

## ПОИСК УДАРНЫХ ВОЛН В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СОУДАРЕНИЯХ

Е.С.Басова, А.И.Бондаренко, К.Г.Гуламов,  
У.Г.Гуламов, Ш.З.Насыров, Л.Н.Свечникова,  
Г.М.Чернов

Произведена (с отрицательным результатом) экспериментальная проверка гипотезы возникновения ядерных ударных волн при неупругих соударениях легких релятивистских ядер с ядрами.

После работы [1], в которой указывалось на возможность возникновения ядерных ударных волн (ЯУВ) при прохождении высокоэнергичного адрона через ядро, был предложен ряд конкретных механизмов ЯУВ [2 - 8] несмотря на определенные сомнения в применимости уравнений релятивистской гидродинамики к ядерным системам [9, 10]. Экспериментальные данные по ЯУВ скудны и противоречивы [11 - 13]; отметим, что изучались лишь инклюзивные угловые распределения медленных (ядерных) частиц.

В данной работе опытная проверка гипотезы ЯУВ проводилась с помощью корреляционных методов анализа.

Используемый экспериментальный материал состоял из неупругих соударений ядер  ${}^4\text{He}$  и  ${}^{14}\text{N}$  с ядрами фотэмульсии, отобранных для измерений без какой-либо дискриминации из найденных при двойном просмотре "по следу" эмульсионных стопок, облученных на ускорителях ОИЯИ и Беркли. Кинетическая энергия  $\alpha$ -частиц и ядер азота составляла 13,5 и 29,4 Гэв, а числа изученных  $\alpha A$ - и  $NA$ -событий 1084 и 504 соответственно<sup>1)</sup>. Все вторичные частицы с помощью измерений пробега и ионизации разделялись на "черные" ( $b$ -частицы;  $T_p < 25$  Мэв для протонов), "серые" ( $g$ -частицы;  $25 < T_p < 400$  Мэв) и ливневые ( $s$ -частицы, не рассматриваемые в данном сообщении). Релятивистские фрагменты ядер-снарядов с  $Z \geq 2$  надежно идентифицировались и в число  $b$ - и  $g$ -частиц не включались.

На рис. 1 показаны инклюзивные угловые распределения  $b$ - и  $g$ -частиц из  $\alpha A$ - и  $NA$ -соударений; видно, что каких-либо заметных "особенностей" не обнаруживается. Нам кажется, что из анализа таких распределений извлечь достоверные сведения о наличии (или отсутствии) ЯУВ нелегко; более чувствительным тестом для этой цели является, очевидно, поиск возможных корреляций между частицами.

Общим предсказанием всех моделей ЯУВ [2 - 8] является преимущественное испускание частиц ядерной материи в направлении, перпендикулярном поверхности конуса Маха, это с необходимостью приводит к появлению "коротких" (по угловым переменным) корреляций между ними.

В реальном случае конус Маха размыт вследствие фермиевского движения внутриядерных нуклонов, однако количественные расчеты

<sup>1)</sup> Наша статистика существенно превосходит статистику работы [11], в которой сообщалось об обнаружении ЯУВ.

[7] показывают, что степень "размытия" невелика ( $\sim 20^\circ$ ), так что короткодействующий характер корреляций должен сохраниться.

$W(\cos \theta), \%$

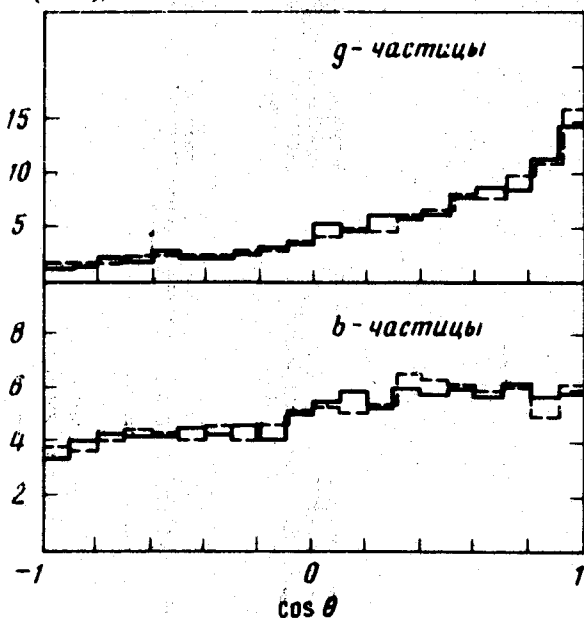


Рис. 1. Инклюзивные угловые распределения  $g$ - и  $b$ -частиц из  $\alpha A$ - (пунктир) и  $NA$ - (сплошные гистограммы) соударений.

