

**Их энергитэй цөм - цөмийн мөргөлдөөний үед үүсэх
фрагментүүдийн гаж харилцан үйлчлэлийн судалгаа**

Б.Отгоолой, Ш.Гэрбиш

**Исследование аномального взаимодействия
фрагментов в ядро-ядерных соударениях
при релятивистских энергиях**

Представлены результаты экспериментов по исследованию фрагментов во взаимодействиях дейтрона с блоками мишеней из меди.

Разработан активационный метод восстановления кривой поглощения вторичных частиц и фрагментов в мишень, генерируемых в этих взаимодействиях. Определено сечение неупругого взаимодействия дейтрона с ядром меди при энергии 7.3 ГэВ.

Обнаружены аномальные изменения в выходах изотопов Co-58, Co-60 и Mn-54, образующихся при облучении сборки мишеней из меди (диаметр 80мм, толщина 1мм) в пучке дейтрона с энергией 7.3 ГэВ. Оценена средняя длина пробега аномальных фрагментов (1.77 ± 0.79 мм).

Оршил

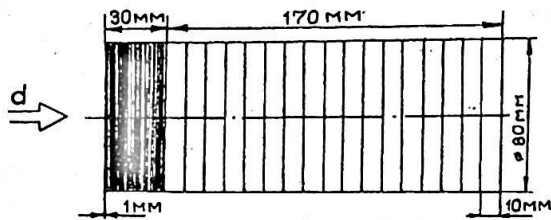
Релятив энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлийн үед бодис дахь дундаж гүйлтийн урт нь маш богино, "гаж" фрагментүүд (аномалон) үүсч болох тухай асуудлаар туршлагын болон онолын олон судалгаанууд хийгдсэн байдаг [1,2]. Харилцан үйлчлэлийн "гаж" их оноотой фрагментүүдийг, ажил [3,4]-уудад, тэдгээрийн геометр хэмжээ ихэссэнтэй холбож тайлбарладаг. Энэ тохиолдолд фрагментүүдийн бүрэлдэхүүнд орж байгаа, ялангуяа $z=3+5$ цөмүүдийн радиус R жирийн $R=r_0 A^{1/3}$ томъёогоор илэрхийлэгддэггүй, өөрөөр хэлбэл параметр r_0 хэд дахин ихэссэн байдаг.

Их энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлийн үед бага нягттай бөгөөд жирийн цөмтэй харьцангуйгаар радиус нь 3 дахин их цөмийн изомер үүсэх боломжтойг [5,6] ажлуудад дурьдсан байдаг. Ийм төлөв байдлыг өдөөх энерги нь ойролцоогоор $5+6$ МэВ/нуклон.

Энэ мэтээр онол, туршлагын олон загвар, саналуудыг дурьдаж болох боловч өнөөдрийг хүртэл хийгдсэн бүх судалгаанууд нэгэн утгатай үр дүнд хүрч чадаагүй юм. Түүгээр ч үл барам туршилтын нэг судалгаанд [7,8] ажлуудад эсрэг дүгнэлт өгсөн байдаг. Энэ нь туршлагын дүнг боловсруулахдаа хэт бүдүүвчилсэн эсвэл тодорхойгүй загварчлал хэрэглэснээс тухайн эффектийг товойлгон гаргаж чадаагүйд оршино. Иймд ямар нэг таамаглал дэвшүүлж, ойролцоолсон загвар хэрэглэлгүйгээр байж болзошгүй эффектийг байгаагаар нь сэргээн буулгах аргыг боловсруулахад ажлын гол зорилго оршино.

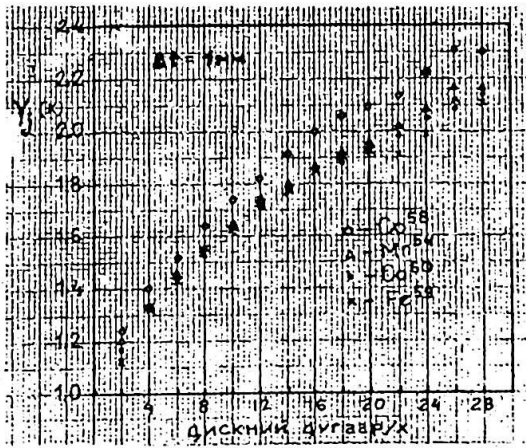
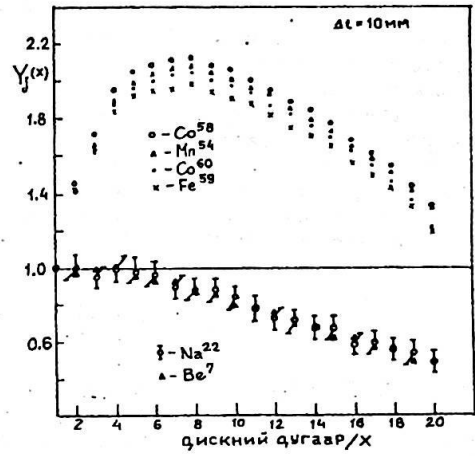
I. Туршилт, хэмжилтийн дүн

