

**14.5МэВ ЭНЕРГИТЭЙ НЕЙТРОНООР ЯВАГДАХ (n,p) БА
(n, α) УРВАЛУУДЫН ОГТЛОЛЫН СИСТЕМАТИК ЗҮЙ
ТОГТОЛ ДАХЬ ЗАРИМ ОНЦЛОГ**

Б.Отгоолой, И.Чадраабал
МУИС, Цөмийн судалгааны төв

*Түлхүүр үг: (n,p), (n, α) урвал, огтлол, параметр, изотоп, цөмийн
цэнэг, илүүдэл нейтроны тоо*

Товч утга: Урвалын огтлолын утгуудад системчилсэн боловсруулалт хийж $Z > 18$ тохиолдолд C, K параметрууд (n,p) урвалын үед элементүүдийн хамгийн хөнгөн, тогтвортой изотопуудын илүүдэл нейтроны болон масс тоонуудаас, харин (n, α) урвалын огтлол зөвхөн $(N-Z)/A$ харьцаанаас хамаарна гэдгийг харуулав.

Оршил

14.5 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n,p) ба (n, α) урвалын огтлолыг дараах хэлбэртэйгээр тодорхойлсон байдаг [1,2].

$$\sigma_{n,\alpha} = 0.4\sigma_{n,p} \quad (1)$$

$$\sigma_{n,p} = C\pi r^2 (A^{1/3} + 1)^2 e^{-K(N-Z)/A} \quad (2)$$

Энд: $\sigma_{n,\alpha}$, $\sigma_{n,p}$ -нейтроноор явагдах (n,α) , (n,p) урвалын огтлол

A, Z, N – тухайн цөмийн масс, цэнэгийн болон нейтроны тоо

r - цөмийн радиусын тогтмол буюу 1.2-1.4 ферми

Өөрөөр хэлбэл эдгээр урвалуудын явагдах механизм ижилхэн бөгөөд параметруудийг элементүүдийн хувьд тогтмол $C=45.2$; $K=33$ гэж таамагласан байдаг.

"Нейтрон" төслийн дагуу гүйцэтгэв

Энэхүү ажлын гол зорилго нь дээрх таамаглалыг шалгахад оршино.

1. Мэдээллийн санг бүрдүүлсэн байдал

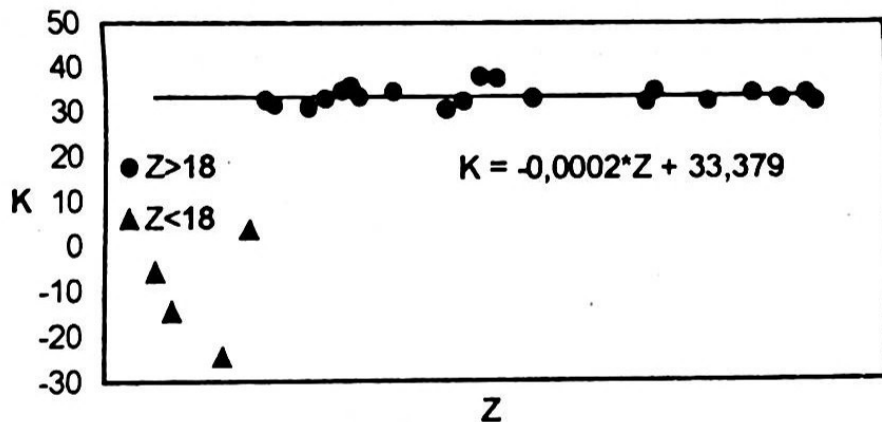
Судалгааны эцсийн дүгнэлтийн үнэмшлийн түвшин нь ашиглагдаж байгаа туршлагын мэдээллийн санг бүрдүүлсэн байдлаар шууд тодорхойлогдоно.

Иймд бид дэлхийн янз бүрийн лабораториудад хэмжигдэж "NUCLEAR PHYSICS" сэтгүүлд 1963 оноос хойш, ОУАЭА-аас эрхлэн гаргадаг Нейтроны мэдээлэл"-ийн санд харьцангуй үнэмшилтэй гэгдэн бүртгэгдэж INDC сэтгүүлийн 1989-1998 оны дугааруудад болон бусад ажилд [3] хэвлэгдсэн туршлагын утгуудыг сонгон авсан.

