

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЛАУБЕРОВСКОЙ АМПЛИТУДЫ ДЛЯ УПРУГОГО π^0 р-РАССЕЯНИЯ

Аннотация. В работе найдены значения параметров Глауберовской амплитуды для упругого π^0 р-рассеяния в диапазоне энергии налетающего мезона от 50 до 1100 Мэв. Необходимые для такого анализа значения дифференциальных сечений упругого π^+ р- и π^- р-рассеяния взяты из электронной базы экспериментальных данных CNS DAC Services (SAID program). Расчеты сечений с найденными значениями параметров показывает, что оно удовлетворительно описывается вплоть до 60° .

Ключевые слова: упругое рассеяние, Глауберовская амплитуда.

Тірек сөздер: серпимді шашырау, Глаубер амплитудасы.

Keywords: elastic scattering, amplitude Glauber.

В последнее время на различных экспериментах при промежуточных энергиях интенсивно исследуется образование так называемого «дипротона», т.е. двухпротонной пары $\{pp\}_s$ в 1S_0 состоянии относительного движения. В частности, на спектрометре ANKE в COSY-Julich (Германия) исследованы реакции $pd \rightarrow \{pp\}_s n$, $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$, $pp \rightarrow \{pp\}_s \gamma$ [1,2] и т.д. Интерес к таким процессам связан по нескольким причинам. Во-первых, это простейший неупругий процесс на малонуклонных системах, который может дать ценные сведения о динамике нуклон-нуклонных взаимодействий. Во-вторых, ограничение в конечном состоянии только одной парциальной волной (S-волной) значительно упрощает ее теоретическое рассмотрение по сравнению с другими реакциями такого типа, например, $pp \rightarrow d\pi^+$. Заметим однако, что для реакции $pp \rightarrow d\pi^+$ в настоящее время имеются многочисленные экспериментальные данные [3], включая спиновые наблюдаемые, измеренные в широкой области энергий. Эти данные используются для тестирования различных теоретических моделей, описывающих эту реакцию в районе энергий налетающего протона 1 ГэВ [4]. В третьих, хотя, например, квазибинарная реакция $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ кинематически очень похожа на реакцию $pp \rightarrow d\pi^+$, но динамически они существенно отличаются друг от друга. Дело в том, что квантовые числа дипротонного состояния ($J^\pi=0^+$, $I=1$, $S=0$, $L=0$) отличаются от соответствующих квантовых чисел дейтрона ($J^\pi=0^+$, $I=0$, $S=1$, $L=0,2$). В связи с этим матричные элементы перехода для этих двух реакций также будут существенно различными. Поэтому сведения, получаемые из теоретического анализа этих двух реакций, не перекрывают друг друга, а, наоборот, взаимно друг друга дополняют. Все эти факты указывают на необходимость более тщательного экспериментального и теоретического исследования таких процессов.

В работе [2] экспериментально исследована реакция $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$. Измерены дифференциальное поперечное сечение процесса при семи значениях энергии налетающего протона T_p , от 0.51 до 1.97 ГэВ. А также при четырех энергиях налетающего протона 0.625, 1.1, 1.4 и 1.97 ГэВ измерено угловое распределение дипротона в пределах углов $\cos^2\theta_{\{pp\}}$ от 1.00 до 0.85. Энергетическая зависимость сечения имеет четко выраженный максимум в районе 0.6–0.8 ГэВ. Происхождение этого максимума, скорее всего, связано с возбуждением $\Delta(1232)$ изобары в промежуточном состоянии. Угловые зависимости сечения при энергиях 1.1 и 1.4 ГэВ имеют аномалию – они растут с ростом угла рассеяния дипротона.

Теоретический анализ данной реакции ранее проводились в работах [5, 6]. В работах [5] анализ проводился на основе модели однопионного обмена (рисунок 1а), а в работе [6] для анализа была использована так называемая *box*-модель (рисунок 1б), явно учитывающая возбуждение $\Delta(1232)$ изобары в промежуточном состоянии. Эти модели дают качественные описания энергетической зависимости сечений. Для их количественного описания, а также для описания аномального поведения угловой зависимости, видимо, надо учесть другие механизмы и в первую очередь перерасcеяние во входном (ISI – initial state interaction) и выходном (FSI – final state interaction) каналах (рисунок 1в). По оценкам анализа других аналогичных процессов учет ISI и FSI приводит к уменьшению абсолютной величины сечений до 30%, а также меняет характер угловой зависимости.