Их энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлийг судлахад жирийн идэвжилийн шинжилгээний off-line аргыг хэрэглэх нь релятив цөмийн физикийн бусад уламжлалт аргуудыг баяжуулаад зогсохгүй амжилттай хэрэглэгдэх болсон билээ. Энэхүү ажилд синхрофазатрон дээр 7.3 ГэВ энергитэй дейтроноор тус бүр 80 мм диаметр бүхий зэс дискнүүдийг шарахад үүссэн урт наст зарим изотопуудын харьцангуй идэвжилийг хэмжсэн дүнг нэгтгэв. Дейтроноор зэс дискнүүдийг шарсан геометрийг зураг 1.1-д үзүүлэв. Диск бүрийн зузаан $\Delta t=10$ мм бөгөөд харин эхний 3 см-д харгалзах дискнүүдийн зузаан $\Delta t=1$ мм.



Зураг 1.1

Зураг 1.2



Зураг 1.3

Ээс дискнүүдийн идэвхжилийн хэмжилтийг Ge(Li)- детектор бүхий спектрометрээр ижилхэн геометрт хэмжсэн бөгөөд хэмжигдсэн изотопуудад харгалзах зарим физик хэмжигдэхүүнүүдийг болон тухайн энергитэй гамма-квантыг бүртгэхэд харгалзах хамгийн их статистик алдаануудыг хүснэгтээр үзүүлэв.

Изотоп	Co ⁶⁰	Co ⁵⁸	Fe ⁵⁹	Mn ⁵⁴	Na ²²	Be ⁷	Sc ⁴⁶
E _γ (КэВ)	1332.5 1173.5	810.8	1291.6 1098.2	834.8	1274.5	477.6	1120.5 889.3
T _{1/2}	5.272 жил	70.86 өдөр	44.5 өдөр	312.2 өдөр	2.603 жил	53.29 өдөр	83.62 өдөр
Хэмжилтийн алдаа (%)	1.3 1.3	0.2	1.4 1.3	0.5	10	3.6	0.77 0.55

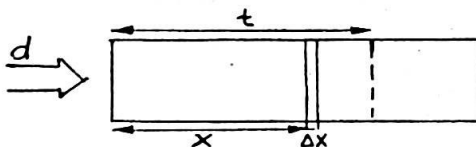
Хэмжилт бүрийн хооронд харгалзах хугацааны зохих засварыг изотоп тус бүрд хийсний дараа эхний дисктэй харьцангуйгаар бусад дискэнд харгалзах харьцангуй идэвхжил Y_p-г j-р изотоп бүрд олсныг (1,2) ба (1.3)-р зургуудаар үзүүллээ. Энд Δt=10 мм-ийн хэмжилтийг хийсний дараа эхний 30 мм-ийн хувьд Δt=1 мм-ийн хэмжилтийг давтан хийсэн.

Иймд эхний 3 см-д харгалзах Δt=10 буюу Δt=1 мм-ийн хэмжилтүүд хоорондоо үл хамаарах хэмжигдэхүүнүүд юм. Эдгээр хэмжилтийн дүнгээс харахад Na²² ба Be⁷ изотопууд нь харьцангуй их энергитэй бөөмсөөр үүссэн бөгөөд бусад изотопуудыг үүсгэсэн зарим хоёрдогч бөөмсийн энерги эдгээр (Na²²; Be⁷) изотопыг үүсгэхэд хүрээгүй болов уу гэхээс өөр тоймтой таамаглал өгөх бололцоогүй юм. Иймд энэхүү хэмжилтийн дүнд нарийвчилсан боловсруулалт хийх аргачлал зайлшгүй шаардлагатай.

II. 7.3 ГэВ энергитэй дейтрон 63,5Cu-тэй харимхай бус үйлчлэл хийх оноог үнэлэх нь

II.1. Y(x) - функцийн аналитик хэлбэр:

Ээс байг дейтроноор буудахад i-р хоёрдогч бөөм буюу фрагмент (хялбарыг бодож цаашид хоёрдогч бөөм гэе) үүсэх урвалын макро оноог σ_и, энэхүү бөөмсөөр j-р изотоп үүсэх магадлалыг v_j гэвэл dx завсар v_jσ_иexp(-σ_иx)dx тооны j-р изотоп үүснэ (зураг 2.1).



