

Хүнд Ус Төрөгч Дээр Явагдах Фото Хуваагдлын Огтлолуудын Судалгаа

Б.Отгоолой

МУИС. Цөмийн Судалгааны Төв

Г. Дамдинсүрэн

МУИС. Физик Электроникийн Сургууль. Цөмийн Технологийн II курс

Товч утга. Хүнд ус төрөгч дээр явагдах фото урвалуудын огтлолуудын энергиэс хамаарлыг илэрхийлсэн Лоренцын томъёонд засвар хийх шинэ санаа дэвшүүлэгдэж, уг аргаар бодсон үр дүнгүүд фотоны 2.2-22МэВ мужид туршлагын утгуудтай сайн тохирч буйг үзүүлсэн.

(Энэ ажлыг “Цөмийн хавсарга судалгаа” сэдвийн дагуу гүйцэтгэв)

ОРШИЛ

Гамма квантын энерги босго E_0 энергиэс их тохиолдолд (γ, n) , (γ, p) , $(\gamma, 2n)$, (γ, pn) , (γ, α) болон цөмийн хуваагдах (γ, f) урвалууд явагдах боломжтой.

Аврага резонансын мужид фото цөмийн урвалаар нейтрон болон протон үүсэх магадлалууд давамгайлдаг боловч цэнэгт бөөм үүсэх урвалын огтлол нь нейтрон үүсэх урвалын огтлолоос 10^2 - 10^3 дахин бага байдаг [1].

Харин хүнд ус төрөгчийн (цаашид дейтрон гэх) хувьд протон гарах магадлал нь нейтрон гарах магадлалаас $\sim 10^2$ - 10^3 дахин их байдаг [2]. Энэ нь хүнд усыг тормозын гамма цацрагаар шарах замаар протоны үүсгүүр болгох боломжийг бүрдүүлж өгч байгаа юм..

Нөгөө талаас МУИС –ийн Цөмийн Судалгааны Төвийн электроны хурдасгагч микротрон МТ-22 дээр электроны тормозоор үүсч буй гамма цацраг $0 \div 22$ МэВ энергийн мужид харгалзсан нил спектртэй байдаг. Энэ тохиолдолд фото цөмийн урвалаар үүссэн хоёрдогч i бөөмсийн интеграл гаралт дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ[3.4]:

$$Y_{\gamma, i} = \int_{E_0}^{E_M} \sigma_{\gamma, i}(E) \Phi(E, E_M) dE \quad (1)$$

E_M – тормозын цацрагийн спектр дэх хамгийн их энерги (МТ-22 микротроны хувьд 22МэВ);

$\sigma_{\gamma, i}(E)$ - фото цөмийн урвалаар i -р хоёрдогч бөөм үүсэх урвалын огтлол;

$\Phi(E, E_M)$ - тормозын цацрагийн энергийн спектр.

Фото цөмийн урвалаар үүссэн протоны болон нейтроны урсгалын харьцаа $Y_{\gamma, p}/Y_{\gamma, n}$ хэмжигдэхүүнээр тодорхойлогдоно. Дейтроны хувьд (γ, n) урвалын огтлолын энергиэс хамаарлыг Хюльтен, Нагель нар Юкавын төвийн потенциалыг ашиглан

цахилгаан болон соронзон диполийн шилжилтүүдийн нөлөөг нарийвчлан тооцоолж гаргасан бөгөөд 3 МэВ-ээс дээш мужид цахилгаан диполийн шилжилт давамгайлдаг болох нь тогтоогдсон [6]. Харин 9-өөс 80 МэВ хүртлэх мужид (энергийн 6 утганд) Сюарта, Маршак нар Сигнелла-Маршакын төвийн бус потенциалыг ашиглаж тооцоо хийсэн нь туршлагын дүнтэй сайн таардаг [5]. Нөгөө талаас $0 \div 22$ МэВ энергийн мужид зарим энергийн утганд сайн хийгдэн туршлагын үр дүнгүүд байгаа боловч (1) интегралыг бодоход энергийг хэд хэдэн мужид хувааж, харгалзах тохирсон аргуудыг хэрэглэх хүндрэл учирдаг.

