

4153/2-74

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



17/x-74  
P2 - 10770

A-139

А. Абдивалиев, К. Бешлиу, В. Р. Гарсеванишвили,  
А. П. Гаспарян, С. Г. Груиа, А. П. Иерусалимов,  
Д. К. Копылова, Ф. Которобай, Д. Г. Мирианашвили,  
В. И. Мороз, А. В. Никитин, М. С. Ниорадзе, Ю. А. Троян

О СРАВНЕНИИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ  
ОДНОЙ АВТОМОДЕЛЬНОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
В ПРОЦЕССЕ РАЗВАЛА  
РЕЛЯТИВИСТСКОГО ДЕЙТРОНА

**1977**

P2 - 10770

А. Абдивалиев, К. Бешлиу, В. Р. Гарсеванишвили,  
А. П. Гаспарян, С. Г. Груиа, А. П. Иерусалимов,  
Д. К. Копылова, Ф. Которобай, Д. Г. Мирианашвили,  
В. И. Мороз, А. В. Никитин, М. С. Ниорадзе, Ю. А. Троян

О СРАВНЕНИИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ  
ОДНОЙ АВТОМОДЕЛЬНОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
В ПРОЦЕССЕ РАЗВАЛА  
РЕЛЯТИВИСТСКОГО ДЕЙТРОНА

*Направлено в ЯФ*



Абдивалиев А. и др.

P2 - 10770

О сравнении с экспериментом одной автомодельной закономерности в процессе развала релятивистского дейтрона

Рассматривается распределение спектаторных нейтронов в процессе развала релятивистского дейтрона. Теоретическая модель с автомодельной параметризацией "продольного движения" в падающем дейтроне сравнивается с экспериментальными данными при значениях импульсов дейтрона  $P_d$ , равных 3,46, 4,46, 7,66 и 10,2 ГэВ/с. Показано, что в рассматриваемой области предполагаемая модель достаточно хорошо описывает экспериментальные данные.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Abdivaliev A. et al.

P2 - 10770

On Comparison with Experiment of One Automodel Regularity in the Process of the Relativistic Deuteron Stripping

The distribution of the spectator neutrons in the process of the relativistic deuteron stripping is considered. The theoretical model with automodel parametrization of the "longitudinal motion" in the incident deuteron is compared with experimental data at the deuteron momenta  $P_d$ , equal to 3.46, 4.46, 7.66, and 10.2 GeV/c. It is shown that in the region considered the model supposed describes sufficiently well the experimental data.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1977

В последнее время в процессах взаимодействия адронов высоких энергий был установлен ряд автомодельных закономерностей, подтверждающих в той или иной степени предсказания различных теоретических схем. В частности, в ряде экспериментов было подтверждено предсказание о масштабно-инвариантном характере одночастичного инклюзивного распределения  $d\sigma/d\vec{p}/E$  в области фрагментации налетающей частицы <sup>/1-3/</sup>. Проверка других предсказаний принципа автомодельности Матвеева - Мурадяна - Тавхелидзе<sup>/3/</sup> для процессов множественного рождения требует дальнейшего подробного анализа экспериментальных данных. Появились также указания /см., например, обзоры<sup>/4-8/</sup> и цитированную в них литературу/ на независимость от энергии ряда характеристик в процессах взаимодействия ядер высоких энергий. Аналогии в адронных и ядерных взаимодействиях могут оказаться неслучайными, а детальное исследование этого круга вопросов представляется весьма актуальным.

Объединяющим моментом большинства теоретических подходов в этом направлении является попытка отхода от традиционного /нерелятивистского/ способа описания самих ядер. Предлагаются различные способы релятивизации ядерных волновых функций <sup>/9-13/</sup>.

В работах <sup>/11,13/</sup> был предложен возможный подход к изучению процессов с участием релятивистских ядер, основанный на варианте квазипотенциальной динамики в переменных "светового фронта" <sup>/14,15/</sup>. Формализм работ <sup>/14,15/</sup> /см. также обзор <sup>/16/</sup> основан на обобщении понятия одновременности, играющем существенную роль в квазипотенциальном подходе Логунова-Тавхелидзе<sup>/17/</sup>.

