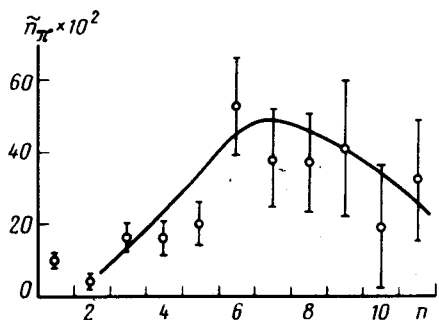
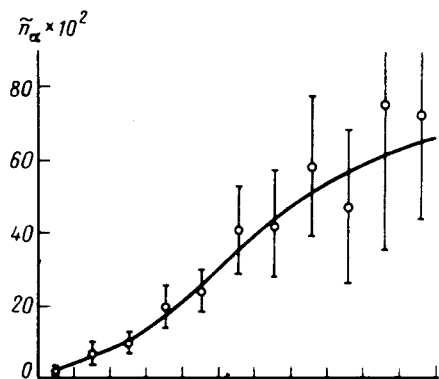


# ГЛУБОКОНЕУПРУГИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЫСТРЫХ ПРОТОНОВ С ЯДРАМИ $Ag^{40}$

Л.В.Баканов, В.Е.Бунаков, К.Н.Ермаков,  
В.Д.Лебедев, В.В.Мирошкин, М.М.Нестеров,  
В.В.Пашук, М.В.Стабников, Н.А.Тарасов,  
М.Г.Тверской

Определены сечения выхода, средние множественности и угловая анизотропия для вторичных частиц во взаимодействии протонов с ядрами  $Ag^{40}$  при энергии 1 ГэВ. Для продуктов реакции получены угловые и энергетические спектры, а также зависимость выхода частиц данного типа от множественности расщепления.

Глубоконеупругие расщепления ядер быстрыми частицами активно исследуются в ряде лабораторий (см., например, обзоры [1, 2]). Однако, имевшаяся до сих пор экспериментальная информация о таких процессах получена либо для сложной ядерной мишени (фотоэмульсионные работы), либо в инклюзивных экспериментах. Вариацией параметров теории всегда можно удовлетворительно описать любой участок энергетического или углового распределения одного из продуктов реакции. Поэтому для проверки надежности и универсальности теоретического анализа и его дальнейшего усовершенствования необходимо регистрировать в одном эксперименте выходы различных продуктов реакции в широком энергетическом и угловом диапазоне и корреляции между ними. Естественно, что для однозначного анализа необходимо проводить исследования на чистых ядерных мишенях.



Зависимость относительного выхода  $\pi^\pm$  и  $\alpha$  от множественности (кривые — руководство для глаза).

Расщепления ядер  $\text{Ar}^{40}$  изучались с помощью гибридной газожидкостной камеры [3]. Схема проведения эксперимента и методика обработки данных описаны в работах [4, 5]. Найдено, что полное неупругое сечение взаимодействия протонов энергии 1 ГэВ с ядром  $\text{Ar}^{40}$  равно  $\sigma_{in} = 660 \pm 40$  мбн (ошибка статистическая). Средняя множественность заряженных частиц в расщеплении равна  $\bar{n} = 4,2 \pm 0,3$ .

Заряженные продукты взаимодействия разделены на три группы: протонную, гелиевую и мезонную. Для каждой группы определены сечения выхода частиц, средние множественности и отношение "вперед — назад". Эти данные приведены в табл. 1 вместе с результатами расчета в рамках модифицированного внутриядерного каскада (МВК) [7]. Большую часть ( $\sim 85\%$ ) вторичных частиц составляют треки протонной группы. Наличие магнитного поля позволило различить  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезоны. Отношение сечений выхода этих частиц оказалось равным  $\sigma(\pi^+)/\sigma(\pi^-) = 3,5 \pm 1,0$ . Расчет по МВК дает для этого отношения значительно меньшее значение:  $2,3 \pm 0,4$ .

Т а б л и ц а 1

Сечения выхода ( $\sigma$ ), средние множественности ( $\bar{n}$ ) и отношения "вперед — назад" ( $F/B$ ) для частиц различных типов

Частица		$\sigma$ , мбн	$\bar{n}$	$F/B$
H	эксп	$2360 \pm 110$	$3,6 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$
	МВК	$2500 \pm 100$	$4,0 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,1$
He	эксп	$160 \pm 40$	$0,24 \pm 0,07$	$1,5 \pm 0,3$
	МВК	$230 \pm 25$	$0,37 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,2$
$\pi^-$	эксп	$34 \pm 5$	$0,05 \pm 0,01$	$1,5 \pm 0,2$
	МВК	$64 \pm 10$	$0,10 \pm 0,02$	$2,1 \pm 0,2$
$\pi^+$	эксп	$121 \pm 30$	$0,18 \pm 0,04$	$2,4 \pm 0,4$
	МВК	$150 \pm 10$	$0,24 \pm 0,02$	$2,5 \pm 0,2$
$\pi^\pm$	эксп	$155 \pm 30$	$0,23 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,4$
	МВК	$214 \pm 14$	$0,34 \pm 0,03$	$2,4 \pm 0,2$

Использованная в эксперименте методика позволила измерить сечения рождения одной, двух и т. д. частиц определенного типа. Результаты для  $\pi$ -мезонов и  $\alpha$ -частиц представлены в табл. 2.