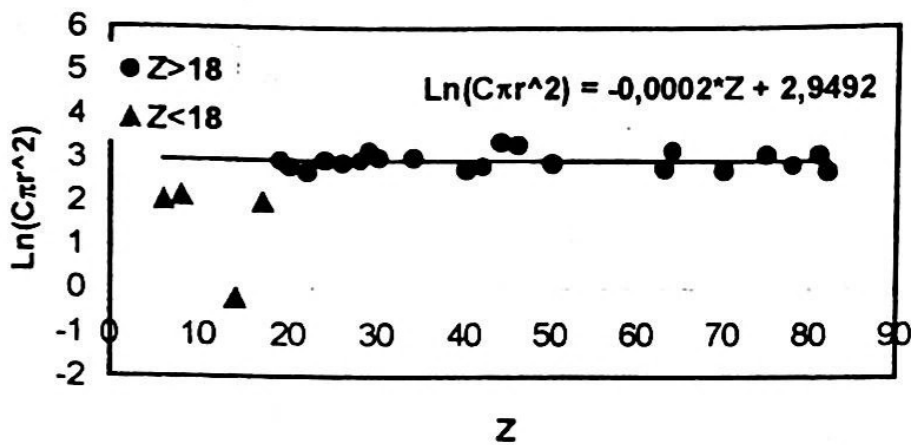
Харьцангуй үнэмшилтэй гэгдсэн энэхүү хэмжилтийн утгууд болон бусад лабораториудад зэрэгцээ хэмжигдсэн утгууд өөр хоорондоо алдааныхаа мужид тохирохгүйгээр үл барам хэд дахин зөрүүтэй ч байх тохиолдол байсан нь сонгогдсон утгуудын алдааг тодорхойгүй болгоход хүргэсэн билээ. Иймд бид статистик боловсруулалт хийхэд тухайн утгуудын алдааг тооцоогүй болно.

2. (n, α) урвалын тохиолдолд:

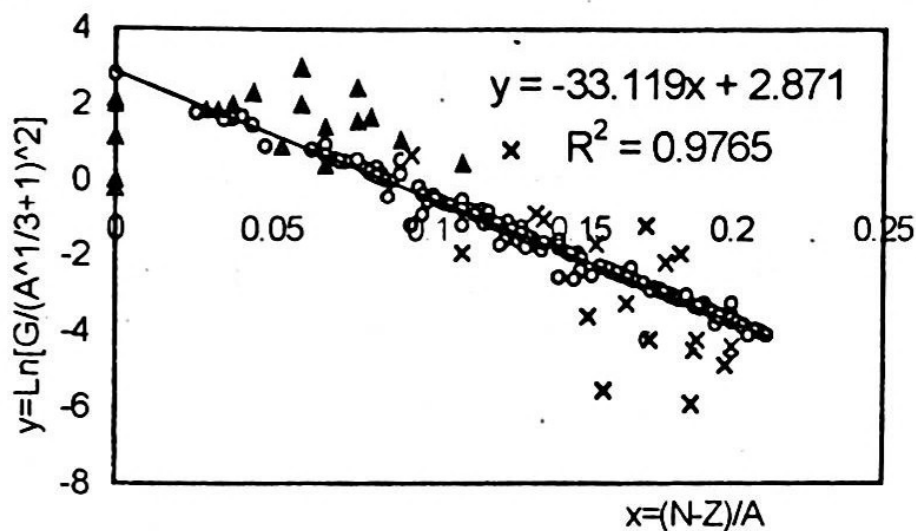
Мэдээллийн санг ашиглан элементүүдийн хувьд тодорхойлогдсон K_{α} , $\ln(\pi^2 C_{\alpha})$ параметруудийн утга цөмийн цэнэгийн тооноос хэрхэн хамаарахыг 1 ба 2-р зургуудад үзүүлэв.



Зураг 1. K параметр цөмийн цэнэгийн тооноос хамаарал



Зураг 2. $\text{Ln}(\pi r^2 C)$ параметр цөмийн цэнэгийн тооноос хамаарал
 Зургуудаас харахад $Z > 18$ тохиолдолд тухайн параметрууд цөмийн
 цэнэгээс үл хамааран тогтмол гэж үзэж болно.
 Байдлыг ойлгомжтой болгох үүднээс бүх 180 хэмжилтийн утгуудын
 систематик зүй тогтлыг 3-р зурагт үзүүлэв.