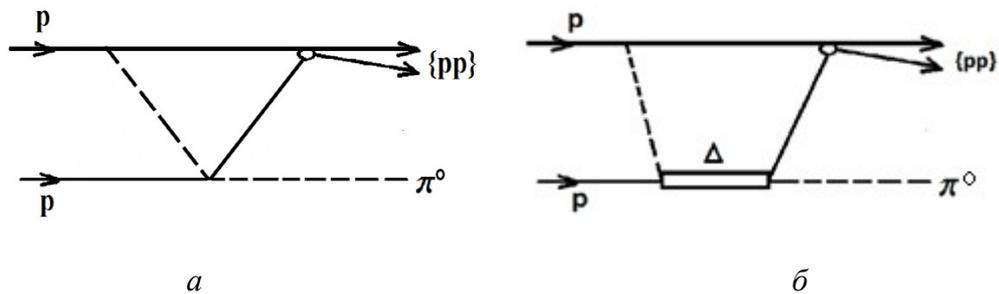


Рисунок 1 – Механизмы реакции $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$: а – механизм однопионного обмена;

б – *box*-модель, явно учитывающая возбуждение $\Delta(1232)$ изобары в промежуточном состоянии

В связи с этим возникает важная задача, связанная с корректным учетом ISI и FSI. Их можно учесть в рамках дифракционной теории Глаубера-Ситенко [7]. Так как в этом случае перерасcеяния как во входном, так и выходном каналах происходят преимущественно под малыми углами и с небольшой передачей импульса, применение теории Глаубера-Ситенко является оправданной. Однако здесь возникает другая проблема, связанная со значениями параметров глауберовской элементарной амплитуды. Глауберовское сечение достаточно сильно зависит от значений этих параметров, поэтому правильное определение их значений является очень важным. Именно этой задаче посвящена данная работа.

Как известно, в теории Глаубера-Ситенко [7] элементарная амплитуда интересующего нас пион-протонного рассеяния параметризуется в следующем виде

$$f_{\pi p}(q) = \frac{\sigma_{tot} k_{\pi p}^{cm}}{4\pi} (i + \alpha) \cdot e^{-\frac{\beta}{2} q^2}, \quad (1)$$

где σ_{tot} – полное сечение, $k_{\pi p}^{cm}$ – относительный импульс в системе центра масс ($\pi+p$), i – мнимая единица, q – переданный импульс. Параметры α и β определяются из наилучшего согласия с экспериментом. При параметризации амплитуды в виде (1) ее связь с дифференциальным сечением следующая:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f_{\pi p}(q)|^2. \quad (2)$$

Обычно на экспериментах измеряют сечение рассеяния заряженных пионов на протонах. Однако, зная сечение рассеяния положительно и отрицательно заряженных пионов σ^+ и σ^- , а также зарядово-обменных процессов σ^{exch} из изотопических соотношений возможно определить сечение рассеяния нейтрального пи мезона σ^0 . Они имеют следующий вид

$$\sigma_{tot}^0 = \frac{1}{2}(\sigma_{tot}^+ + \sigma_{tot}^-); \quad (3)$$

$$\sigma^0 = \frac{1}{2}(\sigma^+ + \sigma^- - \sigma^{exch})$$

На эксперименте измеряют сечение в лабораторной системе в зависимости от кинетической энергии налетающего мезона T_π . Тогда относительный импульс $k_{\pi p}^{cm}$ определяется следующим образом

$$k_{\pi p}^{cm} = \frac{[S_{\pi p} - (m_\pi - m_p)^2] \cdot [S_{\pi p} - (m_\pi + m_p)^2]}{4S_{\pi p}}, \quad (4)$$

где инвариантная масса

$$S_{\pi p} = m_\pi^2 + m_p^2 + 2(T_\pi + m_\pi)m_p. \quad (5)$$

Переданный импульс определяется следующим образом

$$q = \sqrt{2k_\pi^2(1 - \cos\theta)}, \quad (6)$$

где θ угол рассеяния мезона.

