

НАБЛЮДЕНИЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ГЛАУБЕРОВСКОГО ПРОЦЕССА В ДВОЙНОЙ ПЕРЕЗАРЯДКЕ π^+ -МЕЗОНОВ НА ЯДРАХ

И.И.Воробьев, Л.С.Новиков

Впервые наблюден двухступенчатый глауберовский процесс в двойной перезарядке заряженных частиц. Сечение процесса для π^+ -мезонов с импульсом 2,9 ГэВ/с при двойной перезарядке на смеси ядер углерода и ксенона ($\langle A \rangle = 25$) составляет 26 ± 16 мкбн, что согласуется с теоретическим предсказанием.

В теоретической работе Геворкяна и др. [1] рассматривалась в рамках теории Глаубера двойная перезарядка заряженных π -мезонов с энергиями $\gtrsim 2$ ГэВ, идущая через двухступенчатый процесс

$$\pi^{\mp} + 2p(2n) \rightarrow X^{\circ}pn \rightarrow \pi^{\pm} 2n(2p), \quad (1)$$

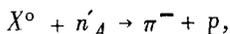
где $X^0 = \pi^0, \eta, \rho^0, \omega, f, A_1^0$ и т. д. Такой механизм приводит к вылету под малыми углами энергичных π -мезонов с импульсами, не сильно отличающимися от начального. В работе были сделаны предсказания для средних и тяжелых ядер о величине сечения двойной перезарядки, обусловленной этим механизмом. Эти предсказания до сих пор не были проверены на опыте.

В настоящей работе изучалась двойная перезарядка π^+ -мезонов с импульсом 2,9 ГэВ/с по снимкам 120-литровой пропан-ксеноновой пучковой камеры [2], помещенной в магнитное поле 18 кГс. Содержание ксенона в смеси — 52% по весу. Было использовано 116000 стереофотографий. Программа просмотра предусматривала поиск случаев, имеющих в конечном состоянии один π^- -мезон и любое число протонов, остановившихся в камере:



где $k = 0, 1, 2, \dots$ Эффективность просмотра составляла $90 \pm 3\%$. Найдено 153 случая реакции (2), из них измерено 137 случаев. Измерялись импульсы p_{π^-} и углы вылета θ_{π^-} π^- -мезонов (с точностью $\pm 13\%$ и $\pm 1^\circ$) и импульсы, и углы вылета протонов (с точностью ± 10 МэВ/с и $\pm 2^\circ$). Протоны, видимые в камере и остановившиеся в ее объеме, имели импульсы от 120 до 700 МэВ/с.

Для π^+ -мезонов двухступенчатый процесс (1) имеет вид



где n_A — нейтрон в ядре. Причем, доминирующими промежуточными состояниями X^0 должны явиться ρ^0 -мезон, ω -мезон и f -мезон [1]. Как следует из сечений образования этих частиц при нашем начальном импульсе, их вклад составит, соответственно, 82, 11, 7%.

На рис. 1 представлены полученные распределения по импульсам p_{π^-} всех измеренных случаев реакции (2), разделенных на пять групп по числу протонов с энергиями ≥ 20 МэВ. Такая граница выбрана на основании экспериментального распределения по кинетической энергии протонов из реакции (2), в котором наблюдается резкий избыток случаев с энергией < 20 МэВ, соответствующий испарительному процессу. Протоны в реакциях (3), как показал расчет по методу Монте-Карло, имеют среднюю энергию около 70 МэВ.

Тот же расчет показал, что с учетом ошибок, наших измерений 80% случаев процесса (3) должны иметь π^- -мезоны с $p_{\pi^-} \geq 2400$ МэВ/с и $\theta_{\pi^-} \leq 14^\circ$. Таких случаев оказалось семь, на рис. 1 они зачернены. Все они имеют значение квадрата переданного 4-импульса $< 0,25$ (ГэВ/с)², т. е. для них выполняется требование, чтобы переданный импульс был небольшим [1]. Заштрихованы на рис. 1 случаи с $\theta_{\pi^-} \leq 14^\circ$.

