

C-482

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



21/4-77

4563/2-77

P2 - 10902

Б.Словинский, Б.Среднява, З.Стругальский,
А.Томашевич

РАССЕЯНИЕ С ПЕРЕЗАРЯДКОЙ π^+ -МЕЗОНОВ
НА ЯДРАХ КСЕНОНА ПРИ 2.34 ГэВ/с

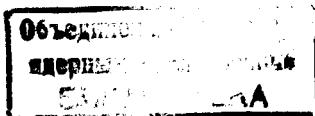
1977

P2 - 10902

Б.Словинский, Б.Среднява, З.Стругальский,
А.Томашевич

РАССЕЯНИЕ С ПЕРЕЗАРЯДКОЙ π^+ -МЕЗОНОВ
НА ЯДРАХ КСЕНОНА ПРИ 2,34 ГэВ/с

Направлено в ЯФ



Рассеяние с перезарядкой π^+ -мезонов на ядрах ксенона при 2,34 ГэВ/с

Выполнен расчёт дифференциального эффективного сечения процесса перезарядки π^+ -мезонов на ядрах ксенона при 2,39 ГэВ/с в рамках модели многократного дифракционного рассеяния. Результаты расчёта сравниваются с экспериментально полученным распределением π^0 -мезонов из реакции зарядового обмена π^+ -мезонов на ядрах ксенона при 2,34 ГэВ/с. Сделан вывод о том, что модель, по крайней мере при сделанных предположениях, не описывает наблюдаемой экспериментально значительной коллимации π^0 -мезонов в интервале небольших углов эмиссии.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

The Charge Exchange π^+ -Xenon Scattering at 2.34 GeV/c

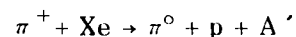
Estimation of the differential cross-section of charge exchange process on the Xenon nuclei at 2.39 GeV/c has been done using the diffraction multiple scattering model. The theoretical results are compared with corresponding experimental data concerning the π^0 -angular distribution in π^+ -Xenon charge exchange process at 2.34 GeV/c. It can be stated that, in the frame of the approximation used, the model does not explain the observed π^0 -meson collimation in small interval of their emission angles.

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

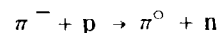
Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

1. ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы является анализ углового распределения π^0 -мезонов из взаимодействий π^+ -мезонов с импульсом 2,34 ГэВ/с с ядрами ксенона, ведущих к эмиссии π^0 -мезонов и протонов в конечном состоянии. Ранее нами было обнаружено^{/1/}, что двухмерное распределение по углу эмиссии и полной энергии π^0 -мезонов проявляет коллимацию, соответствующую кинематике эмиссии изучаемых нейтральных пионов в столкновениях падающих π^+ -мезонов с внутриядерной мишенью, эффективная масса которой близка массе пиона. Аналогичное явление наблюдается также и в π^- -Xe взаимодействиях при 3,5 ГэВ/с^{/2/}. Оказалось, что полное эффективное сечение канала реакции



при 2,34 ГэВ/с $\sigma = /3,05 \pm 0,75/$ мб, согласуется с полным сечением реакции перезарядки



при 2,39 ГэВ/с^{/3/}, $\sigma = /0,60 \pm 0,03/$ мб, если учесть, что ядро ксенона эквивалентно при этом пяти квазисвободным нуклонам^{/4/}. При обсуждении вопроса о природе наблюдаемой коллимации в эмиссии π^0 -мезонов, нами указывалось на необходимость изучения сложных процессов перерассеяния и поглощения внутри ядра. В настоящей работе выполнен численный расчёт дифференциального эффективного сечения процесса перезарядки

π^+ -мезонов на ядрах ксенона при 2,39 ГэВ/с. Расчет проведен в рамках теории многократного дифракционного рассеяния Глаубера^{/5,6/}. Результаты расчета сравниваются с экспериментом, выполненным на снимках с 26-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ОИЯИ, облученной в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 ГэВ/с.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

В качестве исходного выражения для дифференциального эффективного сечения процесса перезарядки π^+ -мезона с образованием π^0 -мезонов на ядре с атомным номером $A \gg 1$, принята формула:

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta_{\pi^0}} = 2\pi p^2 \frac{N}{A} \int_0^R B dV T(B) e^{-\sigma_{tot} T(B)} \times \quad /1/$$

$$\times \int_0^{2R} e^{-\omega_{11}(\beta)T(B)} \omega_{12}(\beta) J_0(2p\beta \sin \frac{\theta_{\pi^0}}{2}) \beta d\beta.$$