Зураг 2.1

Ээс байны t гүнд нийт хоёрдогч бөөмсөөр үүсэх j-р изотопын тоог бичвэл:

$$\int_0^t v_j \sigma_{и} e^{-\sigma_{и} x} e^{-\sigma_{и}(t-x)} dx = \frac{v_j \sigma_{и}}{\sigma_{и} - \sigma_{и}} (e^{-\sigma_{и} t} - e^{-\sigma_{и} t})$$

Анхдагч бөөм болон хоёрдогч бүх бөөмсөөр үүссэн j-р изотопын нийт тоо t гүнд дараах хэлбэртэй болно.

$$N_j(t) = \left[I_0 v_{j0} + \sum_{i=1}^n \frac{I_0 v_i \sigma_{и}}{\sigma_{и} - \sigma_{и}} (1 - e^{-(\sigma_{и} - \sigma_{и}) t}) \right] e^{-\sigma_{и} t} \quad (2.1)$$

Энд: I_0 - дейтроны анхны урсгал

v_p - дейтроноор j -р изотоп үүсэх магадлал

σ_i - зэстэй i -р хоёрдогч бөөм харимхай бус харилцан үйлчлэл хийх макро оноо

σ_d - зэстэй дейтрон харимхай бус харилцан үйлчлэл хийх макро оноо

Хэмжилтийг тодорхой Δt зузаантай дискүүдийн хувьд хийсэн тул тухайн дискнээс j -р изотопын хэмжигдэх импульсын тоо $A_{jn}(\Delta t)$ -г (2.1) томъёог ашиглан бичвэл:

$$A_{jn}(\Delta t) = \varepsilon_j(E) \int_{n-\Delta t}^{(n+1)\Delta t} N(t) dt \quad \text{буюу интеграл авсны дараа}$$

$$A_{jn}(\Delta t) = \varepsilon_j(E) I_0 \left\{ \frac{v_{jo}}{\sigma_d} (1 - e^{-\sigma_d \Delta t}) + \sum_{i=1}^n \frac{v_{ji} \sigma_{di}}{\sigma_d - \sigma_i} \left[\frac{(1 - e^{-\sigma_i \Delta t})}{\sigma_i} e^{(\sigma_d - \sigma_i) n \Delta t} - \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d} \right] \right\} e^{-\sigma_d n \Delta t}$$

$\varepsilon_j(E)$ - тухайн изотопыг хэмжихэд харгалзах детекторын эфффективность

n - дискны дугаар дейтрон туссан талаас эхлэх бөгөөд тэгээс эхлэж утга авна.

Дейтрон туссан анхны дискны хувьд

$$A_{jo}(\Delta t) = \varepsilon_j(E) I_0 \left\{ \frac{v_{jo}}{\sigma_d} (1 - e^{-\sigma_d \Delta t}) + \sum_{i=1}^n \frac{v_{ji} \sigma_{di}}{\sigma_d - \sigma_i} \left[\frac{(1 - e^{-\sigma_i \Delta t})}{\sigma_i} - \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d} \right] \right\}$$

Эндээс бидний олох ёстой харьцангуй идэвхжил $Y_j(x) \equiv Y_{jn}(\Delta t)$ дараах хэлбэртэй болно.

$$Y_{jn}(\Delta t) = \frac{A_{jn}(\Delta t)}{A_{jo}(\Delta t)} = \frac{e^{-\sigma_d n \Delta t}}{K_{jo}(\Delta t)} \left\{ \frac{v_{jo}}{\sigma_d} (1 - e^{-\sigma_d \Delta t}) + \sum_{i=1}^n \frac{v_{ji} \sigma_{di}}{\sigma_d - \sigma_i} \left[\frac{(1 - e^{-\sigma_i \Delta t})}{\sigma_i} e^{(\sigma_d - \sigma_i) n \Delta t} - \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d} \right] \right\}$$

(2.2)

$$K_{jo}(\Delta t) = \frac{A_{jo}(\Delta t)}{\varepsilon_j(E) I_0} = \left\{ \frac{v_{jo}}{\sigma_d} (1 - e^{-\sigma_d \Delta t}) + \sum_{i=1}^n \frac{v_{ji} \sigma_{di}}{\sigma_d - \sigma_i} \left[\frac{(1 - e^{-\sigma_i \Delta t})}{\sigma_i} - \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d} \right] \right\}$$

II.2 Дейтрон зэстэй харимхай бус үйлчлэл хийх оноог тодорхойлох:

Өмнө тэмдэглэсэнээр Na^{22} болон Be^7 изотопууд бусадтайгаа харьцангуй өндөр энергитэй бөөмсийн харилцан үйлчлэлээр үүссэн учраас өмнөх дискнээс эргэж ар талын дискэнд өгөх хоёрдогч бөөмсийн (180 градусаар) эсрэг сарнилын нөлөө бага бөгөөд $Y_{\text{Nan}}(\Delta t)$; $Y_{\text{Ban}}(\Delta t) \leq 1$ байгаа учир тухайн изотопуудыг үүсгэсэн үндсэн бөөмс нь их энергитэй (d, p, n, π^+, π^-)-ууд гэж үзэж болно.