Как следует из рис. 1, шесть случаев из семи, удовлетворяющих критериям отбора для двухступенчатого процесса (3), находятся на гистограмме 1, в; т. е. относятся к событиям с двумя протонами в конечном состоянии (с энергиями ≥ 20 МэВ), что является необходимым условием процесса (3). Один случай находится на гистограмме 1, г. Можно предположить, что он вызван реакцией

$$\pi^- + n_A \rightarrow \pi^- + \pi^+ + p, \quad (4)$$

в которой образуется энергичный π^- -мезон, а π^+ -мезон поглощается на квазидейтроне ядра:

$$\pi^+ - (pn) \rightarrow p + p. \quad (5)$$

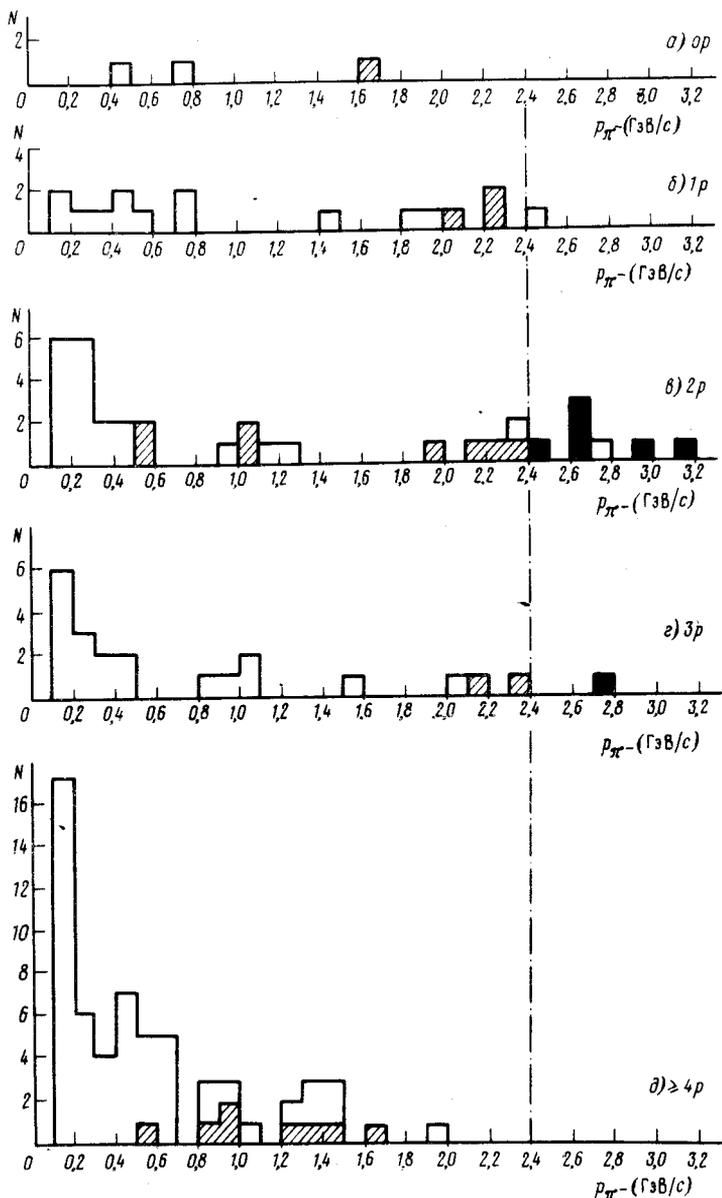
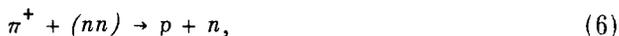


Рис. 1. Распределения по импульсу π^- -мезонов из реакции (2) при различном числе протонов с энергиями ≥ 20 МэВ. Обозначения — см. текст

Основанием для такого предположения служат экспериментальные факты, что реакция (4) имеет при нашем импульсе самое большое сече-

ние среди однонуклонных реакций, и что при поглощении π^+ -мезонов в ядре доминирующее значение имеет реакция (5) [3].

Поглощение π^+ -мезонов, образованных в реакции (4), может происходить также на паре нейтронов:



так что процесс (4), (6), в котором образуются два протона, мог бы явиться источником фона для искомого двухступенчатого процесса (3)

