

## НАБЛЮДЕНИЕ РАСПАДА (ДЕЛЕНИЯ) РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР $^{24}\text{Mg}$ И $^{28}\text{Si}$ НА ДВА БЛИЗКИХ ПО ЗАРЯДУ ФРАГМЕНТА

*В.Г.Богданов, Н.П.Кочеров, Ф.Г.Лепехин<sup>1)</sup>, В.А.Плющев,  
Б.Б.Симонов<sup>1)</sup>, З.И.Соловьева, О.Е.Шигаев*

В ядерной фотоэмульсии обнаружены распады релятивистских ядер  $\text{Mg} \rightarrow \text{V} + \text{N}$  и  $\text{Si} \rightarrow \text{C} + \text{O}$ , происшедшие в результате неупругих периферических взаимодействий.

В течение ряда лет в литературе обсуждается вопрос, реализуется ли процесс деления в области легких ядер <sup>1-5</sup>. В экспериментах, выполненных с помощью различных методик ( $\Delta E - E$  телескопы, ионизационные камеры, поликарбонатные пленки) регистрировался, как правило, один осколок, а о характеристиках второго фрагмента мишени можно было судить только косвенно. Достоверность данных из-за малой кинетической энергии продуктов распада невелика. Приводимые величины сечений носят противоречивый характер.

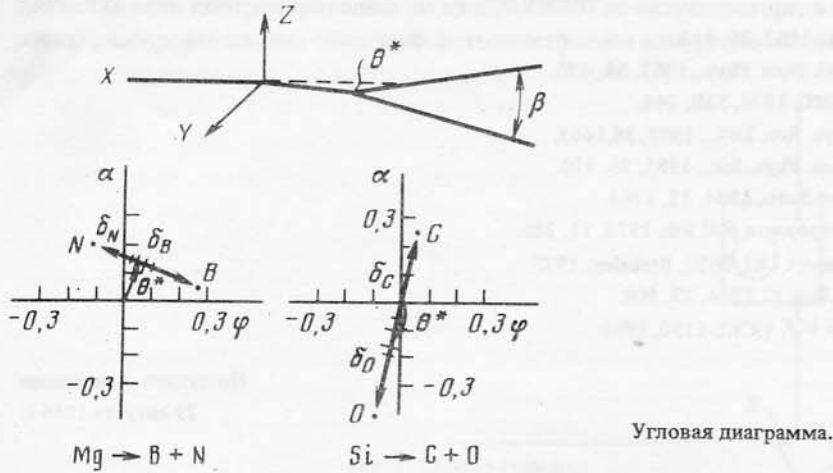
Наиболее однозначная идентификация такой реакции (с точностью до нейтральных частиц) возможна с помощью ядерных фотоэмульсий, причем когда распадающийся объект движется с большой скоростью. Рассмотрим экспериментальный материал, полученный при облучении фотоэмульсионных камер из эмульсии типа БР-2 релятивистской чувствительности на синхрофазотроне ОИЯИ пучками легких ядер с импульсами от 4,1 до 4,5 ГэВ/с на нуклон. При поиске неупругих взаимодействий ионов  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{28}\text{Si}$  в этих фотослоях было обнаружено по одному распаду летящего ядра только на два близких по зарядам фрагмента с малыми поперечными импульсами (без дополнительного испускания заряженных частиц). Эти события похожи на обнаруженные ранее фотоэмульсионной методикой случаи деления релятивистских ядер  $^{238}\text{U}$  <sup>6</sup> на лету.

Среди обработанных ранее 2757 и 4155 неупругих взаимодействий ядер  $^{12}\text{C}$  и  $^{22}\text{Ne}$  не было найдено ни одного подобного события. Факт наблюдения таких распадов для ядер  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{28}\text{Si}$  на меньшей статистике (1666 и 1900 расщеплений соответственно) говорит о возможном увеличении вероятности такого канала реакции с ростом массового числа и заряда ядер.

Заряды фрагментов были определены методом измерения плотности  $\delta$ -электронов, что с учетом закона сохранения заряда дало погрешность не более 0,2 единицы заряда. Оказалось, что произошли следующие расщепления:  $\text{Mg} \rightarrow \text{V} + \text{N}$  (1) и  $\text{Si} \rightarrow \text{C} + \text{O}$  (2). Результат прецизионных угловых измерений приведен на рисунке в плоскости, перпендикулярной направлению движения ядра-снаряда. Значения углов даны в градусах. Ошибки не превышают размеры точек. Обозначения следующие:  $\theta$  — полярный угол вылета вторичного фрагмента по от-

<sup>1)</sup> ЛИЯФ им. Б.П.Константинова

ношению к направлению движения первичного ядра;  $\varphi$  — проекция угла  $\theta$  на горизонтальную плоскость  $XY$ ;  $\alpha$  — проекция угла  $\theta$  на вертикальную плоскость  $XZ$ ;  $\beta$  — угол между фрагментами. В этой системе координат ось  $X$  совпадает с направлением первичного следа.