Иймд (p, n, π^+, π^-) бөөмс $^{63.5}\text{Cu}$ дээр харимхай бус сарнил хийх оноонуудын хувьд, харьцангуй бага алдаан дотор (20%-иос хэтрэхгүй), дараах ойролцооллыг хийж болно [9]. Тухайлбал 10+100 МэВ энергийн мужид нейтрон, протоны хувьд зэстэй харимхай бус харилцан үйлчлэлцэх оноо дунджаар:

$$\bar{\sigma}_{n,p} = \int_{10}^{100} \sigma_{n,p}(E) f(E) dE / \int_{10}^{100} f(E) dE \approx 1.00 \pm 0.2 \text{ барн}$$

$f(E)$ - нейтрон, протоны спектр. Өөрөөр хэлбэл $\bar{\sigma}_{n,p}$ нь (0.8+1.2) барн мужаас хэтрэхгүй. 100 МэВ $\leq E$ энергийн мужид $\sigma_{n,p}$ тогтмол 0.8 барн. Харин пионуудын хувьд 10+450 мэВ энергийн мужид $\bar{\sigma}_{\pi^+, \pi^-} = 1.00 \pm 0.20$ барн.

0.45+1.00 ГэВ энергийн мужид ижилхэн 0.88 ± 0.04 барн орчим тогтмол байна. Хоёрдогч дейтроны хувьд мөн ойролцоогоор 1 барн орчим гэж үзэж болно [9].

Иймд $G \approx \sigma_n \approx \sigma_{n-1} \approx \sigma_n \approx \sigma_p$ гэж үзээд (2,2) томъёог Na^{22} болон Be^7 изотопуудын хувьд дараах хэлбэрээр ойролцоолон бичвэл:

$$Y_m(\Delta t) \equiv [D_{j_0} + D_{j_1} e^{(\sigma_d - \sigma_i)\Delta t} - P_{j_1}] e^{-\sigma_d \Delta t} \quad (2.3)$$

$$D_{j_0} = \frac{v_{j_0} (1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d K_{j_0}(\Delta t)} ; D_{j_1} = \sum_{i=1} \frac{v_i \sigma_{d_i}}{\sigma_d - G} \cdot \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{G K_{j_0}} ; P_{j_1} = \sum_{i=1} \frac{v_i \sigma_{d_i}}{\sigma_d - G} \cdot \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d K_{j_0}}$$

$G = N \cdot \sigma_{\text{эф}}$; $N = 0.0848 \cdot 10^{24}$ цөм/см³ - 1 см³ эзлэхүүн дэх зэсний цөмийн тоо
Их энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлийн дүнд үүсэх хоёрдогч бөөмс (ρ , n , π^+ , π^-)-ийн спектрийн ерөнхий хэлбэрийг [10] тооцвол $\sigma_{\text{эф}} = 1.00$ барн орчим байх ёстой. Хэмжилтийн дүнгээс Na^{22} болон Be^7 изотопууд ижилхэн бөөмсийн харилцан үйлчлэлээр, урвалын адилхан механизмаар үүссэн гэж үзэж болох бөгөөд үүний гол үндэслэл нь $Y_{\text{Na},n}(\Delta t)/Y_{\text{Be},n}(\Delta t) = 1$ тогтмол байгаагаар тайлбарлагдана.

Иймээс σ_d хэмжигдэхүүний хамгийн ойролцоо дундаж утгыг олохын тулд $Y_{\text{Na},n}$, $Y_{\text{Be},n}$ хэмжигдэхүүнүүдийн дундаж утгыг ашиглахад хүрэлцээтэй..

Томъёо (2,3) болон $Y_{\text{NaBe},n}$ утгуудыг ашиглан компьютер дээр "FUMILI" стандарт программын тусламжтайгаар тодорхойлогдсон параметруудийн утгуудыг үзүүлбэл:

$$\frac{v_{j_0}}{K_{j_0}(\Delta t)} \cdot \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_d} = 0.941 \pm 0.066 ; \quad \frac{1}{K_{j_0}} \sum \frac{v_i \sigma_{d_i}}{\sigma_d - G} = 0.884 \pm 0.242$$

$$G = N \cdot \sigma_{\text{эф}} = 0.0892 \pm 0.0022 \text{ см}^{-1} ; \quad \sigma_d = N \cdot \sigma_{\text{нейт}}^d = 0.1020 \pm 0.0033 \text{ см}^{-1}$$

Эндээс харимхай бус үйлчлэлийн оноонуудыг тодорхойлбол:

$$\sigma_{\text{эф}} = G/N = 1.050 \pm 0.033 \text{ барн} ; \quad \sigma_{\text{нейт}}^d = \sigma_d/N = 1.200 \pm 0.034 \text{ барн}$$