Результаты данной работы приведены на рисунках 2, 3 и в таблице 1. На рисунке 2 приведены зависимости полного сечения упругого π^+p -, π^-p - и π^0p -рассеяния. Здесь сечения для заряженных пионов взяты из базы экспериментальных данных CNS DAC Services (SAID program) [8], а сечение π^0p -рассеяния рассчитаны нами. Угловая зависимость и значения найденной нами параметров α и β глауберовской элементарной амплитуды приведены в таблице 1.

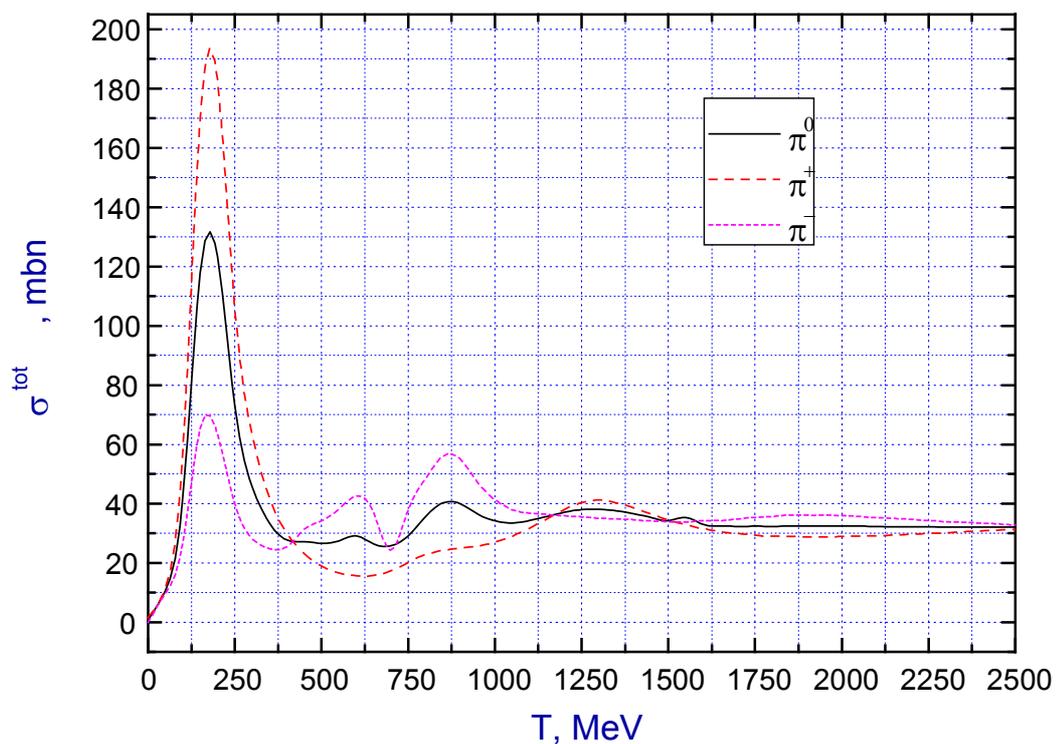


Рисунок 2 – Зависимости полного сечения π^+ р-, π^- р- и π^0 р-рассеяния от кинетической энергии налетающего мезона

