

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 6386



М.И.Адамович , Н.Далхажав, В.Г.Ларионова  
К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова

СТРИППИНГ ДЕЙТРОНОВ 9,38 ГЭВ/С  
НА ЯДРАХ ФОТОЭМУЛЬСИИ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1972

М.И.Адамович\*, Н.Далхажав, В.Г.Ларионова\*  
К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова

СТРИПИНГ ДЕЙТРОНОВ 9,38 ГЭВ/С  
НА ЯДРАХ ФОТОЭМУЛЬСИИ

---

\* Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР

Ускорение дейтронов на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ до импульса 11 Гэв/с и получение выведенного пучка открыло возможность для широкой программы исследований по физике элементарных частиц и изучения взаимодействия релятивистских ядер.

В настоящей работе исследуется протонный стриппинг при взаимодействии дейтронов 9,38 Гэв/с с ядрами фотоэмульсии; предварительные результаты сообщались ранее в работе<sup>1/</sup>. В исследованиях взаимодействия дейтронов с ядрами фотоэмульсионный метод позволяет разделить упругие и неупругие столкновения, а также выделить стриппинг протонов.

В опыте использовались фотоэмульсии типа БР-2 толщиной 400 мк, размером  $10 \times 20$  см<sup>2</sup>. Камера из 100 слоев была облучена выведенным монохроматичным пучком дейтронов. Плотность потока дейтронов в слоях эмульсии составляла  $(2,4) \cdot 10^4$  д/см<sup>2</sup>, а угловой разброс пучка  $\pm 0,12^\circ$ , что позволяло надежно исключать из рассмотрения следы фоновых частиц.

Измерения импульсов у 150 первичных частиц методом многократного кулоновского рассеяния дали для средней величины импульса значение  $(9,8 \pm 0,7)$  Гэв/с, полученное распределение показано на рис. 1 и определяет качество эмульсионных слоев для измерения импульсов.

Поиск случаев взаимодействия производился вдоль следов первичных дейтронов. Фиксировались все события, включая случаи рассеяния дейтронов на угол больше  $0,1^\circ$  в плоскости фотоэмульсии. На длине 557,5 м следов дейтронов было обнаружено 2410 событий из них 2074 звезд с числом лучей  $\geq 2$ . Для этих взаимодействий средний свободный пробег  $\langle L \rangle_{\geq 2} =$

$=26,9 \pm 0,6$  см. Для определения среднего пробега неупругих столкновений дейтронов с ядрами фотоэмульсии необходимо учесть также однолучевые звезды, исключив из них случаи упругого рассеяния дейтронов. Если рассчитывать последние как ядерное рассеяние точечной частицы на сферическом абсолютно черном ядре<sup>1/2</sup>, то

$$\left( \frac{d\sigma}{d\omega} \right)_A = \frac{R_A^2 |J(kR, \theta)|^2}{\theta^2} \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что для среднего ядра эмульсии упругое рассеяние практически несущественно при углах больше  $1^\circ$ . Угловое распределение однолучевых звезд приведено на рис. 2. В соответствии с этим рисунком доля однолучевых звезд, в которых частицы рассеялись на угол  $> 1^\circ$ , составляет 30%.

Для выделения неупругих взаимодействий другим способом на следах вторичных частиц в однолучевых звездах производились измерения импульсов с помощью многократного кулоновского рассеяния координатным методом. Измерения были произведены на 72-х следах частиц. Результат измерений приведен на рис. 3, где наблюдаются две группы частиц. Местоположение максимума при большем импульсе совпадает с центром распределения первичных дейтронов на рис. 1. В соответствии с этим доля однолучевых звезд за счёт вклада упругого рассеяния составляет около 2/3. Остальная часть случаев имела импульсы в интервале 1,5–6 Гэв/с, следовательно, они могут быть отнесены к однолучевым звездам от неупругих взаимодействий. Вводя поправку, мы получаем, что средний свободный пробег  $\langle L_1 \rangle$  равен:

$$\langle L_1 \rangle = (25,5 \pm 0,8) \text{ см} \quad .$$

К ядерному стриппингу дейтронов мы относим процесс такого столкновения дейтронов с ядром, в котором только нейтрон испытывает неупругое взаимодействие, приводящее к образованию звезды. Для этого процесса следует ожидать узкое угловое распределение протонов, обусловленное в основном фермиевским движением нуклонов в дейтроне, и импульсное распределение, имеющее максимум при половине импульса дейтрона. Изме-