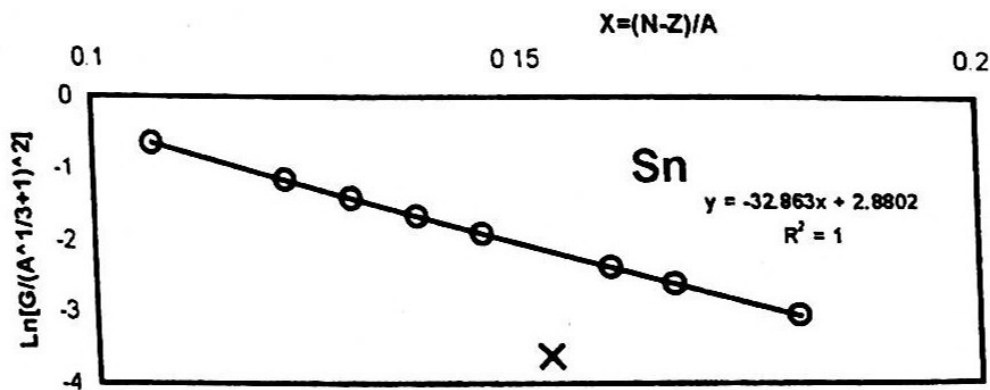


Зураг 3. 14.5 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n, α) урвалын
 огтлол $(N-Z)/A$ –аас хамаарах ерөнхий зүй тогтол

Хар гурвалжингаар $Z < 18$ байх элементүүдэд харгалзах хэмжилтийн
 утгууд тэмдэглэгдсэн бөгөөд зурагт үзүүлсэн ерөнхий статистик зүй
 тогтолд ихэнх нь хамаарагдахгүй болох нь харагдаж байна.

Зурагт заагдсан чагтан тэмдэгүүд нь тухайн элементийн изотопуудын
 хувьд $\sigma_{n, \alpha} = C_{\alpha} \pi r^2 (A^{1/3} + 1)^2 \exp[-K_{\alpha} (N-Z)/A]$ хамаарлаас хэт гажсан
 цэгүүдийн утгуудад харгалзаж байгаа.

Тухайлбал Sn элементийн 9 изотопын нэгд нь харгалзах утга бусдаасаа онцгой үсэрснийг жишээ болгон 4-р зурагт зүүлэв.



Зураг 4. Sn – элементийн изотопууд дээр явагдах (n, α) урвалын огтлол $(N-Z)/A$ –аас хамаарал. $x - \text{Sn}_{50}^{118}$

Энэхүү жишээнээс үзэхэд чагтан тэмдэгүүдэд харгалзах хэмжилтийн утгуудыг үнэмшил багатай гэж үзэх бүрэн үндэслэлтэй. Нэг шулууны дагуу нягтарсан бусад цэгүүдээр бодогдсон $K_\alpha = 33.119$, $\text{Ln}(\pi r^2 C_\alpha) = 2.871$ утгууд өмнө тодорхойлогдсонтойгоо /1 ба 2-р зургуудыг үз/ сайн дүйж байгаа нь цөмийн цэнэгийн дурьдагдсан мужид K_α , C_α параметруудийг тогтмол гэдгийг харуулж байна.

Өөрөөр хэлбэл 14.5 МэВ энергитэй нейтроноор явагдах (n, α) урвалын огтлолыг үнэлэхэд дараах томъёог ашиглах бүрэн бололцоотой.

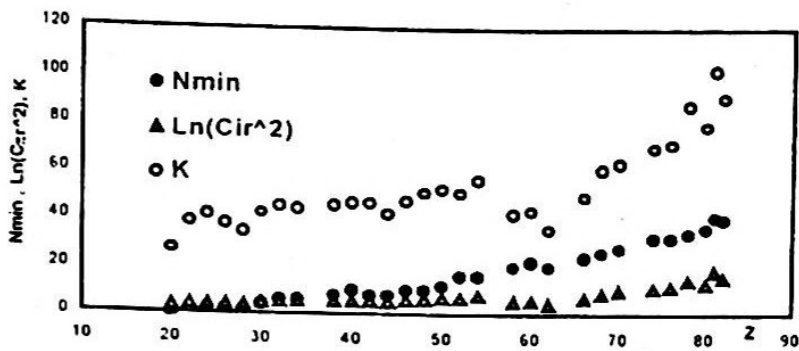
$$\sigma_{n,\alpha} = 0.39 \pi r^2 (A^{1/3} + 1)^2 e^{-33.12(N-Z)/A}; \quad Z > 18 \quad (3)$$