Тооцооноос харахад $\sigma_{\text{эф}} = 1.05$ барн гарсан нь бидний таамаглал зөв байсны баталгаа юм. 7.3 ГэВ энергитэй дейтрон зэс дээр харимхай бус сарнил хийх $\sigma_{\text{нейт}}^d$ оноог 0.4+5 ГэВ/нуклон энергийн мужид сайн тохирдог [11] дараах томъёогоор үнэлбэл:

$\sigma_{\text{нейт}}^d = \pi R^2 (A_d^{1/2} + A_{\text{Cu}}^{1/2} - B(E))$; $R = 1.46 \cdot 10^{-13}$ см; $B = 1.21$ буюу $\sigma_{\text{нейт}}^d = 1.1$ барн
Өөрөөр хэлбэл хоёр тооцоо алдааны хүрээнд сайн тохирч байгаа нь бидний арга болон тооцоо муугүй хийгдсэний нотолгоо юм.

III .Хоёрдогч бөөмсийн шингэлтийн муруй буулгах асуудал

III.1 Үндэслэл:

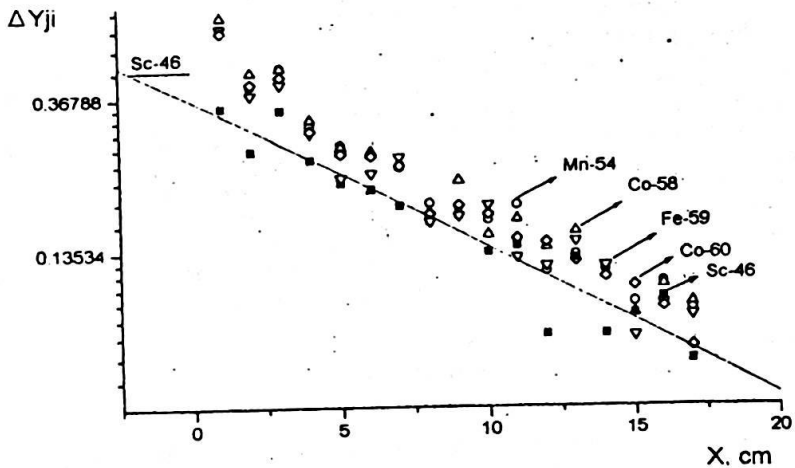
Харьцангуй идэвхжил $1 \leq Y_m(\Delta t)$ тохиолдолд хичнээн төрлийн хоёрдогч бөөмс байгаа, тэдгээрийн нөлөө ямар болох нь тодорхойгүй. Иймд урьдчилсан таамаглал дэвшүүлэх нь явиртай бөгөөд, (2,2) томъёон дахь нийлбэрийг илэрхийлсэн гишүүнийг яаж задаргаа хийснээс шалтгаалан нэгэн биш утгатай дүгнэлтүүдэд хүрч болзошгүй билээ.

Харин хэмжилтийн утгуудаар нийлбэрийн тэмдэг доорх гишүүдийг илэрхийлбэл дээр тэмдэглэсэн хүндрэлийг харьцангуй амархан шийдвэрлэж болно. Үүний тулд (2,2) томъёоны хоёр талыг $\exp(\sigma_d \Delta t)$ гишүүнээр үржүүлж дараах ялгаврыг тодорхойлоход хүрэлцээтэй:

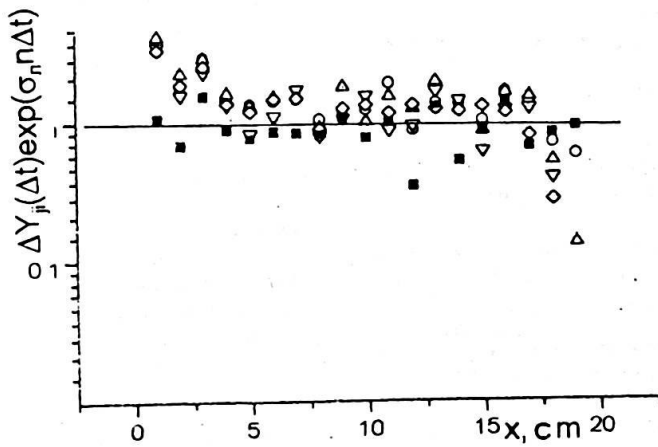
$$(Y_{j_{n+1}} e^{\sigma_d \Delta t} - Y_{j_n}) e^{\sigma_d \Delta t} = \sum_{i=1} \frac{v_i \sigma_{d_i}}{\sigma_d - \sigma_i} \cdot \frac{(1 - e^{-\sigma_d \Delta t})}{\sigma_i K_{j_0}} [e^{(\sigma_d - \sigma_i)\Delta t} - 1] e^{(\sigma_d - \sigma_i)\Delta t} \quad \text{буюу}$$

$$\Delta Y_{j_n}(\Delta t) = Y_{j_{n+1}} e^{\sigma_d \Delta t} - Y_{j_n} = \sum_{i=1} \frac{v_i \sigma_{d_i}}{(\sigma_d - \sigma_i) \sigma_i K_{j_0}(\Delta t)} (e^{(\sigma_d - \sigma_i)\Delta t} - 1) \cdot e^{-\sigma_d \Delta t} = \sum_{i=1} \text{Const}_i e^{-\sigma_i \Delta t} \quad (3.1)$$