Сечения кратного рождения  $\pi$ -мезонов и  $\alpha$ -частиц

Процесс Частица	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
	мбн	мбн	мбн
He	$110 \pm 40$	$20 \pm 10$	$3 \pm 2$
$\pi$	$120 \pm 25$	$17 \pm 8$	1

Из рассмотренных угловых и энергетических распределений вторичных частиц можно сделать следующие выводы. Энергетический спектр для частиц протонной группы свидетельствует о том, что в реакции образуются, в основном, частицы, дающие так называемые "черные" следы — протоны с энергией до 30 МэВ. В среднем лишь 1,1 частицы во взаимодействии имеет энергию более 30 МэВ. МВК вполне удовлетворительно описывает как энергетическое, так и угловое распределения частиц этой группы. Энергетический спектр частиц гелиевой группы имеет, в основном, испарительный характер, хотя примерно 15% частиц имеют энергию, более чем в два раза превышающую номинальный кулоновский барьер ( $> 15$  МэВ). Несмотря на то, что экспериментальное и расчетное значения  $F/V$  для  $\alpha$ -группы совпадают (см. табл. 1), характер наблюдаемого углового распределения заметно отличается от даваемого МВК: на эксперименте для задней полусферы наблюдается большая изотропия вылета ядер гелия по сравнению с ядрами гелия, испущенными в переднюю полусферу. Значительная часть заряженных  $\pi$ -мезонов ( $\sim 60\%$ ) имеет энергию менее 100 МэВ. И энергетический спектр, и угловое распределение пионов описываются в рамках МВК хуже, чем подобные зависимости для частиц протонной группы.

Анализ относительного выхода частиц гелиевой и пионной групп в зависимости от множественности следов в расщеплении обнаружил наличие корреляции — с ростом множественности относительный выход  $\pi$  и  $\alpha$  растет. (Относительный выход определяется отношением числа частиц определенного типа в расщеплениях данной множественности к полному числу взаимодействий этой множественности). Эти зависимости представлены на рисунке. Видно, что характер этой зависимости различен: если выход  $\alpha$ -частиц увеличивается с ростом множественности расщепления, то для выхода  $\pi$ -мезонов возможно наличие максимума при  $n = 6 - 7$ . При этом следует отметить, что в работе Локка и др. [8], изучавших расщепление ядер фотоэмульсии протонами при энергии 950 МэВ, указывалось на отсутствие заряженных  $\pi$ -мезонов в звездах с числом заряженных частиц более девяти.

Таким образом впервые получены экспериментальные данные о расщеплении ядер  $Ag^{40}$  протонами с энергией 1 ГэВ. Представленные результаты демонстрируют широкие возможности и нового трекового прибора — гибридной газожидкостной камеры для последовательного изучения многочастичных адрон-ядерных взаимодействий на чистых мишенях. Обработка экспериментальной информации продолжается.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ОРФВЭ, ускорительного отдела и группы обработки filmовой информации ОАОД ЛИЯФ, чьи усилия способствовали получению новой физической информации.

Институт ядерной физики  
им. Б.П.Константинова  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
26 апреля 1979 г.

### Литература

- [ 1 ] Ядерные взаимодействия в защите космических кораблей. Под ред. Н.А.Перфилова и Е.Е.Ковалева. М., Атомиздат, 1968.
  - [ 2 ] В.С.Барашенков, В.Д.Тонеев. Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. М., Атомиздат, 1972.
  - [ 3 ] L.V.Bakanov et al. NIM, 144, 99, 1977.
  - [ 4 ] Л.В.Баканов, В.Е.Бунаков, К.Н.Ермаков, В.Д.Лебедев, В.В.Мирошкин, М.М.Нестеров, В.В.Пашук, М.В.Стибников, Н.А.Тарасов, М.Г. Тверской. Письма в ЖЭТФ, 25, 337, 1977.
  - [ 5 ] Ю.А.Каржавин и др. ПТЭ, №5, 54, 1963.
  - [ 6 ] Л.В.Баканов и др. Препринт ЛИЯФ-440, Ленинград, 1978.
  - [ 7 ] V.E.Bunakov, M.M.Nesterov. Phys. Lett., 60B, 417, 1976; V.E.Bunakov et al. Phys. Lett., 73B, 267, 1978.
  - [ 8 ] W.O.Lock. et al. Proc. Roy. Soc., A230, 215, 1955.
-