рения углов на следах 662 релятивистских частиц приведены на рис. 4. Для сравнения на рис. 5 приведено угловое распределение релятивистских частиц при взаимодействии протонов 6,2 Гэв/с из работы<sup>/3/</sup> и 8,7 Гэв/с из работы<sup>/4/</sup>. Сопоставление рис. 4 и рис. 5 показывает наличие большого эффекта ядерного стриппинга дейтронов.

Далее были проведены измерения импульсов на следах релятивистских частиц, имевших углы до  $5^\circ$ . Результаты этих измерений показаны на рис. 6. Импульсное распределение имеет максимум при половине импульса дейтрона. Оценка вклада фона в стриппинг была проведена по угловому распределению на рис. 4 и рис. 5. Как следует из этих рисунков, распределение быстро спадает, что также согласуется с расчётом стриппинга дейтронов на ядрах углерода, вычисленного на основе волновой функции Хюльтена, которая описывает внутреннее движение нуклонов в дейтроне (рис. 7). В соответствии с этим доля фоновых частиц в области углов стриппинга составит  $0,3 \pm 0,1$ , а доля для стриппинга с вылетом протонов  $w_{CT} = 0,22 \pm 0,04$ .

Интересно сопоставить характеристики звезд, содержащих или не содержащих протон от стриппинга дейтронов. В таблице приведена средняя множественность релятивистских ( $n_s$ ) и следов от расщепления ядер ( $n_h$ ).

Таблица

	Звезды от взаимодействия дейтронов, в которых стриппинг		Звезды от взаимодействия протонов 8,7 Гэв
	есть	нет	
$\langle n_s \rangle$	$2,6 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,2$
$\langle n_h \rangle$	$5,1 \pm 0,1$	$8,5 \pm 0,1$	$7,7 \pm 0,2$

В таблице приведены также аналогичные данные для взаимодействия протонов с ядрами фотоэмульсии при энергии 8,6 Гэв<sup>4/</sup>. Таблица указывает на существенное отличие звезд со случаями стриппинга. Это легко понять, так как вылет протонов из ядра без взаимодействия, очевидно, приводит к меньшему выделению энергии в ядре, и, следовательно, к меньшему числу генерированных частиц и более слабому развитию внутриядерного каскада.

Оценим сечение протонного стриппинга  $\langle \sigma_{d,p} \rangle$  на ядре фотоэмульсии без учёта взаимодействий с водородом, доля которых ~ 4%. Оно, очевидно, равно произведению сечения неупругого взаимодействия со средним ядром фотоэмульсии  $\langle \sigma_{in} \rangle$  на долю  $w_{ст}$  стриппинга с вылетом протона, найденную в опыте. Сечение неупругого взаимодействия дейтрона с ядром меньше суммы аналогичных сечений для протона и нейтрона вследствие некоторого экранирования их друг с другом, что учитывается так называемой поправкой Глаубера. На основании экспериментальных данных  $\delta_r \sim 0,03^{5/}$ . При импульсах  $\geq 5$  Гэв/с полные сечения взаимодействия протонов и нейтронов в любых комбинациях практически равны, следовательно, среднее сечение неупругого взаимодействия дейтронов с ядрами фотоэмульсии  $\langle \sigma_{in} \rangle$  равно:

$$\langle \sigma_{in} \rangle = \left\{ 2 \frac{\sum_A n_A \sigma_A}{\sum_A n_A} \right\} (1 - \delta_r),$$