Томъёо (3.1)-ээс харахад $(Y_{j_{n+1}} e^{\sigma_d \Delta t} - Y_{j_n})$ ялгавар нь хоёрдогч бөөмсийн



Зувар 3.1



Зувар 3.2

шингэлтийн муруйг дискний дугаараас хамааруулан илэрхийлж байна. Энэ нь өмнө тодорхойлогдсон $\sigma_n = 0.102 \pm 0.03 \text{ см}^{-1}$ утга, хэмжилтийн дүн Y_n -г ашиглан хоёрдогч бөөмсийн шингэлтийн муруйг урьдчилсан ямарч таамаглалгүйгээр найдвартай бүрэн илэрхийлж болно гэсэн үг.

III.2. $\Delta t = 10 \text{ мм}$ тохиолдолд:

Зарчмын хувьд энэхүү тооцоонд эсрэг сарнилын нөлөөг тооцсон байх ёстой. Гэхдээ (3.1) томъёон дахь нийлбэрийг илэрхий хэлбэрээр бичих шаардлагагүй бөгөөд бүх тохиолдол автоматаар тооцогдон орсон гэж үзэж болно.

Хэмжигдэхүүн $\Delta Y_n(\Delta t)$ -г тухайн n -р дискэнд өмнөх бүх дискэнд үүссэн хоёрдогч бөөмсийн өгсөн нөлөөтэй эндүүрч ойлгож болохгүй. Өөрөөр хэлбэл ΔY_n нь зөвхөн $n=0$ дугаар дискэнд үүссэн хоёрдогч бүх бөөм, фрагментүүдийн нийлбэр урсгал дараачийн Δt зузаантай дискнүүдэд хэрхэн суларч очсоныг харуулах хэмжигдэхүүн болохыг (3.1)-ээс харж болно. Хэмжилтийн утга Y_n болон σ_n -ийн тодорхойлогдсон дүнгүүдийг ашиглан ($\Delta t = 10 \text{ мм}$ тохиолдолд) тухайн изотопуудыг үүсгэсэн хоёрдогч бөөмс болон фрагментүүдэд харгалзах $\Delta Y_n(\Delta t)$ хэмжигдэхүүнийг (3.1) томъёогоор бодсоныг зураг 3.1-д үзүүлэв. Харьцангуй идэвхжил $Y_n(\Delta t)$ - нь дээрх изотопуудын хувьд хамгийн ихдээ 1.5%-ийн нарийвчлалтайгаар тодорхойлогдсон учир $\Delta Y_n(\Delta t)$ - хэмжигдэхүүний алдаа 2.5%-иас хэтрэхгүй. (Алдааг зөвхөн статистик алдаагаар тодорхойлов). Иймд цэгийн хэмжээг статистик алдааны хэмжээ гэж ойлгож болно.

Зургаас, Sc^{46} изотопыг үүсгэсэн хоёрдогч бөөмс зэс дээр харимхай бус сарнил хийх оноогоороо ойролцоогоор нэг группэд багцлагдахуйц болох нь харагдаж байна. Бусад изотопуудыг үүсгэсэн хоёрдогч бөөмс зэс дээр харимхай бус сарнил хийх оноогоороо ерөнхийдөө 2 групп болохыг зургаас харж болно. Зарчмын хувьд эдгээр изотопуудыг үүсгэсэн "лидер" хоёрдогч бөөмс нь Na^{22} ба Be^7 изотопуудыг үүсгэсэн бөөмс байх ёстой. Иймд дээрх изотопуудад харгалзах $\Delta Y_n(\Delta t)$ хэмжигдэхүүнийг "лидер" бөөмсд харгалзах $e^{-\sigma_n \Delta t}$ хэмжигдэхүүнд нормчилбал бусад хоёрдогч бөөмсийн эффект илүү тодорхой харагдах ёстой. Өөрөөр хэлбэл:

$$\Delta Y_n(\Delta t) e^{\sigma_n \Delta t} = \sum_{i=1}^n \text{Const}_i e^{(\sigma_i - \sigma_n) \Delta t} ; \quad G \equiv \sigma_n = 0.0892 \pm 0.0022 \text{ см}^{-1} \quad (3.2)$$

