

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



23/111

P1 - 7217

2684/2-73

Х.М. Абдо, Н. Далхажав, Дж.А. Саломов, Э. Силеш,
Г.Я. Сун-Цзин-Ян, К.Д. Толстов, М. Тотова,
Й. Тучек, Р.А. Хошмухамедов, Г.С. Шабратова

СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГИХ СТОЛКНОВЕНИЙ
 α -ЧАСТИЦ 17 ГЭВ/С С ЯДРАМИ
(C,O) и (Ag, Br)

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7217

Х.М. Абдо,¹ Н. Далхажав, Дж.А. Саломов,² Э. Силеш,
Г.Я. Сун-Цзин-Ян,³ К.Д. Толстов, М. Тотова,
Й. Тучек, Р.А. Хошмухамедов, Г.С. Шабратова

СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГИХ СТОЛКНОВЕНИЙ
 α -ЧАСТИЦ 17 ГЭВ/С С ЯДРАМИ
(C,O) И (Ag, Br)

¹ Каирский университет.

² Таджикский государственный университет.

³ ФТИ АН Тадж. ССР.

S U M M A R Y

In this article preliminary results for the interaction of 16.8 GeV/c α -particles with C, O and Ag, Br nuclei, are presented:

i) The total cross sections for inelastic interactions

$$\sigma(\alpha, O) = (500 \pm 60) mb \quad \text{and} \\ \sigma(\alpha, Ag) = (1780 \pm 130) mb$$

ii) Inelastic interaction cross sections for the cases where one of the secondary particles was relativistic and doubly charged

$$\sigma_{\alpha, O}(\text{He}^3, \text{He}^4) = (57 \pm 15) mb \\ \sigma_{\alpha, Ag}(\text{He}^3, \text{He}^4) = (205 \pm 50) mb$$

iii) The probability for the total disintegration of nuclei Ag, Br is found to be (0.057 ± 0.013) .

1-го апреля с.г. на выведенном пучке α -частиц с импульсом 16,8 Гэв/с, ускоренных на синхрофазотроне ОИЯИ, были облучены ядерные фотоэмульсии двух типов: БР-2 размером 10x10 см², толщиной 400 мк - 13 слоев, и 10 аналогичных слоев, пропитанных водным раствором глюкозы (C₆H₁₂O₆) с 50% содержанием глюкозы по весу с плотностью раствора 1,21 гр/см³.

Число следов α -частиц составляло $\sim 10^4/\text{см}^2$.

В настоящей работе сообщаются предварительные результаты, включающие: полные сечения неупругих взаимодействий α -частиц с группами ядер C, O и Ag, Br, сечения взаимодействий с сохранением заряда, то есть с вылетом He³ или He⁴, и вероятность взаимодействий, приводящих к полному распаду ядер Ag, Br.

Исследуемые вопросы представляют интерес для релятивистской ядерной физики, ряд проблем которой рассматривался в [1,2], а исследования с дейтонами 9,4 Гэв/с сообщались в [3,4,5]. Полученные результаты имеют также значение для расчетов радиации при космических полетах.

Данные, известные авторам из литературы, помимо работ с космическими лучами, ограничиваются [6], в которой изучалось испускание ядер Be⁷ при столкновении α -частиц с энергией 880 Мэв с углеродом. Ядерный состав эмульсий, которые применялись в наших опытах, приведен в таблице I.

Таблица I

Число ядер в $1 \text{ см}^3 \times 10^{-22}$	I-эмульсия БР-2 ГОСНИИХИИФОТОПРОЕКТА	II-эмульсия БР-2, пропитан- ная 50% водным раствором глюкозы
H	3,15	5,24
C	1,41	1,29
N	0,395	0,147
O	0,956	2,39
Br	1,331	0,386
Ag	1,336	0,387

Первичные α - частицы имели плотность сгустков на 100 мк длины следа 62 и 40 в эмульсиях I и II соответственно. Поиск взаимодействий производился в наблюдениях вдоль следов α - частиц и регистрировались неупругие взаимодействия, причем исключались только однолучевые события с релятивистской двухзарядной частицей, которые относятся к случаям упругого рассеяния на ядрах.

В эмульсии I на длине 160,5 метра было найдено 727 звезд, а в эмульсии II - на длине 187,4 метра - 645 звезд. После исключения по кинематике четырех случаев упругого рассеяния на свободных протонах и введения 5% поправки, учитывающей увеличение линейного размера эмульсии II (10%) и среднюю эффективность поиска событий - 0,86, а в эмульсии I - эффективность - 0,9, было получено, что средний пробег до взаимодействия составляет: $\lambda_I = 20,4 \pm 1$ см; $\lambda_{II} = 28,0 \pm 1,3$ см.