где  $\sigma_A$  - сечение для ядра с атомным весом  $A$ ,  $n_A$  - число ядер. Используем данные работы<sup>6/</sup> для сечений взаимодействий протонов 5 Гэв/с с ядрами  $C$ ,  $Cu$ ,  $Cd$  ( $\sigma_c = 250$  мб,  $\sigma_{Cu} = 800$  мб,  $\sigma_{Cd} = 1160$  мб) и закон  $A^{2/3}$  для расчёта сечений взаимодействия с ядрами  $N$ ,  $O$ ,  $Ag$ ,  $Bt$ . На основе этих данных, применяя формулу (2), получаем:  $\langle \sigma_{in} \rangle = 1150$  мб, причём среднее ядро фотоэмульсии соответствует  $\langle A \rangle = 47$ . Следовательно,  $\langle \sigma_{d,p} \rangle = 1150$ ,  $w_{ст} = 253 \pm 35$  мб. На основании этого, а также рис. 4 можно рассчитать дифференциальные сечения стриппинга на среднем ядре фотоэмульсии. Они показаны на рис. 8.

Сравним полученные результаты с исследованиями стриппинга антидейтронов 13,3 Гэв/с.

В работе<sup>7/</sup> получено интегральное распределение стриппинга антидейтронов на ядрах углерода в зависимости от угла вылета протона.

Аналогичную кривую можно построить на основании наших данных. Эти распределения приведены на рис. 9, причём они нормированы при угле  $\theta = 13$  мрад.

Отличие нашей экспериментальной кривой при больших углах может быть связано с рассеянием протонов в ядрах  $Ag$  и  $Bg$ , а также несколько большим импульсом антидейтронов.

В заключение авторы выражают благодарность инженерно-техническому коллективу синхрофазотрона ЛВЭ, и особенно И.Б. Иссинскому и В.И. Морозу, коллективу ИТЭФ, совместно с которым выполнялась работа<sup>1/</sup>, за ряд полезных обсуждений, а также лаборантам, проводившим поиск событий и измерения.

#### Литература

1. Н. Далхажав и др. Труды IV Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра, Дубна, 1971.
2. V.Frahn, R.Venter. *Annals of Phys.*, 24, 245 (1963).
3. H.Winzeler et al. *Nuovo Cimento*, 17, 8 (1960).
4. В.С. Барашенков и др. Препринт ОИЯИ, Р-331, Дубна, 1959.
5. Ю.П. Горин и др. Препринт ИФВЭ СЭФ-71-100.
6. В.С. Барашенков, К.К. Гудима, В.Д. Тонеев. Препринт ОИЯИ, Р2-4183, Дубна, 1968.
7. Ю.П. Горин и др. ЯФ, 13, 344 (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 апреля 1972 года.

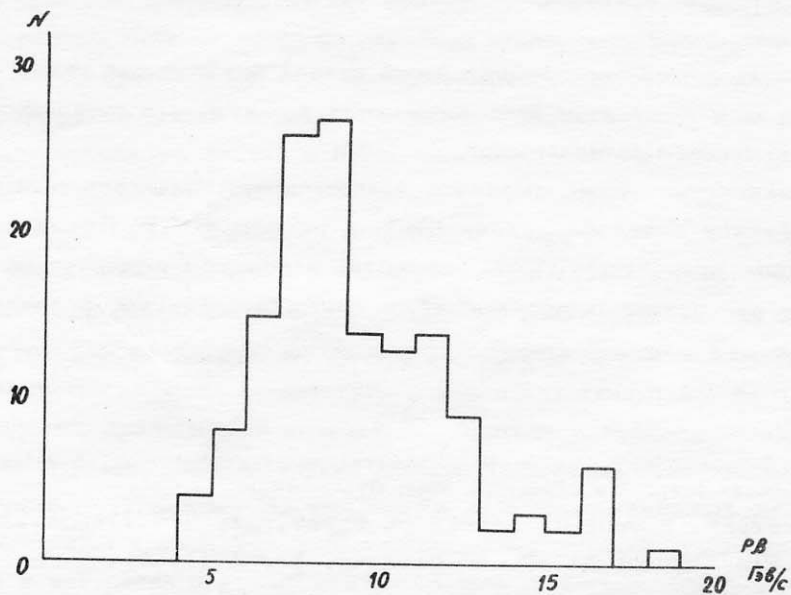


Рис. 1. Распределение первичных частиц по величинам  $r\beta$ .