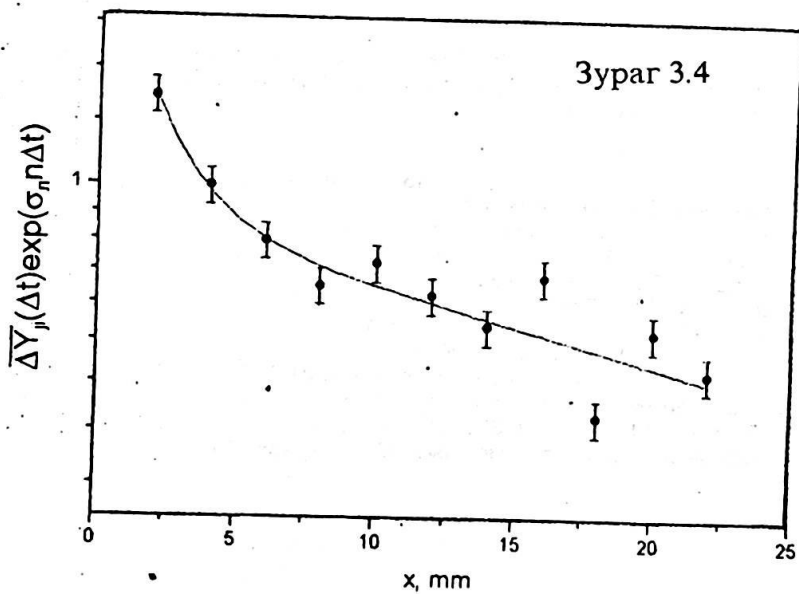
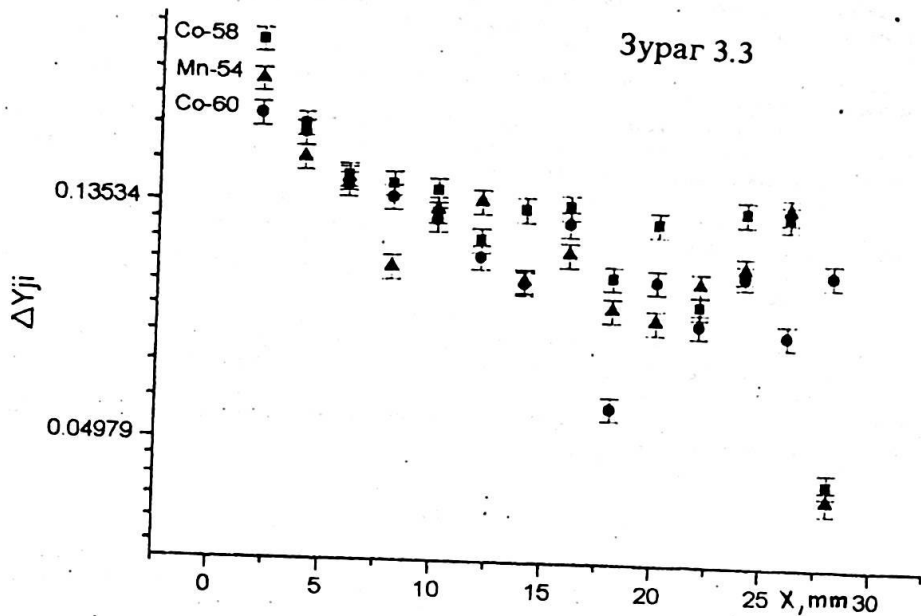
Энэхүү хамаарлуудыг зураг (3.2)-д үзүүлэв. Сүүлийн зургаас харахад эхний 30 мм-д шингэлт их бөгөөд цаашдаа тогтмол байгаа нь лидер хоёрдогч бөөмс нь үнэхээр Na, Be-г үүсгэсэн бөөмс мөн болохын баталгаа юм. Харин сүүлийн дискнүүдэд харгалзах цэгүүд унасан явдал нь эсрэг сарнилын нөлөө багассантай холбоотой.

III.3. $\Delta t = 1 \text{ мм}$ тохиолдолд:

Дээр дурьдагдсан $\Delta t = 10 \text{ мм}$ -ийн хэмжилтүүдийн хувьд эхний үсэрсэн цэгүүд санамсаргүй тохиолдолуу эффект үү гэдгийг нарийвчлан тогтоох шаардлагатай. Иймд $\Delta t = 1 \text{ мм}$ -ийн хэмжилтийг эхний 30 мм-д давтан хийсэн дүнг ашиглан ΔY_n -г бодсоныг зураг (3.3) үзүүлэв. Өөрөөр хэлбэл $\Delta t = 10 \text{ мм}$ тохиолдолд эхний цэгүүд санамсаргүй үсрээгүйгээр барахгүй бөөмсийн шингэлтийн явцыг дотор нь дахин групп болгож болох нь харагдаж байна. Зургаас харахад эхний 7 мм орчимд шингэлт огцом явагдаж 7÷22 мм мужид харьцангуй аажим буурч байснаа 22÷28 мм-д дахин өсөөд буурчээ.