Энд тэмдэглэхэд:

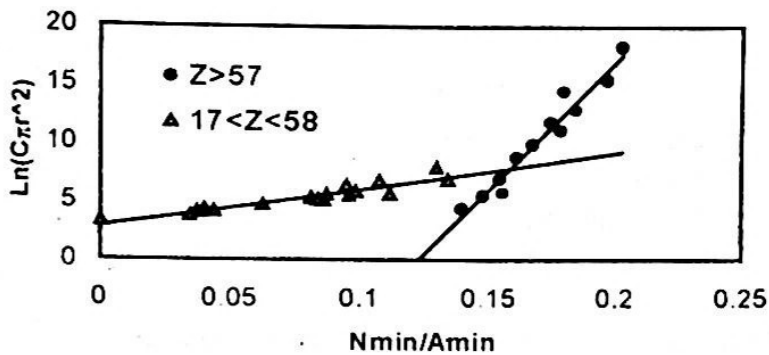
- $r = 1.2$ ферми (1.4 ферми тохиолдолд $C_\alpha = 0.287$ болно.)
Өөрөөр хэлбэл C_α -ийн утга r хэмжигдэхүүнд ямар утга орлуулснаас хамаарах учраас $\text{Ln}(\pi r^2 C_\alpha)$ -ийг тодорхойлсон болно.
- Ag_{18}^{40} изотопод харгалзсан хэмжилтийн утга томъёо (3)-д таарч байгаа боловч бусад изотопынх нь хэмжилт олдоогүй тул Z -ийн аль ч мужид харьяалуулаагүй.

3. (n,p) урвалын тохиолдолд: $Z \geq 18$

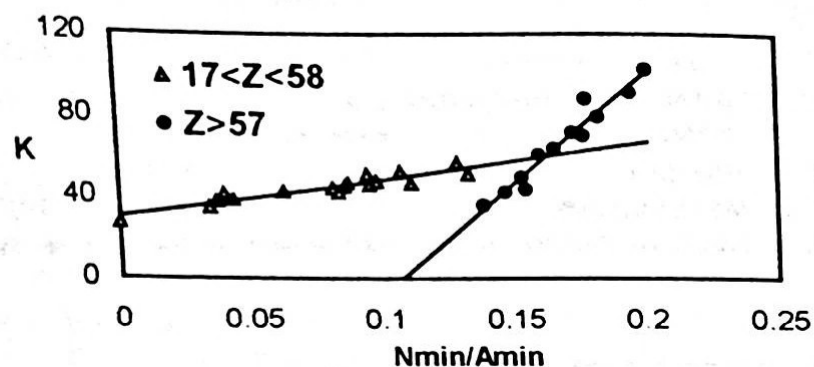
Хэмжилтийн утгуудыг ашиглан томъёо (2)-ын тусламжтайгаар $\text{Ln}(C\pi r^2)$ ба K параметрийг элементүүдийн хувьд тодорхойлж, цөмийн цэнэгийн тооноос хамаарлыг нь хамгийн хөнгөн тогтвортой изотопуудын илүүдэл нейтроны N_{min} тоотой жишиж 5-р зурагт үзүүлэв. Тодорхойлогдсон параметруудийн утгууд тогтмол биш бөгөөд тодорхой муж дахь Z -ээс хамаарлууд нь N_{min} -ийнхтэй төсөөтэй байгаа нь зургаас харагдаж байна.



Зураг 5. K , $\text{Ln}(C\pi r^2)$ параметрууд болон N_{min} цөмийн цэнэгээс хамаарал



Зураг 6. K параметр $N_{\text{min}}/A_{\text{min}}$ -аас хамаарал



Зураг 7. $\ln(C\pi r^2)$ ба N_{min}/A_{min} хоёрын хамаарал

Иймээс энэ ажилд C , K параметрууд нь тухайн элементийн хамгийн хөнгөн тогтвортой изотопод харгалзах масс тоо A_{min} ба илүүдэл нейтроны N_{min} тоонуудаар тодорхойлогдоно гэж үзэж шалгасан байдлыг 6 ба 7-р зургуудад үзүүлэв.