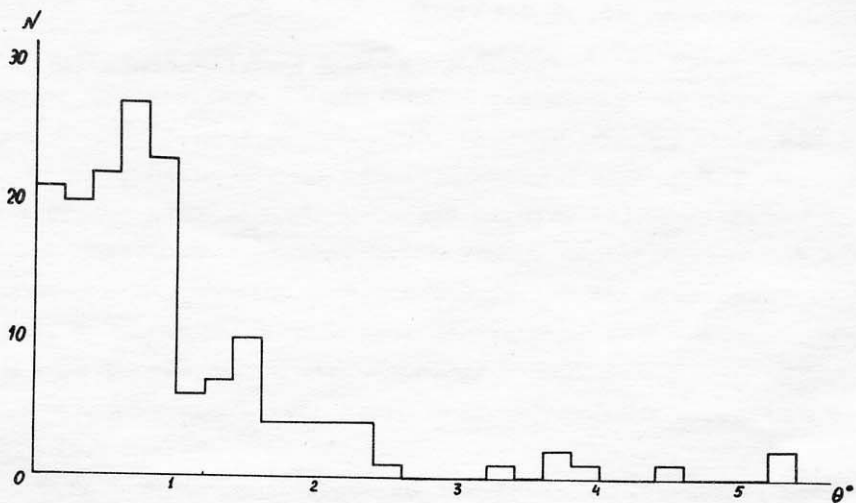


Рис. 2. Угловое распределение однолучевых звезд.



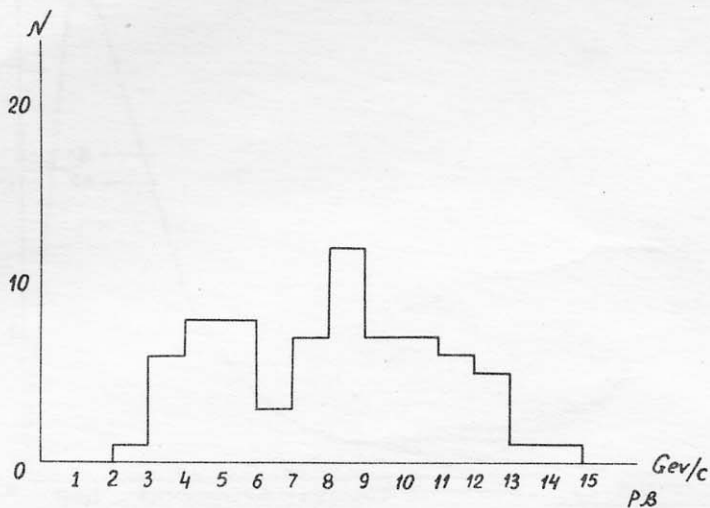


Рис. 3. Распределение по величинам  $p\beta$  вторичных частиц в однолучевых звездах.

