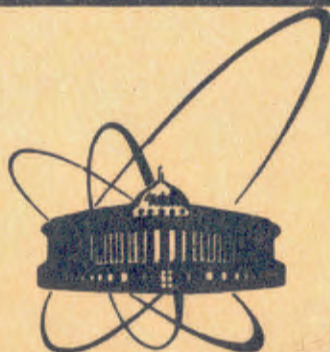


85-388



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

С 346.46

4722/85

P1-85-388

М.П.Баландин

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПОЛЯРНЫХ УГЛОВ СПИРАЛЬНОСТИ
В РЕАКЦИИ $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n$
ПРИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
ПЕРВИЧНЫХ π^- -МЕЗОНОВ 338 МэВ

1985

Материалом для настоящей работы служат 537 случаев реакции



при кинетической энергии первичных π^- -мезонов 338 ± 12 МэВ. Эти случаи наблюдались Блохинцевой и др. /1-3/ с помощью 25-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры /4/, помещенной в магнитное поле напряженностью 12000 Э. Камера была установлена в пучке π^- -мезонов, получаемых на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Просмотр пленок, обработка стереофотографий, критерии отбора событий и их идентификация описаны в работах /1,2/. Здесь нет необходимости писать об этом повторно. Отметим только, что эффективность обнаружения различных случаев реакции /1/ была практически одинаковой, и при двукратном просмотре пленок составляла 99,5%. Поэтому искажения угловых и импульсных распределений, обусловленные потерей событий при просмотре пленок, считались незначительными и во внимание не принимались.

Для удобства изложения запишем реакцию /1/ в следующем виде: $P_a + P_b \rightarrow P_1 + P_2 + P_3$. где P_a, P_b, P_1, P_2, P_3 означают 4-импульсы частиц $\pi^-, p, \pi^+, \pi^-, p$ соответственно.

Возможны три системы центра масс пар вторичных частиц. Это системы, в которых $P_1 + P_2 = 0$; $P_2 + P_3 = 0$; $P_3 + P_1 = 0$. Величины, определенные в системах отсчета /часто называемых системами Готфрида-Джексона/, будем отмечать верхними индексами Ц12, Ц23, Ц31 соответственно. Так, например, полная энергия и импульс частицы 1 в системе отсчета Ц23 обозначаются $E_1^{Ц23}$ и $P_1^{Ц23}$ соответственно. В лабораторной системе отсчета эти величины будут обозначаться E_1 и P_1 .

Взаимная ориентация импульсов вторичных частиц в системах отсчета Ц12, Ц23 и Ц31 определяется одним углом, который называется полярным углом спиральности. В системе отсчета Ц23 /рис.1/ полярным углом спиральности является угол $\theta_{12}^{Ц23}$ или угол $\theta_{13}^{Ц23} = 180^\circ - \theta_{12}^{Ц23}$. В системах отсчета Ц31 и Ц12 полярные углы спиральности будут обозначаться $\theta_{23}^{Ц31} / \theta_{21}^{Ц31} = 180^\circ - \theta_{23}^{Ц31} /$ и $\theta_{31}^{Ц12} / \theta_{32}^{Ц12} = 180^\circ - \theta_{31}^{Ц12} /$ соответственно.

Величина $\cos \theta_{12}^{Ц23}$ находилась по формуле:

$$\cos \theta_{12}^{Ц23} = \frac{(s - s_{23}^* - m_1^2)(s_{23} + m_2^2 - m_3^2) + 2s_{23}(m_1^2 + m_2^2 - s_{12}^*)}{\lambda^{1/2}(s, s_{23}, m_1^2) \lambda^{1/2}(s_{23}, m_2^2, m_3^2)} \quad /2/$$

С. С. ИНСТИТУТ

УЧЕБНО-НАУЧНОГО ЦЕНТРА

Б. Л. СТЕКА

$$\text{где } s = (p_a + p_b)^2 = m_a^2 + m_b^2 + 2m_a m_b E_a,$$

$$s_{23} = (p_2 + p_3)^2 = m_2^2 + m_3^2 + 2E_2 E_3 - 2P_2 P_3 \cos \theta_{23},$$

$$s_{12} = (p_1 + p_2)^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2E_1 E_2 - 2P_1 P_2 \cos \theta_{12},$$

$$\lambda(s, s_{23}, m_1^2) = (s - s_{23} - m_1^2)^2 - 4s_{23} m_1^2,$$

$$\lambda(s_{23}, m_2^2, m_3^2) = (s_{23} - m_2^2 - m_3^2)^2 - 4m_2^2 m_3^2.$$

m_a, m_b, m_1, m_2, m_3 - массы частиц $a, b, 1, 2, 3$ соответственно. Формулы для $\cos \theta_{23}^{431}$ и $\cos \theta_{31}^{412}$ получаются из формулы /2/ циклической перестановкой индексов.