Дейтроны хувьд $Y_{\gamma, p}/Y_{\gamma, n}$ хэмжигдэхүүнийг үнэлэх нь хүнд ус (D_2O) -ыг нейтрон, протоны холимог орон үүсгэдэг конвертор болгон ашиглахад тухайн бөөмсийн урсгалын харьцааг мэдэж байх практик чухал ач холбогдолтой.

Иймээс туршлагын үр дүнг түшиглэн (γ, n) ; (γ, p) урвалуудын огтлолуудын энергиэс хамаарлын судалгааг Лоренцын томъёог ашиглан үнэлэх асуудлыг хөндсөн юм.

А. Дейтрон дээр явагдах (γ, n) урвалын огтлолын энергиэс хамаарал

Фото цөмийн урвалын босго энерги дейтроны хувьд $E_0=2.22$ МэВ байдаг.

Уламжлал ёсоор (γ, n) урвалын огтлолыг Лоренцын томъёог ашиглан цөм дээр тусч байгаа гамма квантын E энергиэс хамааруулан бичвэл [6,7]:

$$\sigma_{\gamma, n}(E) = \frac{\sigma_M E^2 \Gamma^2}{(E^2 - E_r^2)^2 + E^2 \Gamma^2}; \quad (2)$$

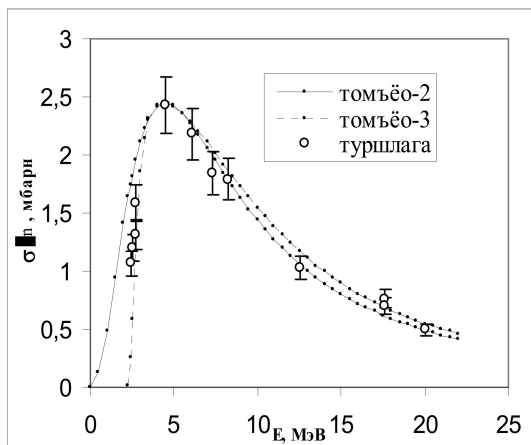
σ_M -тухайн урвал явагдах хамгийн их огтлол, 2.43 мбарн

E - гамма квантын энерги.

Γ – аврага резонансны өргөн, 9.4МэВ

E_r - тухайн урвалын огтлолын хамгийн их утганд харгалзах гамма квантын энерги, 4.4МэВ.

Энэхүү томъёогоор $\sigma_{\gamma,n}(E)$ огтлолыг 0 ÷ 22 МэВ энергийн мужид бодсоныг тасралтгүй муруйгаар тэмдэглэж туршлагын [6] үр дүнтэй харьцуулан 1-р зурагт үзүүлэв. Зургаас харахад $E_r = 4.4$ МэВ-ээс их мужид хоёр аргын үр дүнгүүд сайн тохирч байна.



Зураг.1. Дейтрон дээр явагдах (γ, n) урвалын огтлол

Харин 4.4 МэВ –ээс бага мужид бидний авч үзэж буй томъёогоор бодсон утгууд туршлагын дүнтэй таарахгүй болох нь зургаас харагдаж байна. Нөгөө талаас дейтроны холбоос энерги 2.2 МэВ бөгөөд үүнээс бага энергитэй фотонор (γ, n) урвал явагдах ёсгүй. Өөрөөр хэлбэл дейтроны холбоос энергиэс бага мужид (2) томъёогоор бодогдсон математик утгуудад физик утга харгалзахгүй.

Иймд (2) томъёо $E = 2.2$ МэВ утганд тэг утга авч байх ёстой бөгөөд энэхүү энергиэс бага утганд физик утга байхгүй гэдгээс Лоренцын томъёог дараах хэлбэртэй бичье:

$$\sigma_{\gamma,n}(E-E_0) = \frac{\sigma_M(E-E_0)^2 \Gamma^2}{((E-E_0)^2 - (E_r-E_0)^2)^2 + (E-E_0)^2 \Gamma^2}; \quad (3)$$

энд $E \geq 2.2$ МэВ

Товчоор хэлбэл хэвтээ тэнхлэгийн координатын эхийг 2.2 МэВ-ээр шилжүүлсэнтэй эквивалент хувиргалт юм.

Энэхүү томъёогоор бодогдсон утгыг тасархай муруйгаар тэмдэглэж 1-р зурагт үзүүлэв. Зургаас харахад бидний авч үзэж буй энергийн завсар (3) томъёогоор бодсон үр дүн алдааны мужид туршлагын дүнтэй сайн тохирч байна.