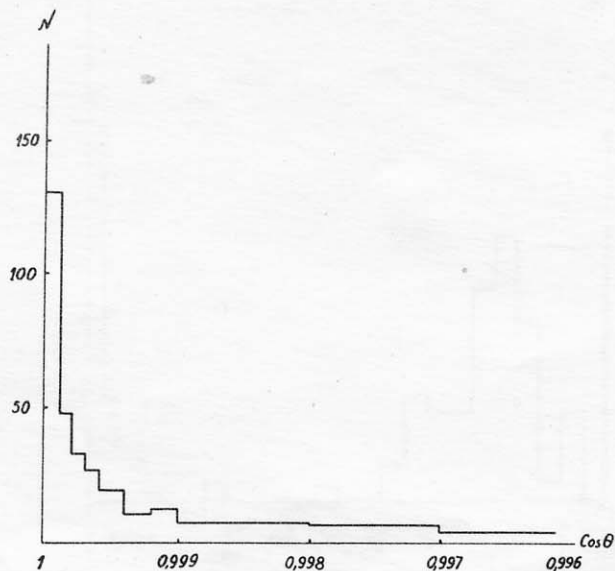


Рис. 4. Угловое распределение релятивистских частиц в звездах, образованных дейтронами 9,38 Гэв/с.

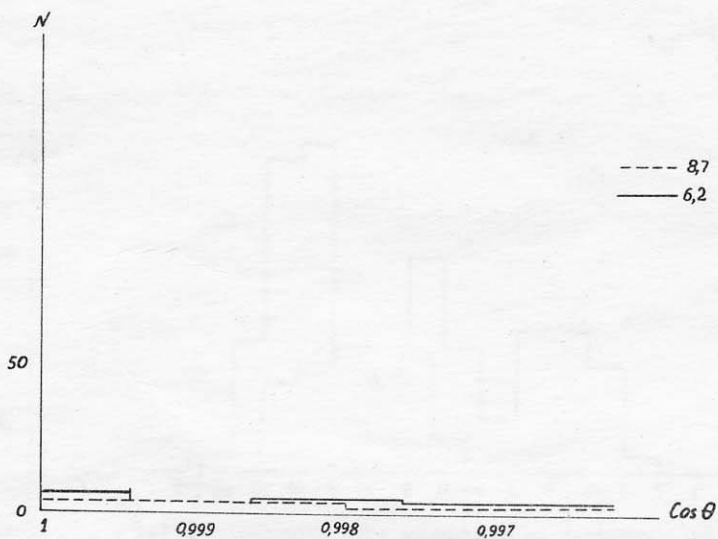


Рис. 5. Угловое распределение релятивистских частиц в звездах, образованных протонами 6,2 Гэв/с и 8,7 Гэв/с.

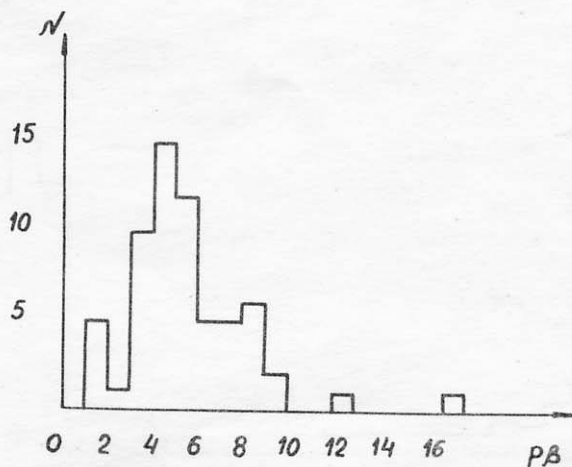


Рис. 6. Распределение по  $p\beta$  релятивистских частиц в звездах, из которых выделялись события стриппинга.