Зургуудаас харахад K ба $\ln(C\pi r^2)$ -ийн утгууд N_{min}/A_{min} харьцаанаас шугаман хамааралтайгаар ерөнхийдөө хоёр өөр шулуун дээр эрэмбэлэгджээ.

Тухайлбал цөмийн цэнэгийн тоо $Z < 58$ байх элементүүд харгалзах параметрууд нэг шулуун дээр бусад үлдсэн $57 < Z$ бүх хүнд элементүүдийнх нөгөө шулуун дээр тус тус эрэмбэлэгдсэн байна.

Хэлэлцлэг

Бидний хийсэн судалгааны дүнгээс үзэхэд $Z > 18$ тохиолдолд (n, α) урвалын үед C_{α} , K_{α} параметрууд тогтмол [1] гэдэг харагдав.

Харин (n, p) урвалын тохиолдолд C, K параметрууд тогтмол биш барахгүй цөмийн цэнэгийн тодорхой мужид өөр өөр хамааралтай байгаа нь (n, α) ба (n, p) урвалуудын огтлолуудын хувьд тэнцэтгэл биелэхгүй гэсэн дүгнэлтэнд хүргэж байна.

Өөрөөр хэлбэл дээрх урвалууд ижилхэн механизмаар явагдах гэдэг дүгнэлт ч эргэлзээтэй.

Тухайн авч үзэж байгаа урвалуудын явагдах механизмууд ондоо гэж үзвэл, (n, α) урвалын үед C_{α} , K_{α} параметрууд тогтмол байгаагаас харахад, тодорхой Z -ээс эхлэн цөм α кластер бүтэцтэй байгаа альфа бөөмийн хувьд кулоны потенциалас өөр төвөгтэй саад байхгүй байх талтай.

байгаа альфа бөөмийн хувьд кулоны потенциалас өөр төвөгтэй саад байхгүй байх талтай.

Хэрэв дээрх таамаглал үнэн гэвэл протоны гарах магадлал нь, альфа бөөмийнхтэй харьцангуй ~ 2.5 дахин их байдаг нь кулоны потенциалтай холбоотой боловч, цөм болон α бөөмсийн харилцан оршин тогтнож буй шүтэлцээнээс шалтгаалах нь гарцаагүй.

Бидний энэхүү төсөөлөл нь дээрх зөрчлийг тайлбарлах олон хувилбаруудын нэг бөгөөд өнгөцхөн харахад судалгааны үр дүнтэй тийм ч их зөрчилдөхгүй байгаа боловч эерэг болон сөрөг талаас нь батлахад тун ярвигтай.

Нөгөө талаас энэхүү ажилд хөндөгдсөн систематик боловсруулалт болон хэрэглэгдсэн арга нь тухайн тохиолдол учраас цаашид давхар хувьсагчтай функцэд шинжилгээ хийдэг программын тусламжтайгаар янз бүрийн хувилбараар шалгах шаардлагатай.

Дүгнэлт

1. Хурдан нейтроноор явагдах (n,p) урвалын үед элементүүдийн хамгийн бага масс бүхий тогтвортой изотопуудад харгалзах $(N-Z)/A$ харьцаагаар C , K параметруудийг тодорхойлж болно.
2. Цөмийн цэнэгийн тоо нь 18-аас дээш тохиолдолд (n,α) урвалын үед C_α , K_α параметрууд тогтмол байна.
3. Харин цэнэгийн тоо 19-өөс бага элементүүд дээр явагдах тухайн урвалуудын огтлолын туршлагын найдвартай мэдээллүүдийг цуглуулж, судалгаа хийх шаардлагатай.

Ашигласан ном

1. В.Н.Левковский
Сечения реакций (n,p) и (n,α) при энергии нейтронов 14-15 МэВ
ЯФ, 18(1973) №4, 705-709
2. В.Н.Левковский
Эмпирические закономерности в сечениях реакций (n,p) при энергии нейтронов 14-15 МэВ ЖЭТФ, Т.45 (1963) вып.2 (8), 305-311
3. С.А.Бадиков, А.Б.Пашенко
Сравнительный анализ систематик сечений реакции (n,p) при энергии нейтронов 14-15 МэВ ФЭИ-2055 Обнинск-1989

Резюме. На основе систематической обработки существующих экспериментальных результатов показано, что при $Z > 18$ сечения реакций (n,α) зависят только от $(N-Z)/A$, а для реакций (n,p) параметры C и K зависят от избытка нейтронов и массового числа самых легких стабильных изотопов.