

Хурдан нейтроны үйлчлэлээр цэнэгт бөөм цөмөөс гарах урвалын огтлол

(II. Экситоны загвар)

Г. Хүүхэнхүү, МУИС, Цөмийн Судалгааны Төв

Түлхүүр үг: Хурдан Нейтрон, цөмийн урвал, цэнэгт бөөм, урвалын огтлол, хагас шууд механизм, экситоны загвар, систематик анализ

Товч утга: Хагас шууд урвалын механизмд үндэслэсэн экситоны загварыг ашиглан хурдан нейтроны үйлчлэлээр цэнэгт бөөм цөмөөс гарах урвалын огтлолын томъёог гаргав. Уг томъёог ашиглан урвалын огтлолын туршлагын утгуудад систематик анализ хийх боломжтойг харуулав.

ОРШИЛ

Хурдан нейтроны үйлчлэлээр цэнэгт бөөм цөмөөс гарах урвалыг судалснаар цөмийн бүтэц, урвалын талаар онолын ач холбогдолтой тулгуур мэдээлэл гарган авч болохоос гадна цөмийн эрчим хүчний төхөөрөмж, реакторын эд ангийн тооцоонд шаардлагатай зарим өгөгдлүүдийг тодорхойлох практик боломжийг бүрдүүлдэг. Иймээс нейтроноор явагдах урвалын огтлолын талаар дэлхийн судалгааны янз бүрийн төвүүдээс гарч буй мэдээллүүдийг нэгтгэн эмхэтгэж, системчлэн анализ хийх, онолын тооцоотой жиших шаардлага гардаг. Сүүлийн жилүүдэд МУИС-ийн Цөмийн судалгааны төвд энэ чиглэлээр нэлээд өргөн хүрээтэй судалгаа хийгдэж байна [1-4]. Энэ судалгааны хүрээнд, хурдан нейтроноор цэнэгт бөөм үүсэх урвалын огтлолын ерөнхий томъёог цөмийн урвалын компаунд механизмд үндэслэсэн статистик загварыг ашиглан гаргаж, түүнээсээ

(n, p) урвалын огтлолын утгуудад систематик анализ хийхэд тохиромжтой хялбар илэрхийллийг олсон билээ [3,4,5].

Одоо энэ ажилд цөмийн урвалын хагас шууд механизмд тулгуурласан экситоны загварыг ашиглан нейтроноор явагдах урвалын огтлолыг бодох томъёог гаргав.

(n, x) УРВАЛЫН ОГТЛОЛ

Ж. Гриффиний боловсруулсан [6] экситоны загвар ёсоор, нейтроны үйлчлэлээр цөмөөс цэнэгт x -бөөм гарах урвалын дифференциал огтлолыг бичвэл [7,8]

$$\frac{d\sigma(n, x)}{dE_x} = \sigma_r(E_n) \sum_{n=n_0}^{n_{\max}} \lambda_x(n, E_x) \tau(n, E) \quad (1)$$

болно. Энд:

$\sigma_r(E_n)$ -нейтроноор урвал явагдах нийт огтлол,

n -экситоны тоо ($n = p + h$, p -бөөм, h - нүх),

n_0 -экситоны анхны тоо,

n_{\max} -экситоны хамгийн их тоо,

$\lambda_x(n, E_x)$ - n экситонтой төлвөөс x -бөөм гарах магадлал буюу шилжилтийн хурд,

$\tau(n, E)$ - n экситонтой төлвийн амьдрах дундаж нас,

E - өдөөлтийн энерги ($E = E_n + B_n$; E_n - нейтроны кинетик энерги, B_n -нейтроны холбоос энерги),

E_x -урвалаас гарах x -бөөмийн кинетик энерги.

n экситонтой төлвөөс x -бөөм гарах магадлалыг

$$\lambda_x(n, E_x) = \frac{2S_x + 1}{\pi^2 \hbar^3} M_x E_x \sigma_i(E_x) R_x \frac{\rho(p-1, h, U)}{\rho(p, h, E)} \quad (2)$$

гэж болно. Энд:

S_x - урвалаас гарч буй x бөөмийн спин,

M_x - масс,

$\sigma_i(E_x)$ - урвуу урвалын огтлол,

R_x - цэнэг хадгалалтын коэффициент,

ρ - цөмийн төлвийн нягт,

U - үлдэж буй цөмийн өдөөлтийн энерги

$$(U = E_n + Q_{nx} - E_x;$$

Q_{nx} - урвалын энерги).

Хагас классик тохиолдолд

$$\sigma_i(E_x) = \pi R^2 \left(1 - \frac{V_x}{E_x} \right) \quad (3)$$

гэж болно. Энд:

R - үлдэж буй цөмийн радиус,

V_x - үлдэж буй цөмийн зүгээс x -бөөмд учруулах потенциал энерги.

n экситонтой төлөвт байх дундаж хугацааг

$$\tau(n, E) = \frac{1}{\lambda_n^+ + \lambda_n^- + \gamma_n} D_n \quad (4)$$

гэж олж болдог. Энд:

λ_n^+ нь $n \rightarrow (n+2)$ шилжилтэд,

λ_n^- нь $n \rightarrow (n-2)$ шилжилтэд харгалзах магадлалууд,

γ_n - n экситонтой төлвөөс нуклон гарах магадлал,

D_n - ядуурлын фактор гэнэ.