Б. Дейтрон дээр явагдах (γ, p) урвалын огтлол энергиэс хамаарал

Дейтроны цөм нейтрон, протон хоёроос тогтдог боловч протон нь гарсан тохиолдолд цөмд үлдсэн нейтрон цочроогдсон төлөвт үлдэж 10.61 минутын хагас задралын үетэйгээр задарч протон цөмтэй устөрөгчийн атом үүсдэг.

Лоренцын томъёог ашиглан (γ, p) урвалын огтлолыг цөм дээр тусч байгаа гамма квантын E энергиэс хамааруулан бичвэл [6] :

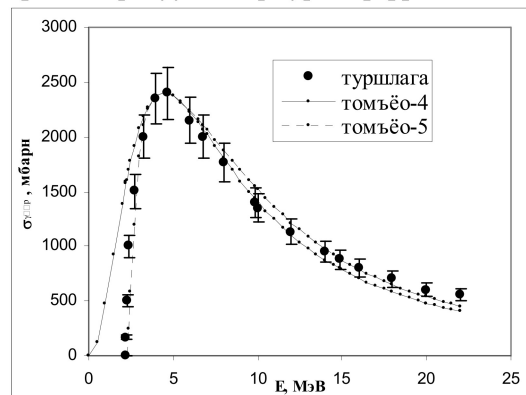
$$\sigma_{\gamma,p}(E) = \frac{\sigma_M E^2 \Gamma^2}{(E^2 - E_r^2)^2 + E^2 \Gamma^2}; \quad (4)$$

$$\sigma_M = 2400 \text{ мбарн}$$

$$\Gamma = 9.4 \text{ МэВ}$$

$$E_r = 4.4 \text{ МэВ.}$$

Энэхүү томъёогоор $\sigma_{\gamma,p}(E)$ огтлолыг 0 ÷ 22 МэВ энергийн мужид бодсоныг тасралтгүй муруйгаар тэмдэглэж туршлагын [6] үр дүнтэй харьцуулан 2-р зурагт үзүүлэв.



Зураг.2. Дейтрон дээр явагдах (γ, p) урвалын огтлол

Харин $2.2 \text{ МэВ} \leq E \leq 22 \text{ МэВ}$ мужид өмнөхтэй адилхан

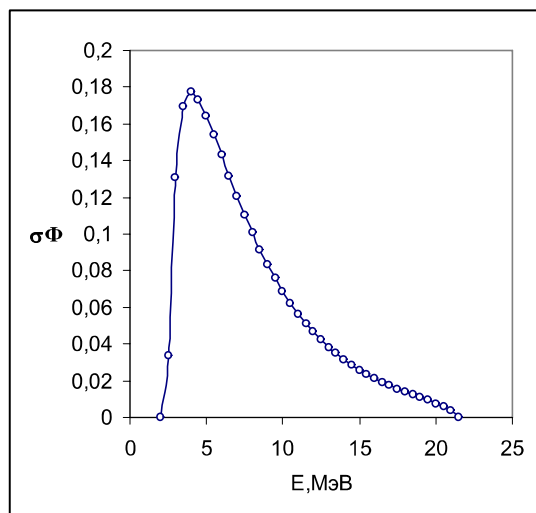
$$\sigma_{\gamma,p}(E-E_0) = \frac{\sigma_M(E-E_0)^2 \Gamma^2}{((E-E_0)^2 - (E_r-E_0)^2)^2 + (E-E_0)^2 \Gamma^2};$$

(5)

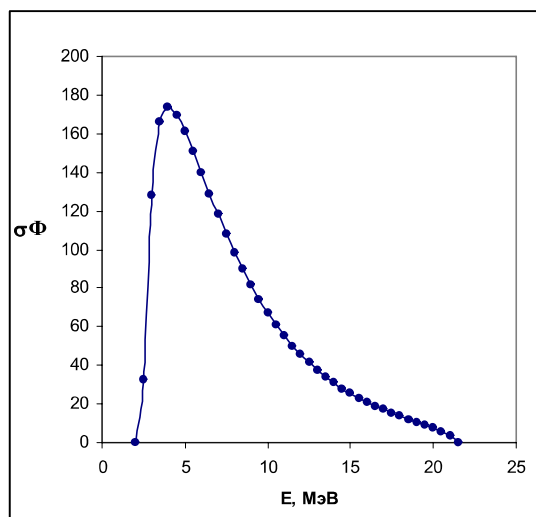
томъёогоор бодсон дүнг тасархай зураасаар тэмдэглэж 2-р зурагт үзүүлэв. Өөрөөр хэлбэл засвар хийгдсэн томъёогоор бодсон дүн туршлагын дүнтэй алдааны мужид сайн тохирч байна.

