

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-667(57)-83

Г.А.АВДАЛЯН, Е.О.ГРИГОРЯН, Н.А.ДЕМЬХИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯДЕР ОТДАЧИ
В РЕАКЦИИ $\text{Al}(\gamma, 2pn)^{24}\text{Na}$

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

В последние годы появилось большое количество работ, относящихся к изучению импульсных характеристик ядер отдачи, наиболее полно представлены данные адрон-ядерных реакций [1-4]. В области фотоядерных взаимодействий аналогичные исследования проводились для продуктов деления [5-7]. К числу наиболее простых способов измерения ядер отдачи относится метод улавливающих фольг. На рисунке приведена схема эксперимента такого типа: ядра отдачи, покидающие мишень, улавливаются и регистрируются в пределах телесного угла $\sim 2\pi$. В простейшем случае при измерении интегральных характеристик реакции толщины мишеней и улавливающих фольг выбираются намного превосходящими пробеги регистрируемых ядер. Необходимым условием применения этой методики является отсутствие среди продуктов реакции в материале улавливающих плёнок исследуемых остаточных ядер. В настоящей работе исследовались характеристики ядер ^{24}Na в реакции $\text{Al}(\gamma, 2pn)^{24}\text{Na}$. Облучению подвергалась стопка, состоящая из пятидесяти слоев алюминиевой фольги (толщиной 7 мк), прослоенных майларовыми уловителями (толщиной 15 мк). Каждая мишень имела улавливающую фольгу спереди (F) и сзади (B), дополнительно, для определе-

ния фоновых условий вставлялись промежуточные майларовые пленки. Измерялась активность изотопа ^{24}Na ($E_\gamma = 1368$ кэВ, 2760 кэВ, $T_{1/2} = 15,05$ ч) в мишени (N_T) и в улавливающих фольгах (N_F и N_B) с помощью полупроводникового $\text{Ge}(\text{Li})$ детектора, соединенного с 4096-канальным анализатором системы DIDAC. Облучение проводилось на фотонном пучке Ереванского синхротрона, полученном при торможении электронов с максимальной энергией 4,5 ГэВ.

Результаты измерений

Результаты измерений, приведенные в табл. I, включают:

- а) относительное количество ядер отдачи, зарегистрированное в передней улавливающей фольге (в процентах): $F = \frac{N_F}{N_F + N_B + N_T}$;
- б) относительное количество ядер отдачи, зарегистрированное в задней фольге (в процентах): $B = \frac{N_B}{N_F + N_B + N_T}$;
- в) отношение F/B .

В работе [8] авторы провели подробное сравнение результатов измерений импульсного и углового распределений ядер ^{24}Na с расчетами каскадно-испарительной модели при энергии протонов 0,36 и 1,84 ГэВ. Удовлетворительное согласие было достигнуто при энергии 0,36 ГэВ, [$(F/B)_{\text{эксп.}} = 6,1$, $(F/B)_{\text{теор.}} = 7,4$]. В области высоких энергий теория предсказывала более резко выраженную направленность вперед, чем наблюдалось в эксперименте. Особенно сильное расхождение было получено для углового распределения ядер отдачи. Анизотропию в распределении остаточных ядер с преимущественным вылетом вперед авторы [8] объясняли влиянием переносной скорости послекаскадного ядра, так как испарительная стадия характеризуется изотропным распределением продуктов. Максимальное значение отношения F/B наблюдалось при энергии протонов в

области 80–100 МэВ, с ростом энергии эта величина плавно спадала, достигая значения $\sim 1,9$ при энергии 28 ГэВ. Указанную энергетическую зависимость авторы [12] связывали с изменением механизма реакции при увеличении энергии падающих частиц; с ростом энергии растет прозрачность ядра, меняется характер первичного взаимодействия и, следовательно, характеристики промежуточного ядра. Если в области низких энергий реакция протекает, в основном, через образование составного ядра, то с ростом энергии падающих частиц более пригодной оказывается модель, согласно которой величина энергии, передаваемой ядру, сохраняется постоянной, что при увеличении энергии налетающей частицы приводит к уменьшению импульса, сообщаемого ядру мишени [8] .