(2), (3), (4) томъёог (1) томъёонд орлуулж бодохын тулд зарим дөхөлт, хялбарчилгаа хийе. Цөмийн n -экситонтой төлвийн нягтыг Т. Эриксоны [9] томъёогоор илэрхийлье.

$$\rho(p, h, E) = \frac{g(gE)^{n-1}}{p! h! (n-1)!} \quad (5)$$

Энд: g -нэг бөөмт төлвийн нягт бөгөөд

$$g = \frac{6}{\pi^2} a, \quad a = \frac{A}{13,5} \text{ (МэВ}^{-1}\text{)} \quad (6)$$

гэж тодорхойлогддог, A -цөмийн масс тоо. Харин шилжилтийн магадлал буюу хурдыг

$$\lambda_n^+ \gg \lambda_n \gg \lambda_n^- \quad (7)$$

гэж болдог [7,8] тул $D_n \approx 1$, $\gamma_n \approx 0$ гэвэл (4)-өөс

$$\tau(n, E) \approx \frac{1}{\lambda_n^+} \quad (8)$$

болно. Шилжилтийн хурд буюу магадлалыг

$$\lambda_n^+ = \frac{2\pi}{\hbar} \langle |M|^2 \rangle \rho_f \quad (9)$$

гэж тодорхойлж болно. Энд:

$\langle |M|^2 \rangle$ нь матрицын элементийн дундаж квадрат,

ρ_f -эцсийн төлвүүдийн нягтыг

$$\rho_f = \frac{g^3 E^2}{2(n+1)} \quad (10)$$

гэж олж болдог [7,10]. Матрицын элементийн дундаж квадратыг

$$\langle |M|^2 \rangle = K_0 A^{-3} E^{-1}, \quad K_0 \approx 400 \text{ МэВ}^3$$

(11)

гэж ойролцоолдог [7,8].

(2), (3) ба (5)-(11) томъёонуудыг ашиглан (1)-ийг дараах хэлбэртэй бичиж болно.

$$\frac{d\sigma(n, x)}{dE_x} = 352,6\pi^6 R^2 \sigma_r(E_n) \frac{2S_x + 1}{\hbar^2} M_x E_x \left(1 - \frac{V_x}{E_x}\right) \frac{R_x}{K_0} \frac{U}{AE^3} \quad (12)$$

Урвалын нийт огтлолыг

$$\sigma_r(E_n) = \pi(R_0 + \lambda)^2 \approx \pi r_0 (A^{1/3} + 1)^2 \quad (13)$$

гэж болно [5]. Энд: $R_0 = r_0 A^{1/3}$ бай-цөмийн радиус.

(12)-оос интеграл авч бүрэн огтлолыг олвол

$$\sigma(n, x) = 588 \frac{\pi^6}{\hbar^2} R^2 \sigma_r(E_n) \frac{2S_x + 1}{K_0 A} M_x R_x \frac{(E_n + Q_{nx})^2}{(E_n + B_n)^3} [E_n + Q_{nx} - 3V_x] \quad (14)$$

болно. (14) томъёо А.Ю.Конобеев нарын [11] гаргасан томъёотой төстэй боловч түүнээс хялбар, систематик анализ хийхэд тохиромжтой.

ДҮГНЭЛТ

1. Цөмийн урвалын хагас шууд механизмд үндэслэгдсэн экситоны загварын хялбар тохиолдлыг ашиглан хурдан нейтроноор цэнэгт бөөм цөмөөс гарах урвалын огтлолын томъёог гаргав.
2. Уг томъёог огтлолын систематик анализад ашиглахад тохиромжтой.

G.Khuukhenkhoo

*Fast Neutron Induced Charged Particle
Emission Reaction Cross Sections*

(II. The Exciton Model)

Abstract

In the framework of the pre-equilibrium nuclear reaction mechanism, using the exciton model was deduced a formula for the fast neutron induced charged particle emission reaction cross-sections. For

systematical analysis of experimental cross sections the formula can be used.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

1. Yu.M.Gledenov, M.V.Sedysheva, G.Khuukhenkhuu et al.
In book: "Proceedings of the International Conference on Nuclear Data for Science and Technology", Trieste, 19-24 May 1997, Eds. G.Reffo, A.Ventura and C.Grandy. Bologna, Italy, pp.514-516
2. G.Khuukhenkhuu et al. In book [1], pp.934-936
3. G.Khuukhenkhuu et al.
In abstract book: "Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics" (IX International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei, May 23-26, 2001, ISINN-9), JINR, E3-2001-67, Dubna, 2001, p.72
4. G.Khuukhenkhuu et al.
In abstract book: "Nuclear Data for Science and Technology" (International Conference, Tsukuba, Japan, Oct.. 7-12, 2001), 5-p-5
5. Г.Хүүхэнхүү, Г.Үнэнбат
МУИС-ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, №7(159), 2000, УБ, 72-р тал
6. J.J.Griffin, Physical Review Letters., v.17, 1966, p.478
7. E.Gadioli, P.E.Hodgson. Pre-Equilibrium Nuclear Reactions. Clarendon Press, Oxford, 1992
8. Ф.А.Живописцев, Э.И.Кэбин, В.Г.Сухаревский
Модели предравновесных ядерных реакций. изд. МГУ. 1987, Москва
9. T.Ericson, Advances in Physics. V.9, 1960, p.425
10. К.Зайдель, Д.Зелигер, Р.Райф, В.Д.Тонеев
ЭЧАЯ, том.7. вып.2, 1976, с.499
11. A.Yu.Konobeyev, V.P.Lunev, Yu.N.Shubin
Nucl. Instr. Meth. v.108 B, 1996, p.233