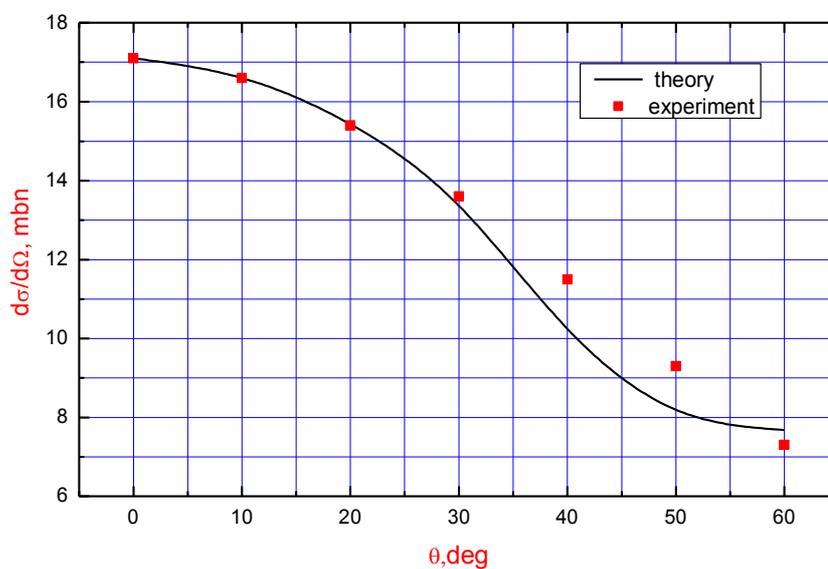


Рисунок 3 – Угловая зависимость сечений упругого π^0 р-рассеяния при кинетической энергии налетающего мезона 200 МэВ

Таблица 1 – Угловое распределение и значение параметров α и β для глауберовской параметризации

упругого π^0 р-рассеяния в зависимости от кинетической энергии налетающего мезона

$T_{\pi}, \text{ GeV}$	$\sigma, \text{ Мбн}$							α	$\beta, \text{ GeV}^{-2}$
	0	10°	20°	30°	40°	50°	60°		
0.05	–	17.45	1.10	0.66	0.31	0.34	0.25	–	
0.10	2.12	1.98	2.12	1.94	1.68	1.43	1.33	11.43	50
0.15	14.70	11.72	17.05	15.48	13.41	12.00	11.20	6.52	48.9
0.20	17.13	16.60	15.43	13.36	10.24	8.19	7.68	4.759	9.50
0.25	12.20	11.87	10.10	8.80	7.46	5.93	5.50	5.205	7.00
0.30	–	8.55	6.84	5.69	4.46	3.77	2.93	–	–
0.35	4.07	3.96	3.80	3.20	2.81	2.45	2.32	4.386	4.18
0.40	4.38	4.29	3.80	2.45	2.05	2.20	1.78	4.670	4.40
0.45	2.59	2.40	2.30	2.15	2.14	2.21	1.62	3.097	3.00
0.50	2.30	2.30	2.13	2.16	2.42	1.77	1.58	2.571	1.60
0.55	2.93	2.76	2.83	2.59	2.44	2.28	1.80	2.500	0.70
0.60	3.54	3.76	3.50	3.04	2.58	2.90	1.51	2.300	1.08
0.65	–	4.30	2.87	2.17	1.77	1.38	1.09	–	–
0.70	–	3.66	3.79	3.30	2.25	1.60	1.16	–	–
0.75	4.61	4.19	3.27	2.13	1.81	1.30	0.71	4.670	3.70
0.80	6.21	7.12	5.14	3.54	1.99	1.37	1.31	3.097	1.80
0.85	8.20	7.52	6.34	4.44	2.95	1.16	0.72	2.571	2.50
0.90	10.66	9.41	5.59	5.02	2.79	1.50	0.69	2.500	4.00
0.95	8.02	7.64	5.90	4.70	2.64	1.59	0.82	2.300	1.70
1.00	7.24	7.27	6.07	4.42	2.80	1.05	0.76	4.670	1.45
1.05	–	7.5	4.44	3.68	2.38	1.36	0.51	–	–
1.10	7.51	7.44	6.32	4.20	2.28	0.81	0.58	1.146	1.00

Они определены для каждой энергии из наилучшего описания углового распределения вплоть до 60°. В качестве примера на рисунке 3 приведено угловое распределение для

энергии 200 МэВ. Найденные здесь параметры в дальнейшем будут использованы при анализе $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ и других реакций с участием пионов и протонов.

Данная работа выполнена при поддержке грантов 1125/ГФ и 1067/ГФ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Dymov S., Komarov V., Imambekov O. et al. // Phys. Rev. C81, 2010, 044001; Komarov V., Azaryan T., Chiladze D. et al. // Phys. Rev. Lett. 101, 2008. 102501.