Используя эти величины, можно определить средний пробег для взаимодействия с ядрами H, C, O в растворе глюкозы в эмульсии II λ . При насыщении эмульсии I раствором глюкозы происходило увеличение

объема эмульсии в 2,68 раза. Следовательно, λ находится на соотношения:

$$\frac{1}{\lambda_{II}} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda_I \cdot 2,68} \quad (1)$$

Подставляя в (1) найденные значения λ_I и λ_{II} , получим

$$\lambda = (57 \pm 6) \text{ см.}$$

Полные сечения неупругих взаимодействий

Принимая аддитивность объемов эмульсии I и раствора глюкозы, мы будем иметь, что плотность ядер H, C, O, обуславливающая величину λ , будет равна плотности этих ядер в 50% растворе глюкозы, уменьшенной в отношении объемов, т.е. 2,68/1,68 раза.

В соответствии с этим получим для числа ядер водорода, углерода и кислорода значения:

$$n_H = 4,05 \cdot 10^{22}, \quad n_C = 0,76 \cdot 10^{22}, \quad n_O = 2,02 \cdot 10^{22}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \sigma_H n_H + \sigma_C n_C + \sigma_O n_O, \quad (2)$$

где σ - сечения неупругих взаимодействий α - частицы с протонами и ядрами C, O, соответственно.

По данным ¹⁷⁾ $\sigma_H = 100$ мб, подставляя λ и σ_H в (2), получим:

$$\sigma_C n_C + \sigma_O n_O = 0,0134 \pm 0,0015. \quad (3)$$

Для расчёта сечений σ_C и σ_O , так как различие в атомных весах относительно невелико, а ядер кислорода в 2,66 раза больше, чем ядер углерода, то с достаточной точностью можно принять закон $A^{2/3}$ и, следовательно, $\sigma_C = 0,82 \sigma_O$.

В соответствии с этим, подставляя в (3) n_C и n_O , получим $\sigma_O = 500 \pm 60$ мб, откуда $\sigma_C = 410 \pm 50$ мб. Для нахождения сечения взаимодействия α - частиц с ядрами азота по величине σ_O , воспользуемся

также соотношением $A \approx 2/3$, и будем иметь $\sigma_N = 0,915 \sigma_0$
 $\sigma_N = 460 \pm 55$ мб. Используя величины $\sigma_N, \sigma_C, \sigma_{N^3}, \sigma_0, \lambda_I$ и
 ядерный состав эмульсии I, получим соотношение, связывающее сече-
 ния неупругих взаимодействия α - частиц с ядрами серебра
 и брома.

$$1,036 \sigma_{Ag} + 1,031 \sigma_{Br} = 0,0363 \pm 0,002. \quad (4)$$

Полагая далее, что $\sigma_{Br} = \left(\frac{79,9}{108}\right)^{2/3} \sigma_{Ag} = 0,82 \sigma_{Ag}$,

из (4) получим: $\sigma_{Ag} = (1780 \pm 130) \text{ мб}$, $\sigma_{Br} = (1455 \pm 110) \text{ мб}$.

Сечение реакций $\alpha + A \rightarrow B + \begin{cases} He^3 \\ He^4 \end{cases}$

По ионизационным потерям и углу с первичной α - частицей
 среди вторичных частиц в звезде можно выделить двухзарядные
 частицы, которые являются α - частицами, сохранившимися после
 неупругого взаимодействия, или же ядрами He^3 . В случае вылета He^3
 только один из нейтронов, входивших в состав α - частицы, испы-
 тывает неупругое взаимодействие с ядром-мишенью, и можно полагать,
 что этот процесс идет с большей вероятностью по сравнению с выле-
 том α - частицы. Оценка вероятности сохранения α - частиц
 при столкновении с легкими ядрами по доли упругого α -N рассея-
 ния на основе сечения из работы [7] дает $\sim 0,05$. Для вылета
 ядер He^3 аналогичная оценка $\sim 0,12$.

На опыте в эмульсии II было отобрано 47 случаев, когда среди
 вторичных частиц, вылетевших под углом $\leq 5^\circ$, имелась
 частица с ионизацией, совпадавшей с ее значением для пучка.

Для эмульсии I таких частиц было 53. На рис. I показана микро-
 фотография одного из таких случаев.

Угловое распределение для этих двухзарядных частиц в эмуль-
 сиях I и II дано на рис. 2; из распределения по азимутальным
 углам в плоскости, перпендикулярной пучку α - частиц, следует, что
 при быстром просмотре вдоль следа происходит потеря случаев,
 когда вылетает двухзарядная частица с малым отклонением отно-
 сительно пучка, и поправка на эти случаи составляет 36%.