Здесь использованы следующие обозначения: N - число нейтронов в ядре, p - импульс падающей частицы, R - радиус ядра-мишени, σ_{tot} - полное сечение взаимодействия первичной частицы с нуклонами при 2,39 ГэВ/с, $\sigma_{tot} = /34,73 \pm 0,04/ \text{ мб} /7/$,

$$T(B) = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho(B, z) dz, \quad /2/$$

$$\rho(B, z) = \frac{\rho_0}{1 + \exp(\frac{r - r_0}{s})}, \quad /3/$$

$$r = \sqrt{B^2 + z^2} \quad \rho_0 = 0,174 \text{ Фм}^{-3},$$

$$r_0 = 5,455 \text{ Фм}, \quad s = 0,575 \text{ Фм},$$

$$\omega_{ij}(\beta) = \int_{-4p^2}^0 dt \frac{d\sigma_{ij}}{dt} J_0(-\beta\sqrt{t}), \quad /4/$$

$\frac{d\sigma_{ij}}{dt}$ - дифференциальное эффективное сечение процесса упругого рассеяния $\pi N \rightarrow \pi N$ ($i=j=1$) и перезарядки $\pi^+ n \rightarrow \pi^0 p$ ($i=1, j=2$); J_0 - функция Бесселя нулевого порядка, t - переданный 4-импульс; θ_{π^0} - угол эмиссии.

Выражение /1/ получается из более общего выражения^{/6/}, если принять, что значения полных сечений взаимодействия π^+ - и π^0 -мезонов с нуклонами равны друг другу^{/8/}. Пренебрегается также разницей в массах π^+ - и π^0 -мезонов.

Формула /1/ верна только для интервала относительно небольших углов эмиссии θ_{π^0} π^0 -мезонов. Как было показано^{/9/}, в области энергии ≥ 1 ГэВ выражение для упругого рассеяния частиц на ядрах, полученное в рамках теории Глаубера, справедливо вплоть до -40° /в лабораторной системе координат/ и дает качественную оценку процесса рассеяния /по порядку величины/ при больших значениях углов рассеяния. Однако для более корректного описания углового распределения частиц, упруго рассеиваемых на ядре, следует проследивать судьбу частицы в ядре вдоль ее траектории, так как обсуждаемый процесс происходит, в основном, в периферической области ядра-мишени, где плотность нуклонов существенно зависит от параметра соударения^{/4/}.

3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Для вычисления значений функций $\omega_{11}(\beta)$ и $\omega_{12}(\beta)$ нами были использованы экспериментально полученные значения дифференциального эффективного сечения

$$\frac{d\sigma_{11}}{dt} \text{ упругого рассеяния } \pi^+ p \rightarrow \pi^+ p \text{ при } 2,39 \text{ ГэВ/с} /7/$$

и аппроксимация дифференциального сечения процесса перезарядки $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ при $2,39 \text{ ГэВ/с}$ в виде ^{/3/}:

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \sum_{j=1}^{12} C_j P_j(\cos\theta). \quad /5/$$

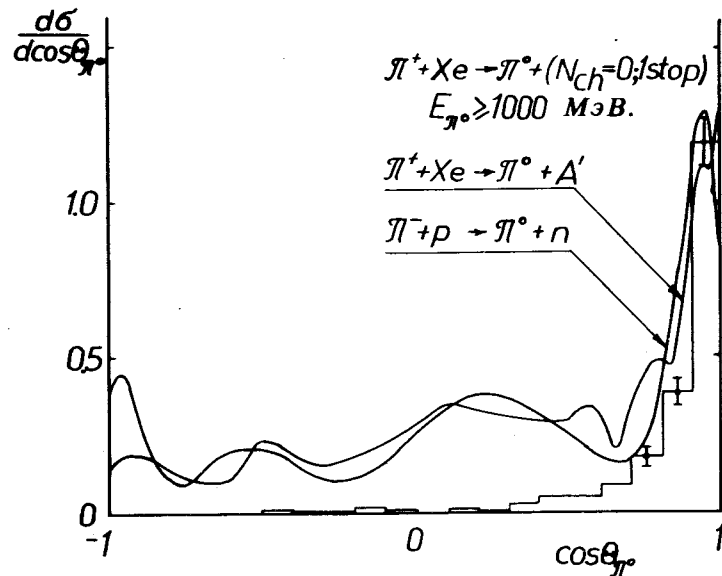
Результаты расчета дифференциального сечения перезарядки π^+ -мезонов на ядре ксенона, выполненного по формуле /1/, представлены графически на рисунке. Там же приведено угловое распределение π^0 -мезонов из реакции перезарядки $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ при $2,39 \text{ ГэВ/с}$ ^{/3/}. Распределения даны в системе центра масс πp и взаимно отнормированы. Можно заметить, что в рамках принятых предположений, на которых основана формула /1/, ядро ксенона приводит к относительно небольшому размазыванию углового распределения π^0 -мезонов из реакции перезарядки на свободном нуклоне. Следует, однако отметить, что детали структуры дифференциального сечения, определенного формулой /1/, проявляют значительную чувствительность к конкретным значениям диф-

ференциальных сечений $\frac{d\sigma_{11}}{dt}$ и $\frac{d\sigma_{12}}{dt}$, которые берутся

из эксперимента, и, следовательно, измерены с определенной точностью.