Воспользуемся аппаратом двухчастичных корреляционных функций

$$C_2(x_1, x_2) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d^2\sigma}{dx_1 dx_2} - \frac{1}{\sigma_{in}^2} \frac{d\sigma}{dx_1} \frac{d\sigma}{dx_2}, \quad (1)$$

$$R_2(x_1, x_2) = \sigma_{in} \frac{d^2\sigma}{dx_1 dx_2} \left/ \frac{d\sigma}{dx_1} \frac{d\sigma}{dx_2} \right. - 1 \quad (2)$$

( $x = \cos \theta$ ). Так как наличие спектра множественностей ( $n_g$  и  $n_b$ ) и возможная зависимость  $d\sigma/dx$  от  $n$  приводят к сильным псевдокорреляциям, мы провели расчет  $C_2$  и  $R_2$  для искусственных событий, разыгранных по методу Монте-Карло при следующих предположениях: а)  $g$ - и  $b$ -частицы испускаются попарно независимо; б) распределения по  $n_b$  и  $n_g$  совпадают с эмпирическими; в)  $d\sigma/dx$  совпадают с соответствующими "полуинклюзивными" (т. е. при фиксированных  $n_b$  и  $n_g$ ) эмпирическими распределениями. Наконец для оценки чувствительности метода к обнаружению ЯУВ, мы моделировали также события, угловые спектры в которых для  $g$ -частиц соответствовали расчету [6], а для  $b$ -частиц — эмпирическому инклюзивному  $x$ -распределению из [11].

Экспериментальные и расчетные значения  $C_2$  для  $NA$ -соударений (для значений  $x_1 = x_2$  — диагонали корреляционной матрицы) представ-

лены (как пример) на рис. 2. Аналогичная картина наблюдается и при любых других значениях  $x_1, x_2$  и для  $\alpha A$ -соударений. Можно заключить.

1) Данные не противоречат гипотезе независимого испускания  $b$ - и  $g$ -частиц (т. е., например, каскадному механизму) в ядро-ядерных столкновениях при энергиях в несколько  $\text{Гэв/нуклон}$ .

2) Отсутствие корреляций противоречит гипотезе о заметной роли ЯУВ в ядро-ядерных соударениях.

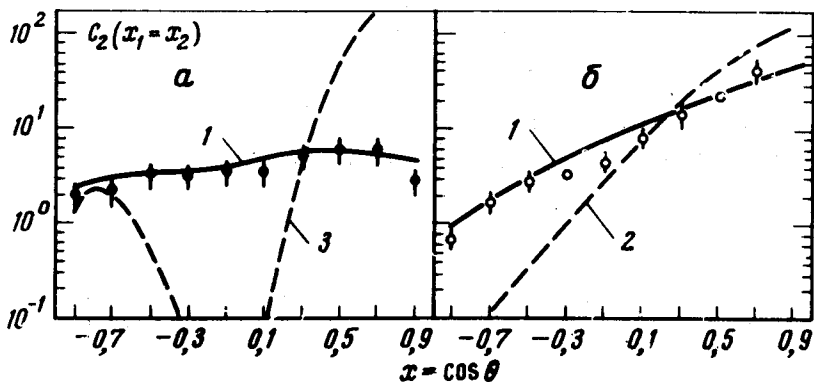


Рис. 2. Корреляционные функции  $C_2(x_1, x_2 = x_1)$  для  $b$ -частиц (а) и  $g$ -частиц (б) из  $NA$ -соударений. Кривые 1 – независимое испускание частиц, 2 – расчет для ЯУВ [6], 3 -- в соответствии с  $d\sigma/d\theta$  из [11]