При анализе следствий теоретических моделей и сравнении их с экспериментом важно выделить класс экспериментально наблюдаемых явлений, в которых предполагается проявление предсказываемых закономерностей. Одним из относительно выделенных типов процессов с падающими релятивистскими ядрами является развал падающего ядра с выходом спектаторного фрагмента. В случае падающего дейтрона таким фрагментом является один из составляющих его нуклонов.

Инвариантное распределение спектаторных нуклонов, рассчитанное в рамках упомянутого выше формализма [11,13-16], имеет следующий вид:

$$\frac{d\sigma}{d\vec{p}^{sp} | E^{sp}} \approx \frac{\sqrt{\lambda(S_{NN}, m_N^2, m_N^2)}}{\sqrt{\lambda(S, m_d^2, m_N^2)}} \sigma_{tot}(S_{NN}) \times$$

$$\times \left| \frac{\Phi(X, \vec{P}_\perp^{sp})}{1 - (1 + m_N / (P_d + E_d)) X^{sp}} \right|^2,$$

$$X = \left(1 + \frac{m_N}{P_d + E_d}\right) X^{sp}, \quad X^{sp} = \frac{P_z^{sp} + E^{sp}}{m_N + P_d + E_d}, \quad /1/$$

где

$$S_{NN} = S(1 - X^{sp}) + m_N^2 - \frac{(\vec{P}_\perp^{sp})^2 + m_N^2}{X^{sp}},$$

$$\lambda(X, Y, Z) = (X - Y - Z)^2 - 4YZ. \quad /2/$$

$P_d$ ,  $E_d$  и  $P^{sp}$ ,  $E^{sp}$  - импульс и энергия падающего дейтрона и спектаторной частицы соответственно,  $m_N$  - масса нуклона,  $m_d$  - масса дейтрона,  $\Phi(X, \vec{P}_\perp)$  - реля-

тивистская волновая функция падающего дейтрона,  $S$  - обычная мандельштамовская переменная. Считая, что процесс развала происходит на отдельных нуклонах ядра-мишени, можно сказать, что распределение спектаторных частиц не зависит от свойств мишени. Независимость распределений фрагментов падающего ядра от мишени в области малых поперечных импульсов является, по-видимому, довольно общим явлением /см., например, [5]/, и мы не будем подвергать здесь этот вопрос дальнейшему обсуждению. Величина  $\sigma_{tot}(S_{NN})$  является полным сечением взаимодействия активного нуклона из дейтрона с нуклоном ядра-мишени. Эта величина практически постоянна в рассматриваемой нами области. Основная зависимость распределения /1/ от  $X^{sp}$  содержится в волновой функции  $\Phi(X, \vec{P}_\perp)$ . Заметим, что формулы /1/, /2/ записаны в системе покоя ядра-мишени.

В пределе бесконечно больших энергий падающего дейтрона для инвариантного распределения /1/ можно получить следующую оценку:

$$\frac{d\sigma}{d\vec{P}^{sp} | E^{sp}} \Big|_{S \rightarrow \infty} \approx \frac{\Phi(X^{sp}, \vec{P}_\perp^{sp})^2}{1 - X^{sp}}. \quad /3/$$

Обращает на себя внимание аналогия выражения /3/ с предсказаниями для инклюзивных распределений с малыми поперечными импульсами в адрон-адронных взаимодействиях [1-3]. Отклонения от автомодельного поведения могут происходить из-за возможной слабой зависимости параметров волновой функции от энергии. Мы вернемся еще раз к обсуждению этого момента при сравнении наших выводов с экспериментальными данными.