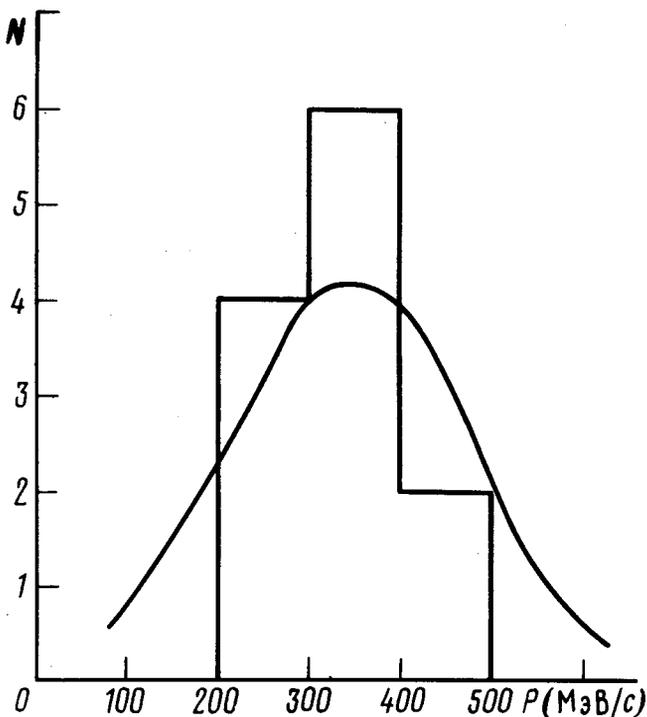


Рис. 2. Распределение по импульсу протонов для случаев, зачерненных на рис. 1, *в*. Кривая — ожидаемое распределение для процесса (3)

Как показано на опыте [3], реакция (6) по крайней мере в два раза менее вероятна, чем (5), и если принять гипотезу, что один зачерненный случай на рис. 1, *в* имеет своим происхождением процесс (4), (5), то оценка, учитывающая результаты работы [3] в применении к ядрам нашей смеси, показывает, что фон от процесса (4), (6) в отобранных событиях с двумя протонами составит 0,7 случая.

Другим источником фона является реакция $\pi^+ + A \rightarrow \pi^- + k p + m \pi^0 + A'$, когда γ -кванты от распада π^0 -мезонов не зарегистрированы в камере. Расчет показал, что такой фон составляет 0,2 случая.

Еще одним источником фона для процесса (3) могла бы явиться реакция



с последующим поглощением изобары [4, 5] и образованием двух протонов в конечном состоянии



Однако при таком процессе один из протонов будет иметь импульс ≥ 550 МэВ/с, а в нашей камере регистрируются протоны с импульсами < 700 МэВ/с. Таким образом, случаи процесса (7), (8) большей частью не удовлетворяют нашей программе просмотра. При более сложном механизме поглощения изобары, чем (8) будет испускаться большее число протонов, чем в процессе (3).

На рис. 2 приведено распределение по импульсу протонов для шести случаев, зачерненных на рис. 1, в. Видно, что оно не соответствует предположению о наличии процесса (7), (8). Кривая — распределение, рассчитанное по методу Монте-Карло для процесса (3).

Таким образом, как следует из всего вышесказанного, по крайней мере пять из отобранных шести кандидатов можно надежно отнести к двухступенчатому глауберовскому процессу двойной перезарядки π^+ -мезонов на ядре.

Для вычисления сечения процесса (3) были введены поправки на эффективность просмотра, неизмеримость случаев, долю событий с $p_{\pi^-} < 2400$ МэВ/с и $\theta_{\pi^-} > 14^\circ$ и на число случаев, в которых хотя бы один из протонов не останавливался в камере. Последняя поправка была вычислена по методу Монте-Карло и составила 28%. С учетом всех поправок сечение процесса (3) отнесенное к среднему ядру смеси С и Хе ($\langle A \rangle = 25$), равно 26 ± 16 мкбн. В ошибку включен возможный фон от процесса (4), (6).

Согласно работе Геворкяна и др. [1] ожидаемое сечение глауберовского процесса двойной перезарядки (3) при импульсе 2,9 ГэВ/с равно для ядра углерода 9 мкбн, а для ядра ксенона 97 мкбн. Отсюда сечение на среднее ядро нашей смеси получается равным 19 мкбн, что хорошо согласуется с полученной в настоящей работе величиной.

В заключение мы выражаем глубокую благодарность С.Р.Геворкяну, В.С.Демидову, А.Г.Долголенко, В.А.Карманову, В.М.Колыбасову, А.Г.Мешковскому, А.В.Тарасову, Н.Н.Шишову за полезные обсуждения и А.Ф.Бузулуцкову и Т.А.Чистяковой за помощь в работе.

Институт теоретической
и экспериментальной физики

Поступила в редакцию
24 января 1981 г.

Литература

- [1] С.Р.Геворкян, А.В.Тарасов, Ч.Цэрэн. ЯФ, 15, 55, 1972.
- [2] И.И.Першин и др. ПТЭ, №3, 43, 1967.
- [3] В.Ф.Космач, А.Г.Мартиросова, В.И.Остроумов. ЯФ, 22, 453, 1975.
- [4] О.Д.Далькаров, И.С.Шапиро. ЯФ, 7, 562, 1968; Phys. Lett., 26B, 706, 1968; О.Д.Далькаров, В.М.Колыбасов. ЯФ, 18, 809, 1973.
- [5] А.В.Арефьев и др. В трудах международного семинара "Взаимодействие частиц высокой энергии с ядрами и новые ядерноподобные системы", М., Атомиздат, 1974. стр. 35.