Распределение полярного угла спиральности θ_{12}^{423} при фиксированном значении ϕ описывается формулой /5/:

$$w(\cos \theta_{12}^{423}, \phi) = \int dt_1 ds_{23} \frac{\lambda^{1/2}(s_{23}, m_2^2, m_3^2)}{8s_{23}} A(s_{23}, t_1, \cos \theta_{12}^{423}, \phi), \quad /3/$$

где $t_1 = (p_a - p_1)^2$, $A(s_{23}, t_1, \cos \theta_{12}^{423}, \phi)$ - квадрат модуля матричного элемента для реакции /1/, ϕ - азимутальный угол. Формулы для $w(\cos \theta_{23}^{431}, \phi)$ и $w(\cos \theta_{31}^{412}, \phi)$ получаются из формулы /3/ циклической перестановкой индексов. При $A \equiv 1$ распределения w называются статистическими распределениями полярных углов спиральности. В нашем случае эти распределения изотропны, так как из формулы /3/ следует:

$$w(\cos \theta_{12}^{423}, \phi)_{A \equiv 1} = w(\cos \theta_{23}^{431}, \phi)_{A \equiv 1} = w(\cos \theta_{31}^{412}, \phi)_{A \equiv 1} = \text{const.}$$

Полученные при обработке 537 случаев реакции /1/ распределения полярных углов спиральности $U(\cos \theta_{12}^{423})$, $V(\cos \theta_{21}^{431})$

и $W(\cos \theta_{31}^{412})$ изображены на рис.2, где прямые линии представляют статистические распределения этих углов. Из рисунка видно, что экспериментальные распределения $U(\cos \theta_{12}^{423})$ и $V(\cos \theta_{21}^{431})$ сильно

Рис.1. Система центра масс частиц 2 и 3 / $p_2 + p_3 = 0$. $\theta_{12}^{423} / \theta_{13}^{423} = 180^\circ - \theta_{12}^{423}$ - полярные углы спиральности.

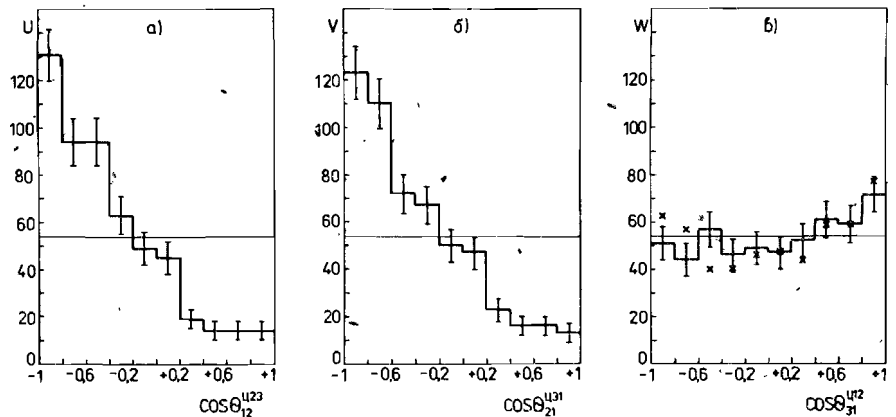
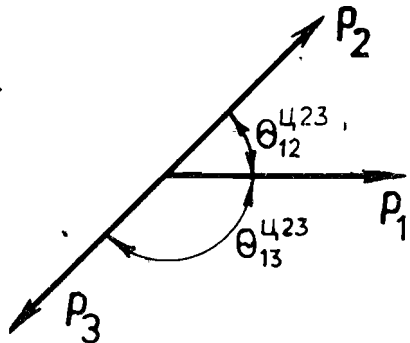


Рис.2. Распределения полярных углов спиральности θ_{12}^{423} , θ_{21}^{431} и θ_{31}^{412} . U, V и W - число случаев. Горизонтальная прямая на графике представляет собой статистическое распределение. Крестиками отмечены значения W , вычисленные по формуле /5/.