2 Kurbatov V., Buscher M., Dymov S. et al. // Phys. Lett. B661, 2008. P. 22.

3 Arndt R.A., Strakovsky I.I., Workman R.L. et al. // Phys. Rev. C48, 1993. P.1926.

4 Hanhart C. // Phys. Rep. – 2004. – Vol. 397. – P. 115.

5 Имамбеков О. // Вестник КазНУ. Сер. физ. – 2010. – № 4. – С. 23; Uzikov Yu.N., Uzikov Yu.N.

6 Imambekov O. // Proceedings of the International Baldin Seminar on High Energy Physics Problem, Sept., 2011, Dubna.

7 Glauber R.G. // Lect. Theor. Phys. New York – London: Interscience, 1959. – Vol. 1. – P. 315; Глаубер Р. // УФН. – 1971. – Т. 103, вып. 4. – С. 641; Ситенко А.Г. // ФЭЧАЯ. – 1973. – Т. 4, вып. 2. – С. 546.

8 CNS DAC Services [Электронный ресурс] <http://gwdac.phys.gwu.edu> Режим доступа свободный.

REFERENCES

1 Dymov S., Komarov V., Imambekov O. et al. Phys. Rev. C81, 2010, 044001; Komarov V., Azaryan T., Chiladze D. et al. Phys. Rev. Lett. 101, 2008, 102501.

2 Kurbatov V., Buscher M., Dymov S. et al. Phys. Lett. B661, 2008. P. 22.

3 Arndt R.A., Strakovsky I.I., Workman R.L. et al. Phys. Rev. C48, 1993. P. 1926.

4 Hanhart C. Phys. Rep. 2004. Vol. 397. P. 115.

5 Imambekov O. Vestnik KazNU. Ser. fiz. 2010. №4. S. 23; Uzikov Yu.N., Uzikov Yu.N. (in Russ.).

6 Imambekov O. Proceedings of the International Baldin Seminar on High Energy Physics Problem, Sept., 2011, Dubna.

7 Glauber R.G. Lect. Theor. Phys. New York – London: Interscience. 1959. Vol. 1. P. 315;
Glauber R. UFN. 1971. T. 103. Vyp. 4. S. 641; Sitenko A.G. FJeChAJa. 1973. T. 4, vyp. 2. S. 546.

8 CNS DAC Services. <http://gwdac.phys.gwu.edu> Rezhim dostupa svobodnyj.

Резюме

О. Имамбеков, Ф. Белисарова, Б. Баймұрзинова, П. Пирманова

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

СЕРПІМДІ π^0 p-ШАШЫРАУЫ ҮШІН ГЛАУБЕР АМПЛИТУДАСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Бұл жұмыста ұшып келе жатқан мезон энергиясының 50-ден 1100 Мэв-қа дейінгі аралығында Глаубер амплитудасы параметрлерінің мәндері анықталған. Мұндай сараптау үшін қажетті π^+ p- және π^- p-шашырау-ларының дифференциальдық қималарының мәндері CNS DAC Services (SAID program) электрондық деректер көзінен алынған. Осылай анықталған параметр мәндерімен есептелген қима 60° -қа дейін қанағат-танарлықтай дәрежеде сипатталады.

Тірек сөздер: серпімді шашырау, Глаубер амплитудасы.

Summary

O. Imambekov, F. Belisarova, B. Baimurzinova, P. Pirmanova

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Republic of Kazakhstan)

DETERMINATION OF THE GLAUBER MAGNITUDE PARAMETERS FOR THE π^0 p- ELASTIC SCATTERING

In the paper found the value of the parameters for the Glauber amplitude π^0 p-elastic scattering in the energy range of the incident meson from 50 to 1100 MeV. Necessary for such

an analysis of differential cross section for elastic π^+p - and π^-p -scattering are taken from the electronic database of experimental data CNS DAC Services (SAID program). Calculations cross section of the found values of the parameters shows that it is satisfactorily described by up to 60° .

Keywords: elastic scattering, amplitude Glauber.

Поступила 15.10.2013г.