Гүйлтийн уртаараа ялгаатай бөөмс буюу фрагментийн шингэлт явагдсан гэж үзээд дундаж харьцангуй утгуудаар нь (3.2) томъёог ашиглан, харгалзах гүйлтийн уртуудыг (0÷22 мм-д) стандарт программуудын тусламжтайгаар үнэлбэл (зураг 3.4):

$$\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_n &= 0.556 \pm 0.25 \text{ мм}^{-1} && \text{буюу} && \sigma_1 &= 0.565 \pm 0.25 \text{ мм}^{-1} \\ \sigma_2 - \sigma_n &= 0.0209 \pm 0.0049 \text{ мм}^{-1} && \text{буюу} && \sigma_2 &= 0.0298 \pm 0.005 \text{ мм}^{-1} \\ \text{Гүйлтийн урт: } \lambda_1 &= 1/\sigma_1 = 1.77 \pm 0.79 \text{ мм} ; && && \lambda_2 &= 1/\sigma_2 = 33.53 \pm 8.4 \text{ мм} \end{aligned}$$



Харгалзах харимхай бус сарнилын оноонуудыг үнэлбэл: Эхний 7 мм-д 67 ± 30 барн; хоёр дахь хэсэгт 3.5 ± 0.9 барн. Тухайлбал B^{11} изотоп зэс дээр харимхай бус сарнил хийх оноо 4 барн [9] байдаг бөгөөд бидний тодорхойлсон утгатай алдааны мужид тохирч байгаа. Иймд энэ мужид зарчмын хувьд анхаарал татахуйц асуудал байхгүй.

Харин эхний 7 мм-д тодорхойлогдсон утга жирийн цөм -цөмийн болон цөм-нуклонуудын харилцан үйлчлэлцлийн оноог тодорхойлдог уламжлалт аргаар тайлбарлагдах утгуудаас нэг эрэмбээр их байна.

Нөгөө талаас өмнө дурьдагдсан янз бүрийн загварчлал, тооцоонуудын нэгдсэн гол үнэлгээ ёсоор гаж фрагментүүдийн дундаж гүйлтийн урт ойролцоогоор 1--2 мм [1].

Энэ нь алдааны хүрээнд бидний тодорхойлсон 1.77 ± 0.79 мм утгатай тохирч байгаа нь санамсаргүй тохиолдол биш юм.

Дээр дурьдагдсан ажлуудыг түшиглэн энэхүү ажиглагдсан эффектэнд зарчмын хувьд янз бүрийн тайлбар өгч болох боловч судлагдах объект хараахан тодорхойгүй учир таамаглалаас хэтрэхгүй нилээд ярвигтай асуудал юм.

Иймд тухайн аргаарх судалгааг бусад их энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлд хийх хэрэгтэй бөгөөд их энергийн физикийн уламжлалт өөр аргуудтай хослон судлах нь зүйтэй.

Дүгнэлт

1. Их энергитэй цөм-цөмийн харилцан үйлчлэлийн дүнд үүссэн хоёрдогч бөөмсийн болон фрагментүүдийн нийлбэр шингэлтийн муруйг жирийн идэвхжилийн аргыг ашиглан сэргээн буулгах аргыг боловсруулав.
2. 7,3 ГэВ энергитэй дейтрон зэс дээр харимхай бус сарнил хийх оноо $\sigma_{\text{сарт}}^d = 1.200 \pm 0.034$ барн.
3. 7,3 ГэВ энергитэй дейтрон зэстэй харилцан үйлчлэлцэх үед зэсэнд харьцангуй богино ($\lambda \approx 1.80$ мм) гүйлтийн урттай "гаж объект" үүссэн болохыг тогтоов.
4. Жирийн идэвхжилийн off-line аргаар их энергитэй цөм - цөмийн харилцан үйлчлэлийн үед үүсэх гаж фрагментүүдийн судалгааг хийх бүрэн боломжтойг харуулав.

Ашигласан хэвлэл

1. P.I.Karol, Science, 226(1984) 1425
2. B.F.Bayman, Y.C.Tang, Phys.Rev. 147(1987)
3. B.F.Bayman et al., Phys.Rev. Lett.49(1982) 532
4. В.А. Ходель, Письма ЖЭТФ 36 (1982) 265
5. P.L.Jain et al., Phys.Rev. C25(1982) 2216
6. Y.Yamaguchi, Proc.Theor.Phys.67(1982) 1810
7. K.Aleklett et al., Phys.Rev. C38(1988) 1658
8. К.Д.Толстов. Краткие сообщения ОИЯИ №1(21) -87
9. В.С.Барашенков, Сечения взаимодействия частиц и ядер с ядрами Дубна 1993
10. MULTIFRAGMENTATION GSI Darmstadt 1994
11. Г.Г.Воробьев, Т.Д.Толстов Препринт ОИЯИ Р1-85-351