Волновую функцию дейтрона  $\Phi(X, \vec{P}_\perp)$  можно выбрать, например, в виде релятивистского аналога

$$\Phi(X, \vec{P}_\perp) = \text{const} \left[ \frac{P_\perp^2 + m_N^2}{X(1-X)} - a \right]^{-1} \left[ \frac{\vec{P}_\perp^2 + m_N^2}{X(1-X)} - \beta \right]^{-1} \quad /4/$$

нерелятивистской волновой функции Хюльтена с варьируемыми параметрами  $a$  и  $\beta$ . Параметр  $a$  в процессе расчетов фиксировался значением  $a = 3,5156 \text{ ГэВ}/c^2$ ,

равным квадрату массы дейтрона, а параметр  $\beta$  определялся методом наименьших квадратов при сравнении с экспериментальными данными.

Характерной особенностью распределения /1/ является предсказание максимума в точке

$$\bar{\chi}^{sp} = \frac{1}{2(1 + m_N / (P_d + E_d))}, \quad /5/$$

которая с ростом энергии приближается к своему предельному значению  $\bar{\chi}^{sp} = 1/2$ .

Распределение спектров нейтронов, вычисленное для волновой функции /4/, сравнивалось с экспериментальным распределением нейтронов от стриппинга дейтронов, которое было получено следующим образом. Ускоренный в синхрофазотроне ОИЯИ пучок дейтронов с импульсом  $P_d$  падал на внутреннюю алюминиевую мишень. Нейтроны, вышедшие из мишени под углом  $\theta < 0,001 \text{ рад}$ , попадали в однометровую водородную камеру. В этих условиях  $P_{\perp}^{sp}$  в формуле /1/ с хорошей точностью можно считать равным нулю. Для определения импульсного спектра падающих нейтронов выделялась реакция  $np \rightarrow pp\pi^-$ , которая надежно идентифицируется.

По отобранном таким образом событиям были построены импульсные спектры нейтронов, зарегистрированных в однометровой водородной камере.

Более детальное описание экспериментальной процедуры приведено в /18-22/.

Положения максимумов в экспериментальных распределениях подчиняются закономерности /5/. На рис. 1 приведен график функции /5/ в широкой области импульсов падающего дейтрона.

На рис. 2-5 приведены нормированные на единицу в точках соответствующих максимумов теоретические /сплошные кривые/ и экспериментальные распределения

$\frac{d\sigma}{d\chi^{sp} d\Omega^{sp}} \Big|_{P_{\perp}^{sp}=0}$  для четырех значений энергии падающего дейтрона. Связь между приведенным на графике распределением и инвариантным распределением /1/ при ну-

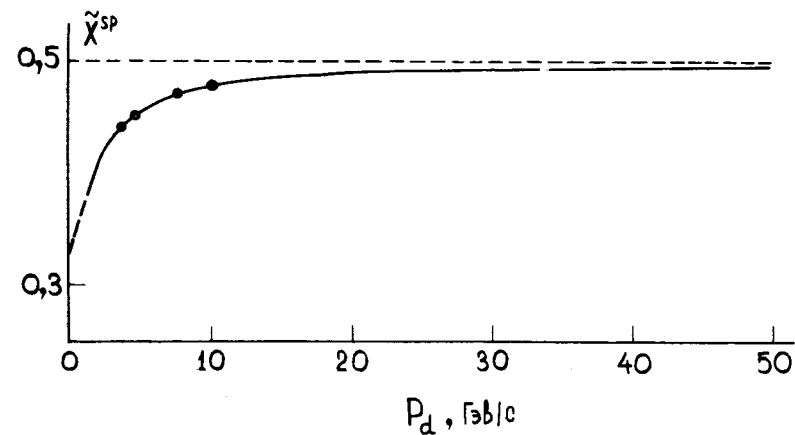


Рис. 1. Зависимость положения точки максимума распределения по  $\chi^{sp}$  от импульса падающего дейтрона. Точки на графике соответствуют значениям импульса дейтрона, проанализированным в данной работе.