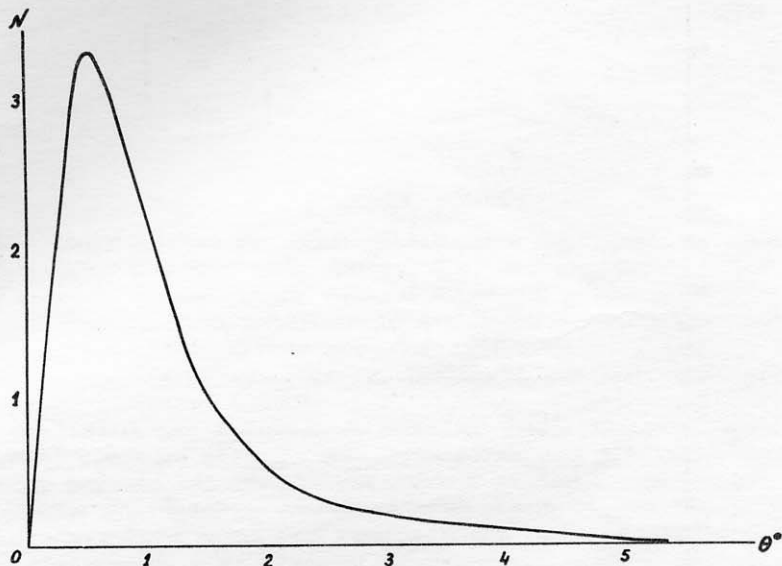


Рис. 7. Расчётная кривая углового распределения стриппинга на ядрах углерода.

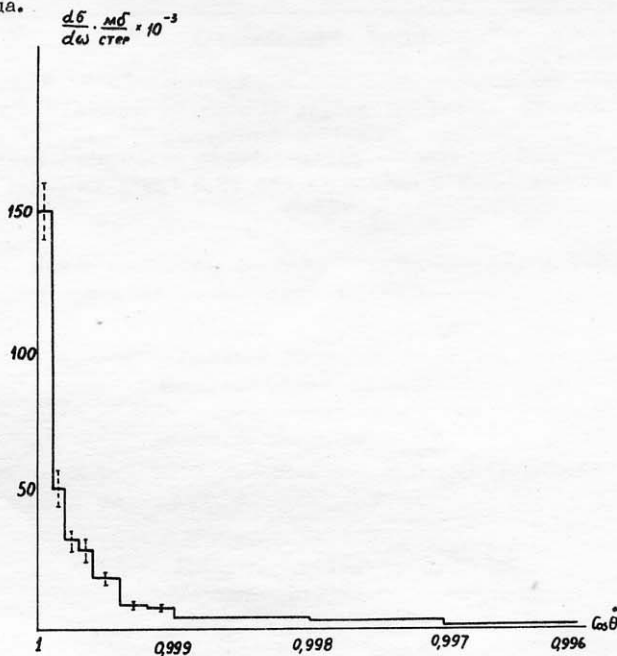


Рис. 8. Дифференциальные сечения стриппинга на ядрах фотоэмульсии.

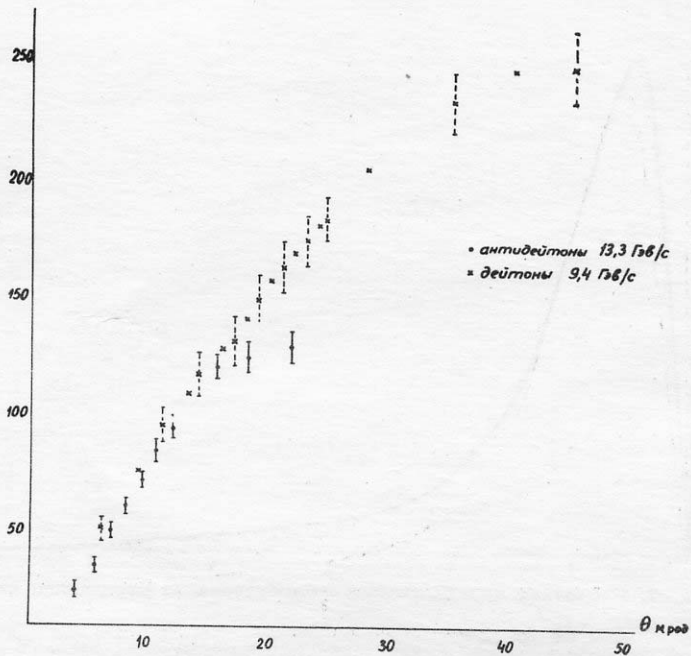


Рис. 9. Интегральное угловое распределение стриппинга дейтронов 9,38 ГэВ/с на ядрах фотоэмульсии и антидейтронов 13,3 ГэВ/с на ядрах углерода.