Засвар хийгдсэн (3), (5) томъёонуудын тусламжтайгаар $\sigma_{\gamma,i}(E)\Phi(E, E_M)$

үржигдэхүүний энергиэс хамаарлыг (γ, n) ; (γ, p) урвалуудын хувьд харгалзан 3 ба 4-р зургуудад үзүүлэв.



Зураг.3. Дейтрон дээр явагдах (γ, n) урвалд харгалзах $\sigma_{\gamma, n}(E)\Phi(E, E_M)$ үржигдэхүүний энергис хамаарал



Зураг.4. Дейтрон дээр явагдах (γ, p) урвалд харгалзах $\sigma_{\gamma, p}(E)\Phi(E, E_M)$ үржигдэхүүний энергис хамаарал

Томъёо (1) ёсоор эдгээр зургуудад үзүүлсэн дүрсүүдийн талбайнууд фото урвалаар үүссэн нейтрон болон протоны интеграл гаралттай тэнцүү.

Дээрх хамаарлуудыг гаргаж авахдаа Микротрон МТ-22 дээр 1.8 мм зузаантай тантал байнаас үүсэх тормозын цацрагийн $\Phi(E, E_M)$ спектрийг Шиффагийн томъёогоор [4,5] бодсон.

ДҮГНЭЛТ

Лоренцын томъёон дахь энергиүдийн утгыг E_0 босго энергир засвар хийх замаар дейтрон дээр явагдах (γ, n) , (γ, p) урвалуудын

огтлолыг 22МэВ хүртлэх мужид хүрэлцээтэй нарийвчлалтайгаар тодорхойлж болохыг харуулав.

Дээрх хамаарлуудыг ашиглаж хийсэн тооцоо ёсоор Микротрон МТ-22 дээр хүнд ус (D_2O)-ыг тормозын цацрагаар шарахад фото цөмийн урвалаар үүссэн протоны болон нейтроны интеграл урсгалын харьцаа $Y_{\gamma p}/Y_{\gamma n}=980$ болох нь тогтоогдов. Энэ нь хүнд усыг протоны конвертор болгон ашиглах бүрэн боломжтойг харуулж байна.

Лоренцын томъёонд хийсэн бидний засвар хоёрдогч бөөмсийн интеграл урсгалын харьцааг тодорхойлох тооцоог хялбар болгосныг онцлон тэмдэглэж байна.

Исследование Сечения Фоторасщепления Дейтрона Б.Отгоолой, Г. Дамдинсүрэн

Австракт. Предложен метод, который дает возможность сделать поправку в формуле Лоренца. Результаты, полученные новым методом хорошо воспроизводят экспериментальные данные как по величине сечения поглощения, так и по его зависимости от энергии в области энергии фотонов 2.2-22 МэВ.

- [1]. К.Н.Мухин Экспериментальная ядерная физика Том 1 ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА Москва Атомиздат 1974
- [2]. Handbook on Nuclear Activation Data, Technacal reports series No.273. International Atomic Energy Agency.Vienna.1987.
- [3]. C.Segebade, H.-P.Weise, G.J.Lutz Photon activation analysis. 1988. Walter de Gruyter. Berlin. New York. 1988.
- [4]. Бурмистенко Ю.Н. Фотоядерный анализ состава вещества. М.:Энергоатомиздат, 1986.
- [5]. Б.Отгоолой, Н.Энхбат Микротрон МТ-22 хурдасгуурын гамма квантын сувагдах цацрагийн түгэлт Улаанбаатар 2007
- [6]. Ядерные реакции Под редакцией П.М.Эндта Том II Атомиздат Москва 1964
- [7]. А.А.Лукьянов Структура нейтронных сечений Атомиздат Москва 1978