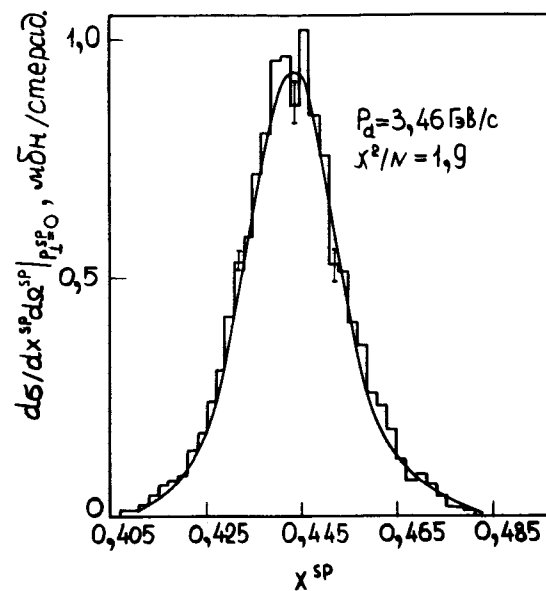


Рис. 2. Распределение  $\frac{d\sigma}{d\chi^{sp} d\Omega^{sp}} \Big|_{P_{\perp}^{sp}=0}$  при импульсе падающего дейтрона  $P_d = 3,46 \text{ ГэВ/с}$ .

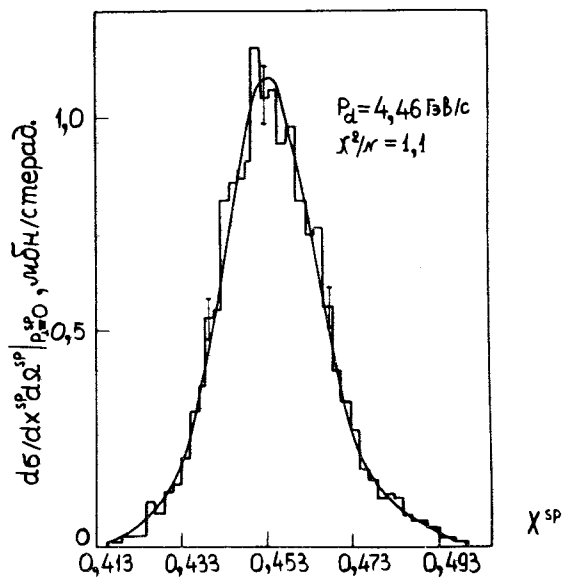


Рис. 3. Распределение  $d\sigma/dx^{sp} d\Omega^{sp} |_{p_{\perp}^{sp}=0}$  при импульсе падающего дейтрона  $P_d = 4,46$  ГэВ/с.

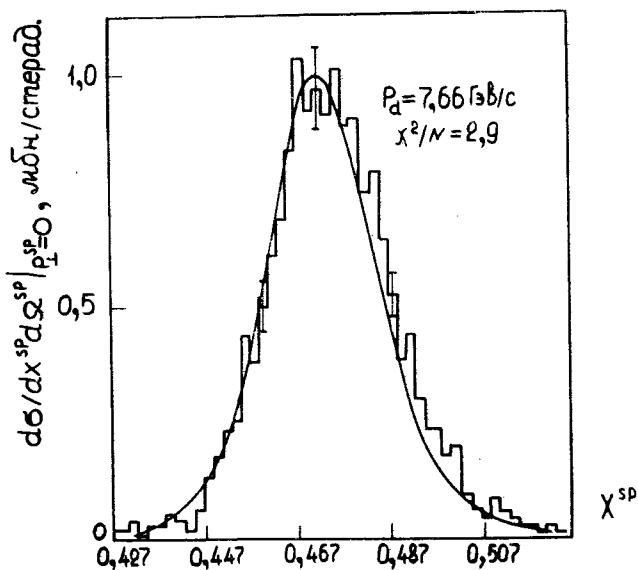


Рис. 4. Распределение  $d\sigma/dx^{sp} d\Omega^{sp} |_{p_{\perp}^{sp}=0}$  при импульсе падающего дейтрона  $P_d = 7,66$  ГэВ/с.