После введения этой поправки рассчитаем сечения вылета
 двухзарядных частиц при взаимодействии с легкими ядрами и Ag,
 Br. Для этого используется полное число звезд в эмульсиях I и
 II (727 и 641); число звезд, содержавших двухзарядную частицу
 (83 и 73) и вероятности взаимодействия с легкими ядрами
 и ядрами Ag, Br. В эмульсии (I) на основании найденных полных
 сечений и данных табл. I вероятность взаимодействия с ядрами Ag,
 Br равна 0,66, а в эмульсии II - 0,35. Обозначая вероятность вы-
 лета двухзарядных частиц при взаимодействии с Ag, Br, как X, с
 легкими ядрами как Y, получим соотношения:

$$727 (0,66.X + 0,34.Y) = 83$$

$$641 (0,35.X + 0,65.Y) = 73,$$

откуда получим $X \approx Y \approx 0,114$.

Следовательно, сечения равны:

$$\sigma_{He^3, He^4} = (57 \pm 15) \text{ мб} \quad \sigma_{Ag, Br} = (205 \pm 50) \text{ мб}.$$

Из углового распределения на рис. 2 получим, что угол $\theta_{1/2}$,
 в конусе с раствором которого вылетает половина двухзарядных
 частиц, равен $\theta_{1/2} \approx 1^\circ$.

Полный распад ядер Ag, Br

В работе [8] исследован полный распад ядер серебра и брома
 под действием протонов с импульсом 9,6 Гэв/с и 69 Гэв/с,

Было выяснено, что звезды, в которых кроме рожденных релятивистских частиц имеется 28 и более частиц N_h , — являются случаями полного распада ядер $Ag, V\tau$. Распад происходит без появления ядра с заметной массой и преимущественно на отдельные нуклоны, а его вероятность составляла $3.10 \pm 0,6\%$ при 9,6 Гэв/с и $3,0 \pm 0,7\%$ при 69 Гэв/с.

В настоящей работе также был произведен отбор звезд с $N_h \geq 28$, которых на эмульсии I было найдено 28. Доля взаимодействия с ядрами Ag и $V\tau$ эмульсии I равна 0.66 и с учетом этого вероятность полного распада $5,7 \pm 1.3\%$. Сопоставление вероятностей полного распада ядер $Ag, V\tau$, а в последующем и других параметров под действием протонов и α — частиц, позволяет выяснить механизм этого интересного явления.

В заключение авторы рады выразить благодарность фотохимической группе С.И. Любомилова за обработку фотоземульсий, а Л.Н. Боковой — за изготовление эмульсии II.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М.Балдин. Сообщения ОИЯИ P7-5808 (1971).
2. А.М. Балдин и др. Сообщения ОИЯИ PI-5819 (1971).
А.М.Балдин et al. Particles and Fields. Am. Inst. of Phys., (1971).
3. М.И.Адамович и др. Сообщения ОИЯИ PI-6386 (1972).
4. Н.П.Богачев и др. Сообщения ОИЯИ PI-6877 (1973).
5. К. Doroba et al. Nucl. Phys. (в печати).
6. R. Bernas et al. Phys. Lett., B36, 331 (1971).
7. В.С.Барашенков, В.Д.Тонеев. Взаимодействия высокоэнергетических частиц и автономных ядер с ядрами. стр. 41. Атомиздат. М. (1972).
8. К.Д.Толстов, Р.А.Хошмухамедов. Сообщения ОИЯИ PI-6897 (1973).

Рукопись поступила в издательский отдел
1 июня 1973 года.



Рис.1 Микрофотография неупругого взаимодействия α - частицы с вылетом по направлению пучка релятивистской двухзарядной частицы (He^3 или He^4).

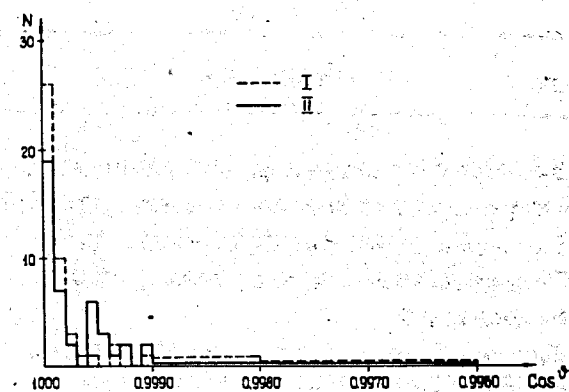


Рис.2 Угловое распределение вылета двухзарядных частиц (He^3 или He^4).