Из данных наших измерений, представленных в табл. I, видно, что направление вперед преобладает и в распределении остаточных продуктов фоторасщепления, хотя эта тенденция выражена намного слабее, чем в низкоэнергетической области адрон-ядерных реакций. Отношение F/B , полученное в наших измерениях, близко по величине к данным адрон-ядерных взаимодействий при энергии, намного превышающей максимальную энергию фотонов в тормозном спектре. Анализ экспериментальных данных можно провести в рамках двухступенчатой векторной модели [8–11], согласно которой налетающая частица вызывает каскад в ядре, после которого остается возбужденное ядро, движущееся в направлении первичной частицы. В системе этого ядра рассматривается дальнейшее испарение частиц и образование ядра-остатка.

Исходя из некоторых упрощающих предположений, в работе [9] была получена система уравнений, которая позволяет рассчитать

отдельные параметры, связанные непосредственно с определенными этапами реакции.

$$F+B = \frac{R}{2W} (1 + 1.23\eta^2)$$

$$F-B = 1.07 \frac{R}{W} \eta,$$

где W - толщина мишени в $\text{мг}/\text{см}^2$, $\eta = \frac{\sigma}{V}$ (σ - скорость, переданная ядру в первичном взаимодействии, V - скорость ядра - остатка, в системе послекаскадного ядра, приобретенная в процессе испарения).

Связь скорость-пролет выражается в форме $R = KV^N$ (K, N - постоянные, заимствованные из литературы). Значение N было выбрано равным 1,2 согласно данным работы [8]. Величина η имеет отношение к первой стадии реакции, в процессе которой образуется промежуточное ядро, обладающее скоростью σ и несущее информацию о типе и энергии налетающих частиц. Пролет R и кинетическая энергия E , выраженные через скорость V , относятся к стадии испарения. Результаты расчетов, проведенных в настоящей работе совместно с данными авторов [8], приведены в табл. 1. Сравнение показывает, что характеристики остаточных ядер, обусловленные испарительной стадией хорошо согласуются с результатами, полученными в протон-ядерных реакциях, величина же η , которая учитывает влияние первичного взаимодействия, существенно меньше значения, полученного в работе [8]. Увеличение η и соответственно доли остаточных ядер, летящих вперед, с ростом массы налетающей частицы отмечали авторы работы [12] при изучении реакций расщепления под действием протонов, дейтронов и α -частиц, это следует также из данных [3,4]. Значение η из фотоядерных реакций близко по величине к данным из протонного расщепления при энергии, намного превышающей граничную энергию

в спектре фотонов.

Таким образом, исследование механизма расщепления путем измерения импульсных характеристик ядер отдачи показывает, что в рамках двухступенчатой модели полученные данные подтверждают подобие испарительной стадии реакции и существенное различие в механизме первичного взаимодействия.

Таблица 1

E (МэВ)	F (%)	B (%)	F/B
$E_{\gamma}^{max} = 4500$	$8,1 \pm 0,16$	$3,9 \pm 0,12$	$2,1 \pm 0,08$
$E_{p}^* = 340$	14,7	2,4	6,1
1000	$11,7 \pm 0,6$	$3,4 \pm 0,2$	3,4
2900	$10,7 \pm 0,2$	$4,0 \pm 0,1$	2,7
28000	$10,1 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,1$	2,2