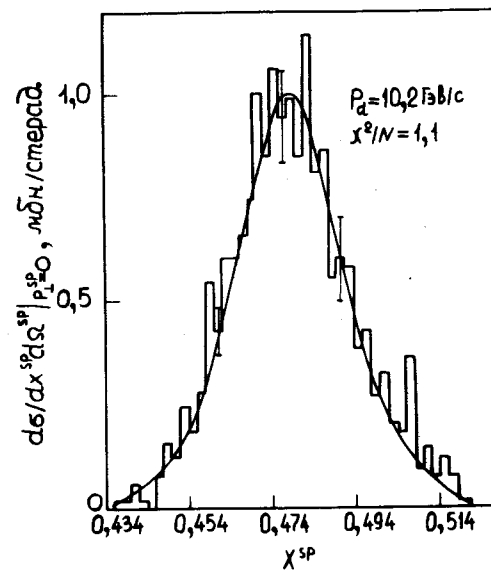


Рис. 5. Распределение  $d\sigma/dx^{sp} d\Omega^{sp} |_{p_{\perp}^{sp}=0}$  при импульсе падающего дейтрона  $P_d = 10,2$  ГэВ/с.

левых значениях поперечного импульса спектатора имеет вид

$$\frac{d\sigma}{dx^{sp} d\Omega^{sp}} \Big|_{p_{\perp}^{sp}=0} = \frac{\{(m_N + P_d + E_d) X^{sp}\}^2 - m_N^2}{4(m_N + P_d + E_d)^2 X^{sp3}} \frac{d\sigma}{dp^{sp}/E^{sp}} \Big|_{p_{\perp}^{sp}=0}.$$

/6/

Анализ показывает, что в рассматриваемой области параметры  $\alpha$  и  $\beta$  практически не зависят от энергии падающего пучка /см. таблицу/.

Таблица

$P_d, \text{ГэВ/с}$	$\alpha, (\text{ГэВ/с})^2$	$\beta, (\text{ГэВ/с})^2$
3,46	3,5156	$3,52409 \pm 0,00039$
4,46	3,5156	$3,52232 \pm 0,00066$
7,66	3,5156	$3,52089 \pm 0,00091$
10,20	3,5156	$3,51699 \pm 0,00214$

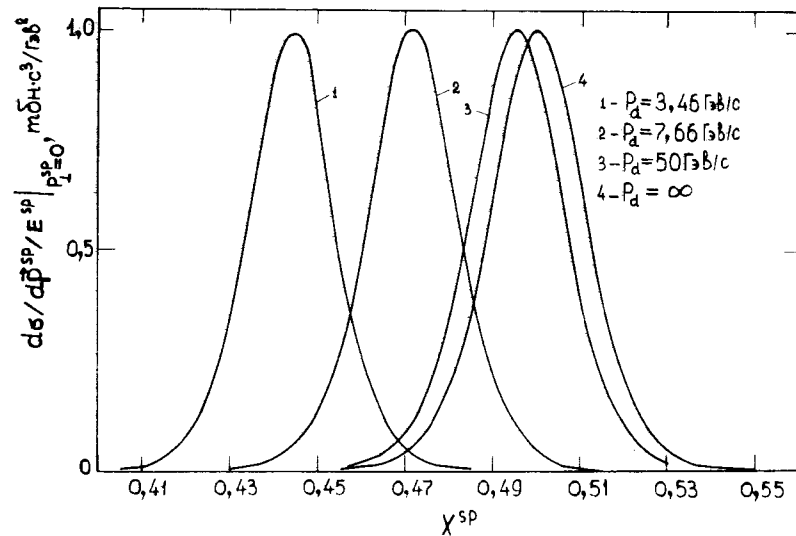


Рис. 6. Инвариантные распределения  $d\sigma/dp^{\vec{SP}} / E^{\vec{SP}}$  при различных энергиях падающего дейтрона.