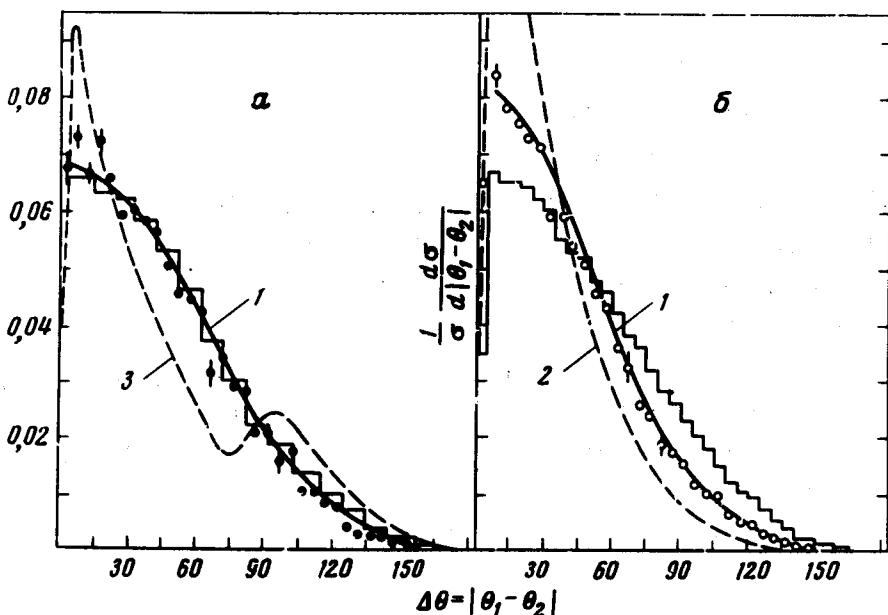


Рис. 3. Распределения по  $\Delta\theta$  для  $b$ -частиц (а) и  $g$ -частиц (б) из  $NA$ -соударений. Кривые те же, что на рис. 2; гистограмма -- расчет для изотропного углового распределения

Для наглядности на рис. 3 (снова как пример) показаны распределения  $d\sigma/d|\theta_1 - \theta_2|$  для  $b$ - и  $g$ -частиц из  $NA$ -соударений вместе с расчетными по описанным выше моделям, а также простейшим "фоновым" распределением, следующим из предположения  $d\sigma/dx = \text{const}$ . Данные для  $b$ -частиц не противоречат этому последнему предположению, для  $g$ -частиц наблюдается превышение над "фоном" в области  $\Delta\theta \lesssim 35^\circ$ , обусловленное, очевидно, неравномерностью  $d\sigma/dx$  (рис. 1). Если даже отнести этот избыток к ЯУВ, верхняя граница сечения этого процесса для  $NA$ -соударений составляет всего  $0,05 \sigma_{in} (^{14}NA)$ , что существенно меньше предсказываемого рядом моделей (например, [7]).

Авторы глубоко признательны Х.Х.Хекману, а также ФЭК ОИЯИ и К.Д.Толстову за предоставление эмульсионных стопок, облученных соответственно в Беркли и Дубне, и коллегам по сотрудничеству [14] за совместную работу по набору части статистики  $\alpha A$ -случаев.

Институт ядерной физики  
Академии наук Узбекской ССР

Поступила в редакцию  
12 июля 1976 г.

### Литература

- [1] A.E.Glassgold et al. Ann. of Physics, 6, 1, 1959.
- [2] W.Sheid et al. Phys. Rev. Lett., 32, 741, 1974.
- [3] C.Y.Wong, T.A. Welton. Phys. Lett., 49B, 243, 1974.
- [4] M.I.Sobel et al. Nucl. Phys., A251, 502, 1975.
- [5] Y.Kitazoe, M.Sano. Osaka Reports OULNS 75-6, 75-7, 1975.
- [6] A.A.Amsden et al. Phys. Rev. Lett., 35, 905, 1975.
- [7] Б.А.Румянцев. Письма в ЖЭТФ, 22, 114, 1975; Б.А.Румянцев, В.Б.Телицын, В.И.Юрченко. Письма в ЖЭТФ, 23, 309, 1976.
- [8] Б.Н.Калинкин, В.Л.Шмонин. Препринт ОИЯИ, P2-7871, Дубна, 1974.
- [9] G.F.Bertsch. Phys. Rev. Lett., 34, 697, 1975.
- [10] G.F.Chapline. Livermore Preprint UCRL-76065, 1974.
- [11] H.G.Baumgardt et al. Z. Physik, A273, 359, 1975.
- [12] L.P.Remsberg, D.G.Perry. Phys. Rev. Lett., 35, 361, 1975.
- [13] A.M.Poskanzer et al. Phys. Rev. Lett., 35, 1701, 1975.
- [14] ВДГКЛМТ-сотрудничество. Сообщ. ОИЯИ, P1-8313, 1974.