Таблица 2

	η	$R(\text{мкг}/\text{см}^2)$	E (МэВ)
$E_{\gamma}^{max} = 4500$ МэВ	$0,18 \pm 0,004$	442 ± 61	$1,5 \pm 0,2$
$E_{p}^* = 340$	$0,38 \pm 0,02$	514 ± 18	$1,99 \pm 0,07$
1000	$0,29 \pm 0,01$	460 ± 22	$1,74 \pm 0,08$
2900	$0,22 \pm 0,01$	490 ± 11	$1,77 \pm 0,09$
28000	$0,19 \pm 0,01$	490 ± 11	$1,77 \pm 0,09$

* Данные работы [5]

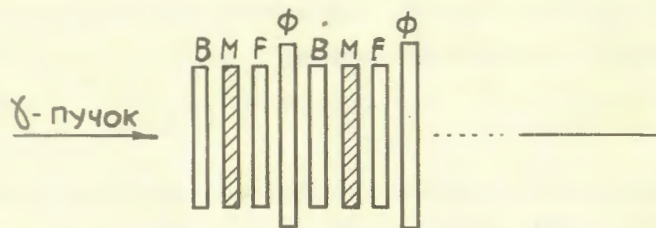


Схема облучения: М- мишени, F, B - майларовне фольги для захвата остаточных ядер, вылетающих из мишени "вперед" и "назад" относительно направления пучка, Ф- промежуточные фольги для измерения фона

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kaufman S.B., Steinberg E.P., Weisfield M.W. Recoil properties of the interaction of 1-300 GeV protons with gold.- Phys.Rev. C, 1978, vol.18, p.1349-1367.
2. Lagardge-Simonoff M., Simonoff G.N. Cross-sections and recoil properties of $^{83,84,86}\text{Rb}$ formed by 0.6-2.1 GeV. ^1H reactions with targets of Y to U.- Phys.Rev. C, 1979, vol.20, p.1498-1516.
3. Cumming J.B., Haustein P.E., Hseuh H.C. Momentum transfer in the fragmentation of Cu by relativistic heavy ions and protons.- Phys.Rev.C, 1981, vol.24, p.2162-2173.
4. Lund T., Molzahn D., Bergersen B. et al. Momentum transfer and product kinetic energies in the interaction of silver with 86 Mev/A ^{12}C .- Phys.Lett., 1982, vol.116 B, p.325-328.
5. Areskong M., Schroder B., Lindgren K. et al. Protofission in gold at intermediate energy.-Nucl.Phys.1974, vol.A226, 93-109.
6. Andersson G., Blomqvist I., Forkman B. et al.- Photon-induced nuclear reaction above 1 GeV(I) Experimental. Nucl.Phys., 1972, vol.A197, p.44-70.
7. Kroon I., Forkman B., Photon-induced nuclear reactions above 1 GeV (III) Fission in gold and lead.- Nucl.Phys. 1972, vol. A197, p.81-87.
8. Poskanzer A.M., Cumming J.B., Wolfgang R.- Recoil study of the reaction $^{27}\text{Al}(p, 3pn)^{24}\text{Na}$, Phys.Rev.1963, vol.129, p.374-384.

9. Sugerman N., Campos M., Wielgoz K.- Recoil Studies of high energy proton reactions in Bismuth. Phys.Rev., 1956, vol.1 p.388-397.
10. Crespo V.P., Alexander J.M., Hyde E.K.,- Ejection of Large Fragments in High-Energy Nuclear Reactions. Phys.Rev.1963, vol.131, p.1765-1781.
11. Winsberg L.- The analysis of thick-target thick-catcher nuclear recoil experiments. Nucl.Instr. Meth. 1978, vol.150 p.465-477.
12. Fung Si-Ch, Perlman I.- Momentum Transfer in Nuclear Excitation by High Energy Particles. Phys.Rev. 1952, vol.87, p.623-628.

Рукопись поступила 12 мая 1983 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 290	ВФ- 04502	Тираж 270
Препринт ЕФИ	Формат издания 60x84/16	
Подписано к печати 20/11-83	05 уч.-изд.л.Ц. 0 к,	

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркарян 2