отличаются от статистического распределения. Для того, чтобы судить о степени согласия экспериментального распределения $W(\cos \theta_{31}^{412})$ со статистическим, вычислялась величина критерия χ^2 , которая оказалась равной 10,9. При данной величине χ^2 и числе степеней свободы 8 вероятность совместности экспериментального и статистического распределений угла θ_{31}^{412} равняется 0,2.

Асимметрию полученных угловых распределений можно характеризовать величиной отношения:

$$a = \frac{N_b - N_f}{N_b + N_f},$$

где N_b - число случаев с полярным углом спиральности больше 90° , N_f - число случаев с полярным углом спиральности меньше 90° . В результате проделанных вычислений были получены следующие величины асимметрии: $a^{423} = 0,61 \pm 0,06$; $a^{431} = 0,57 \pm 0,06$; $a^{412} = -0,08 \pm 0,06$.

Большие положительные величины асимметрии a^{423} и a^{431} означают, что в системах отсчета $\zeta 23$ и $\zeta 31$ нейтроны вылетают преимущественно в переднюю полусферу. Количество таких нейтронов значительно превосходит величину, ожидаемую по статистической теории. С целью выяснения причины наблюдаемой асимметрии напишем формулу для определения импульса нейтрона в системе центра масс первичных частиц:

$$P_3^* = \left[\frac{(-P_3^{423} \cos \theta_{13}^{423} + \beta \sqrt{(P_3^{423})^2 + m_a^2})}{1 - \beta^2} + (P_3^{423} \sin \theta_{13}^{423})^2 \right]^{1/2}, \quad /4/$$

где

$$\beta = \left[\frac{(m_1^2 + s_{23} - s)^2 - 4m_1^2 s_{23}}{(m_1^2 + s_{23} - s)^2 - 4m_1^2 s_{23} + 4s s_{23}} \right]^{1/2}$$

Из формулы /4/ можно видеть, что при фиксированном значении импульса P_{13}^{423} на долю нейтронов, вылетевших в переднюю полу-сферу ($\theta_{13}^{423} < 90^\circ$), приходятся меньшие величины импульсов P_3^* . Расчеты показывают, что все нейтроны с импульсами P_3^* от 0 до 165 МэВ/с вылетают в системах отсчета Ц23 и Ц31 только в переднюю полусферу. В связи с этим число нейтронов в данном интер-вале импульсов P_3^* должно быть больше, чем ожидается по ста-тистической теории. Зная импульс P_3^* и полную энергию \sqrt{s} в сис-теме центра масс первичных частиц, можно определить эффективную массу \sqrt{s}_{12} в системе отсчета Ц12 по формуле:

$$s_{12} = s + m_3^2 - 2\sqrt{s}[(P_3^*)^2 + m_3^2]$$

Вычисления показывают, что интервалу импульсов $P_3^*/0-165/$ МэВ/с соответствует интервал эффективных масс $\sqrt{s}_{12}/350-400/$ МэВ/с². Количество случаев в данном интервале эффективных масс \sqrt{s}_{12} , в соответствии с вышеизложенным, должно быть больше, чем ожи-дается по статистической теории. Полученный в работе /3/ спектр эффективных масс \sqrt{s}_{12} полностью подтверждает сделанный вывод. Таким образом, асимметрия распределений полярных углов спи-ральности в системах отсчета Ц23 и Ц31 приводит к аномальному поведению спектра эффективных масс $\pi^+\pi^-$ - системы. Наблюдаемая аномалия в спектре эффективных масс $\pi^+\pi^-$ - системы объясняется в работах /1,3,6,7,8/ $\pi\pi$ - взаимодействием в состоянии с $T=J=0$. Следовательно, и асимметрия распределений полярных углов спи-ральности в системах отсчета Ц23 и Ц31 обусловлена также $\pi\pi$ - взаимодействием в конечном состоянии.