Для оценки кинематики продуктов расщепления мы исходим из предположения, что возбужденная система распалась только на два осколка. Угол  $\beta$  между фрагментами ( $0,352 \pm 0,004$  и  $0,670 \pm 0,016$  для случаев (1) и (2) соответственно) необходимо разбить на два угла  $\delta$  обратно пропорционально массам фрагментов, что следует из равенства поперечных составляющих их импульсов  $p_{\perp}$ . Так можно определить угол  $\theta^*$  (см. рисунок) первоначального отклонения налетающего ядра при взаимодействии с каким-либо ядром фотоэмульсии и, следовательно, оценить переданный импульс  $p_t$  в этом соударении ( $280 \pm 20$  и  $260 \pm 40$  МэВ/с соответственно), в результате которого налетающая система возбудилась и распалась. Отсутствие трека ядра отдачи при таких значениях переданного импульса указывает на то, что эти столкновения произошли с ядрами тяжелой (AgBr) компоненты эмульсии<sup>7</sup>. Основная погрешность в определении величин  $p_{t,\perp}$  связана с неопределенностью изотопного состава фрагментов. Короткими рисками на рисунке показан возможный диапазон положений точки распада, а длинными — наиболее вероятный, т.е. определенный для нуклидов, имеющих в реакциях фрагментации наибольшие выходы<sup>8,9</sup>.

По значениям углов  $\delta$  можно оценить перпендикулярную составляющую импульса этих фрагментов  $p_{\perp}$  ( $160 \pm 5$  и  $320 \pm 15$  МэВ/с для случаев (1) и (2) соответственно) и нижнюю границу их кинетической энергии в системе покоя распадающегося ядра:  $T_B = 1,35 \pm 0,05$ ,  $T_N = 1,05 \pm 0,05$  МэВ для реакции (1) и  $T_C = 4,70 \pm 0,25$ ,  $T_O = 3,60 \pm 0,35$  МэВ для реакции (2). Отметим, что для анализируемых событий сумма кинетических энергий фрагментов не превышает величины кулоновского барьера для таких распадов ( $7,7 \pm 0,8$  и  $10,1 \pm 1,0$  МэВ соответственно). Это не противоречит предположению, что кинематика продуктов таких расщеплений, как и при делении тяжелых ядер, определяется главным образом величиной кулоновского барьера. С другой стороны, аналогичный кинематический анализ ядро-ядерных взаимодействий, в которых кроме двух фрагментов налетающего ядра с  $z \geq 3$  имеются и другие заряженные частицы, показал, что более, чем в 80% случаев суммарная кинетическая энергия (точнее, ее нижний предел) существенно превышает величину кулоновского барьера.

Величина энергетического выхода  $Q$  реакции распада  $^{24}\text{Mg}$  и  $^{28}\text{Si}$  на стабильные и близкие к ним изотопы В, С, N, О лежит в пределах  $-11 \div -36$  МэВ, а барьеры деления для соответствующих распадов на моды с наименьшими  $Q$ , вычисленные по модели жидкой капли<sup>10</sup>, составляют  $35 \div 45$  МэВ. Таким образом, подобные расщепления типа деления легких ядер действительно реализуются и могут наблюдаться при небольших энергиях возбуждения порядка  $50 \div 70$  МэВ. Сечение этих процессов может составлять величину около 1 мб.

Авторы благодарны А.И.Обухову за полезные обсуждения и Л.И.Царегородцевой за проведение измерений.

#### Литература

1. *Lassen N.O.* Nucl. Phys., 1962, 38, 442.
2. *Lassen N.O., Sorensen G.* Nucl. Phys., 1962, 38, 450.
3. *Chung A. et al.* Phys. Lett., 1974, 53B, 244.
4. *Sandorfi A.M. et al.* Phys. Rev. Lett., 1977, 38, 1463.
5. *Walker M. et al.* Bull. Am. Phys. Soc., 1983, 28, 970.
6. *Jain P.L. et al.* Phys. Rev Lett., 1984, 52, 1763.
7. *Гисматуллин Ю.Р., Остроумов В.И.* ЯФ, 1970, 11, 285.
8. *Lindström P.J. et al.* Report LBL-3650, Berkeley, 1975.
9. *Hirsch A.S. et al.* Phys. Rev. C, 1984, 29, 508.
10. *Myers W.D., Swiatecki W.J.* UCRL-1190, 1965.

Поступила в редакцию  
29 августа 1986 г.

---