На рис. 6 приведены инвариантные распределения спектров при нескольких энергиях падающего дейтрона, нормированные на единицу в точке максимума распределения при импульсе  $P_d = 3,46 \text{ ГэВ/с}$ , построенные при значениях параметров  $\alpha = 3,5156 / \text{ГэВ/с}^2$ ,  $\beta = 3,522 / \text{ГэВ/с}^2$ .

Из проведенного анализа следует, что наблюдаемые на эксперименте <sup>18-22/</sup> закономерности развала релятивистского дейтрона в рассматриваемой нами области достаточно хорошо описываются релятивистской моделью с автомобильной параметризацией "продольного движения" в падающем дейтроне.

Представляет интерес распространение анализа типа проведенного здесь на более широкую область энергий падающего пучка, а также изучение распределений спектров частиц по поперечному импульсу. Это позволит очертить более четко границы применимости приведенного рассмотрения.

Авторы выражают глубокую благодарность А.М.Балдину, В.А.Матвееву, А.Н.Тавхелидзе за обсуждение затронутых здесь вопросов и ценные замечания.

#### Литература

1. Benecke J. e.a. *Phys. Rev.*, 1969, 188, p.2159.
2. Feynman R.P. *Phys. Rev.Lett.*, 1969, 23, p.1415.
3. Matveev V.A., Muradyan R.M., Tavkhelidze A.N. *Lett. Nuovo Cim.*, 1972, 5, p.907.
4. Балдин А.М. и др. *Лекция на Школе по физике высоких энергий*, Сухуми, 1972, ОИЯИ, P2-6867, Дубна, 1972; Балдин А.М. и др. ОИЯИ, P2-8858, Дубна, 1975.
5. Heckman H. In: *Proc. of the International Conference on High Energy Physics and Nuclear Structure*, Uppsala, 1973.
6. Steiner H. In: *Proc. of the Topical Meeting on High Energy Collisions Involving Nuclei*, Trieste, 1974.
7. Bertocchi L. In: *Proc. of the Topical Meeting on High Energy Collisions Involving Nuclei*, Trieste, 1974.
8. Лексин Г.А. *Элементарные частицы. Третья школа физики ИТЭФ*, Атомиздат., М., 1975, вып. 2, с.5.

9. Буров В.В., Лукьянов В.К., Титов А.И. В кн.: Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра, Дубна, 1976.
10. Шапиро И.С. В кн.: Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976. ОИЯИ, Д-9920, Дубна, 1976.
11. Гарсеванишвили В.Р., Мирианашвили Д.Г., Ниорадзе М.С. ОИЯИ, Р2-9859, Дубна, 1976; ОИЯИ, Д-9920, Дубна, 1976.
12. Стрикман М.И., Франкфурт Л.Л. Письма в ЖЭТФ, 1976, 24, с.311.
13. Garsevanishvili V.R. e.a. JINR, E2-10475, Dubna, 1977.
14. Гарсеванишвили В.Р. и др. ТМФ, 1975, 23, с.310.
15. Гарсеванишвили В.Р., Матвеев В.А. ТМФ, 1975, 24, с.3.
16. Garsevanishvili V.R. Lectures at the XIII Winter School of Theoretical Physics in Karpacz, 1976.
17. Logunov A.A., Tavkhelidze A.N. Nuovo Cim., 1963, 29, p.280;  
Кадышевский В.Г., Тавхелидзе А.Н. В кн.: "Проблемы теоретической физики", посвященной Н.Н.Боголюбову в связи с его 60-летием. "Наука", М., 1969.
18. Гаспарян А.П. и др. ОИЯИ, 1-9111, Дубна, 1975.
19. Балдин А.М. и др. ПТЭ, 1971, 3, с.29.
20. Belonogov A.V. e.a. Nucl.Instr. and Meth., 1963, 20, p.114.
21. Которобай Ф. и др. ОИЯИ, Р10-9314, Дубна, 1975.
22. Иерусалимов А.П. и др. ОИЯИ, Р10-9502, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 июня 1977 года.