Расчеты показывают, что для пионов, в отличие от нейтронов, практически не существует в системе центра масс первичных час-тиц такого интервала импульсов, в который пионы попадали бы ли-бо только из передней, либо только из задней полусферы в сис-темах отсчета Ц23 и Ц31. Поэтому асимметрия распределений поляр-ных углов спиральности в системах отсчета Ц23 и Ц31 не должна приводить к аномалии в спектрах эффективных масс $\pi^+\pi^-$ - систем.

Была сделана попытка выразить распределение $W(\cos\theta_{31}^{412})$ через распределения $U(-\cos\theta_{12}^{423})$ и $V(\cos\theta_{21}^{431})$ в следующем виде:

$$W(\cos\theta_{31}^{412}) = q U(-\cos\theta_{12}^{423}) + (1-q) V(\cos\theta_{21}^{431}) \quad /5/$$

$\theta_{12}^{423} = \theta_{31}^{412} \quad \theta_{21}^{431} = \theta_{31}^{412}$

Величина параметра q подбиралась так, чтобы выполнялось условие $a_{31}^{412} = -0,08$. В результате проделанных вычислений было найдено

$q = 0,55$. Это означает, что вклад распределений $U(-\cos\theta_{12}^{423})$ и $V(\cos\theta_{21}^{431})$ в распределение $W(\cos\theta_{31}^{412})$ примерно одинаков. Расчетные значения числа случаев W , полученные с помощью форму-лы /5/ при $q = 0,55$, представлены на рис.2в крестиками. Из ри-сунка видно, что формула /5/ качественно правильно описывает экспериментальное распределение.

В заключение автор считает своим приятным долгом поблагода-рить Г.И. Селиванова за предоставление экспериментального мате-риала и А.В.Кравцова за обсчет событий на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блохинцева Т.Д. и др. ЖЭТФ, 1963, 44, с.116.
2. Блохинцева Т.Д. и др. ЯФ, 1965, 1, с.103.
3. Блохинцева Т.Д. и др. ЯФ, 1966, 3, с.687.
4. Блохинцева Т.Д. и др. ПТЭ, 1962, 5, с.51.
5. Бюклинг Е., Каянти К. Кинематика элементарных частиц. "Мир", М., 1975, с.137.
6. Kirz' J., Schwartz J., Tripp R.D. Phys.Rev., 1963; 130, p.2481.
7. Батусов Ю.А. и др. ЖЭТФ, 1961, 40, с.1528.
8. Chinowsky W., Saxon D.H., Mulvey J.H. Phys.Rev., 1970, D2, p.1790.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 мая 1985 года

Баландин М.П.

P1-85-388

Распределения полярных углов спиральности в реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n$ при кинетической энергии первичных π^- -мезонов 338 МэВ.

Исследуется реакция $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n$ при кинетической энергии первичных π^- -мезонов 338 ± 12 МэВ. Целью работы является получение угловых распределений, характеризующих взаимную ориентацию импульсов всех трех вторичных частиц одновременно. Для решения поставленной задачи в качестве системы отсчета выбирается система центра масс пар вторичных частиц. В этих системах отсчета взаимная ориентация импульсов вторичных частиц определяется одним углом, который называется полярным углом спиральности. В центрах масс π^+n - и π^-n -систем наблюдается большая асимметрия распределений полярных углов спиральности. В центре масс $\pi^+\pi^-$ -системы угловое распределение практически изотропно. Наблюдаемая асимметрия угловых распределений обусловлена $\pi\pi$ -взаимодействием в конечном состоянии.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Balandin M.P.

P1-85-388

Helicity Polar Angular Distributions in the Reaction $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n$ at 338 MeV Kinetic Energy of Primary π^- -Mesons

Investigation of $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + n$ reaction at 338 ± 12 MeV kinetic energy of π^- -mesons was made in order to obtain angular distributions which characterize the momentum interorientation of all three secondary particles simultaneously. For this purpose the mass centre system of secondary particle pairs is used as a coordinate system. In these coordinate systems the momentum interorientation of secondary particles is determined by one angle which is named polar helicity angle. In the mass centres of π^+n - and π^-n -systems a great asymmetry of the polar helicity angles was observed. In the mass centre of $\pi^+\pi^-$ -system angular distribution was practically isotropic. The observed asymmetry of angular distributions is connected with $\pi\pi$ -interaction in a final state.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985