На рисунке изображено также угловое распределение π^0 -мезонов из взаимодействий $\pi^+ - \text{Xe}$ при $2,34 \text{ ГэВ/с}$, в которых был зарегистрирован один π^0 -мезон и не более одной заряженной частицы, идентифицированной как протон ^{/1/}. В этом распределении учтены только те π^0 -мезоны, энергия которых в лабораторной системе не меньше 1000 МэВ . Как было показано ^{/1/}, при этом примесь от процессов множественного рождения π^0 -мезонов на ядре ксенона минимальна. Экспериментальная гистограмма нормирована на угловое распределение π^0 -мезонов из реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ при $2,39 \text{ ГэВ/с}$, в

интервале углов $\cos\theta_{\pi^0} \in 0,9 \div 1$. Видно, что полученная нами оценка углового распределения π^0 -мезонов в рамках весьма упрощенной формулы /1/, основанной на модели многократного дифракционного рассеяния, не в состоянии объяснить наблюдаемую на опыте сильную коллимацию



Дифференциальное эффективное сечение π^0 -мезонов из реакции перезарядки $\pi^+ + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + A'$ при $2,39 \text{ ГэВ/с}$. Гистограммой изображено угловое распределение π^0 -мезонов из взаимодействий $\pi^+ + \text{Xe} \rightarrow \pi^0 + (N_{ch}=0; 1 \text{ stop})$ при $2,34 \text{ ГэВ/с}$, в которых полная энергия π^0 -мезонов $E_{\pi^0} \geq 1000 \text{ МэВ}$ ^{/1/}. Приведено также дифференциальное сечение π^0 -мезонов из процесса перезарядки $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ при $2,39 \text{ ГэВ/с}$ ^{/10/}. Распределения представлены в системе центра масс пион-нуклон.

π^0 -мезонов в интервале небольших углов их эмиссии. Следует при этом еще раз подчеркнуть, что полное сечение отобранных экспериментально взаимодействий $\pi^+ - \text{Xe}$ при $2,34 \text{ ГэВ/с}$, интерпретируемых как реакция перезарядки π^+ -мезонов на ядре ксенона, хорошо согласуется с соответствующей величиной для процесса $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$ при $2,39 \text{ ГэВ/с}$, если предположить, что соответствующий зарядовосопряженный процесс, $\pi^+ + n \rightarrow \pi^0 + p$, имеет то же полное сечение, и что ядро ксенона эквивалентно пяти свободным нейтронам, как это следует из других работ ^{/4/}. Такое совпадение полных сечений указывает на то, что вероятность экспериментальной выборки,

которая могла бы исказить полученное угловое распределение, мала. Нельзя, однако, исключить существенной роли фермиевского движения внутриядерных нуклонов в наблюдаемом явлении, тем более что основная доля π^0 -мезонов из реакции перезарядки π^+ -мезонов на ядре ксенона сосредоточена в интервале небольших углов эмиссии в лаб.с. /1/.

Авторы выражают благодарность А.В.Тарасову за полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Stowiński B., Strugalski Z., Średniawa B. JINR, E1-9084, Dubna, 1975.*
2. Охрименко Л.С. и др. ОИЯИ, P1-9807, Дубна, 1976.
3. *Nelson J.F. e.a. Phys.Lett., 1973, 47B, No. 3, 281.*
4. Словинский Б. ЯФ, 1974, 19, №3; Воробьев Ю.Ю. и др. ЯФ, 1973, 17, 551; *Kolbig K.S., Margolis B. Nucl.Phys., 1968, B6, 85.*
5. *Glauber R.J. In: Lectures in Theoretical physics. Ed. W.E.Britten e.a., v. 1, Interscience Publishers, N.Y., 1959, p. 315.*
6. Тарасов А.В. ЭЧАЯ, 1976, 7, вып. 3, 771.
7. *Bracci E. e.a. CERN/HERA 75-2, 1975.*
8. Воробьев И.И., Новиков Л.С. Препринт ИТЭФ-76, Москва, 1975.
9. *Kohmura T., Negishi T. Progr.Theor.Phys., 1974, 51, No. 2, 518.*

Рукопись поступила в издательский отдел
3 августа 1977 года.