta Physica Polonica B.-2017.-V.48.-P.495-498.
3. N. Burtebayev, N. Amangeldi, D. Alimov, Zh. Kerimkulov, B. Mauey, M. Nassurlla, Ye. Kok, S.B. Sakuta, S.V. Artemov, A.A. Karakhodjaev, K. Rusek, E. Piasecki, A. Trzcinska, M. Wolinska-Cichocka, I. Bostosun, M. Karakoc, Sh. Hamada, S.Yu. Torilov, B. Zalewski, J.M. Mussaev Scattering of  $^{15}\text{N}$  ions by  $^{10,11}\text{B}$  nuclei at the energy of 43 MeV. // Acta Physica Polonica B Proceedings Supplement.-2018.-V.11.-P.99-107. Процентиль 35, DOI:10.5506/APhysPolBSupp