

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



17/4-77

P1 - 10755

Б- 825

4174 / 2-77

Н.С.Борисов, Л.Н.Глonti, М.Ю.Казаринов,
Ю.М.Казаринов, Ю.Ф.Киселев, В.С.Киселев,
В.Н.Матафонов, Г.Г.Мачарашвили, Б.С.Неганов,
И.Страхота, В.Н.Трофимов, Ю.А.Усов,
Б.А.Хачатуров, М.Р.Хаятов

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ
ПОЛЯРИЗАЦИЙ $S_{\text{пп}}$ В УПРУГОМ РР -РАССЕЯНИИ
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 550 И 630 МЭВ

1977

P1 - 10755

Н.С.Борисов, Л.Н.Глonti,¹ М.Ю.Казаринов,
Ю.М.Казаринов, Ю.Ф.Киселев, В.С.Киселев,
В.Н.Матафонов, Г.Г.Мачарашвили,¹ Б.С.Неганов,
И.Страхота, В.Н.Трофимов, Ю.А.Усов,
Б.А.Хачатуров, М.Р.Хаятов²

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ
ПОЛЯРИЗАЦИЙ S_{pp} В УПРУГОМ РР -РАССЕЯНИИ
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 550 И 630 МЭВ

Направлено в ЖЭТФ

¹Тбилисский государственный университет.

²Бухарский филиал Ташкентского политехнического института.

Борисов Н.С. и др.

PI - 10755

Измерение коэффициента корреляции поляризации C_{pp} в упругом pp-рассеянии при энергиях 550 и 630 МэВ

Измерены коэффициенты корреляции поляризаций C_{pp} в упругом pp-рассеянии при энергиях 550 и 630 МэВ на четырех углах рассеяния. Для определения C_{pp} использовано рассеяние пучка протонов с поляризацией 0,34-0,36 на "замороженной" поляризованной протонной мишени с максимальной поляризацией $0,98 \pm 0,03$.

Результаты измерений показывают, что в исследованном интервале энергий C_{pp} слабо зависит от угла и энергии.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Borisov N.S. et al.

PI - 10755

Measurement of the Spin Correlation Parameter C_{pp} in Elastic pp Scattering at 550 and 630 MeV

The spin correlation parameter C_{pp} has been measured in elastic pp-scattering at 550 ± 15 MeV and 630 ± 10 MeV. A polarized proton beam ($P_b = 0,36 \pm 0,02$) and a "frozen" polarized proton target ($P_{t, \max} = 0,98 \pm 0,03$) have been used.

The results are compared with the data published before and discussed in the frame of the weak spin-orbit interaction model.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Для изучения энергетической и угловой зависимостей коэффициента корреляции поляризаций C_{pp} в интервале 550-630 МэВ выполнены измерения C_{pp} при 550 ± 15 и 630 ± 10 МэВ на углах рассеяния $\theta = 41, 69, 77, 91$ и $40,6; 69,6; 78, 92$ °/с.ц.м./ соответственно. Постановка эксперимента и характеристики аппаратуры подробно описаны ранее [1]. В эксперименте использован поляризованный протонный пучок с поляризацией 0,34-0,36 и протонная поляризованная мишень /ППМ/ "замороженного" типа с максимальной поляризацией $0,98 \pm 0,03$. Для определения C_{pp} измерялись интенсивности пучка рассеянных протонов, возникающего при рассеянии поляризованного пучка протонов на ППМ при различных направлениях поляризации пучка и мишени: $I_{++}, I_{+-}, I_{-+}, I_{--}$, где первый индекс указывает направление поляризации мишени, второй - пучка, относительно нормали к плоскости левого рассеяния.

Измерения проводились пятиминутными экспозициями. При этом знак поляризации мишени менялся через 8-12 ч работы; знак поляризации пучка - через 16-24 ч работы. Фон от сложных ядер, содержащихся в ППМ /пропандиол $C_2H_8O_2$ /, измерялся при рассеянии неполяризованного протонного пучка на безводородном эквиваленте ППМ /активированный древесный уголь/. Угловое разрешение детекторов составляло $\pm 0,75$ °/л.с./. Контроль за стабильностью условий эксперимента и запись результатов осуществлялись с помощью ЭВМ HP2116.

Измерение четырех интенсивностей: $I_{++}, I_{+-}, I_{-+}, I_{--}$ дает возможность, в принципе, определить четыре

независимых величины, например, I_0 - интенсивность рассеяния неполяризованного пучка на неполяризованной мишени, C_{III} , поляризацию мишени и поляризацию пучка. Таким образом, задача определения C_{III} может быть решена методом наименьших квадратов без привлечения данных о поляризации пучка P_B и мишени P_T . В практике, однако, при измерении знака поляризации пучка и мишени не всегда удается сохранить абсолютное значение этих величин без изменения. При этом число неизвестных увеличивается до шести и для определения их необходимо получать дополнительные данные, например, измерять поляризацию P_T и P_B . В нашем случае P_T измерялась методом ЯМР и при энергии 630 МэВ была проверена по упругому рр-рассеянию на угол 20° /л.с./. Измерение поляризации пучка P проводилось специальным поляриметром /1/ по асимметрии в упругом рр-рассеянии на угол 20° /л.с./.

Четыре значения интенсивности I , измеренные в эксперименте при разных направлениях P_B и P_T , дают возможность определить следующие асимметрии:

$$\begin{aligned} \epsilon_{+,+,-} &= (I_{++} + I_{--} - I_{+-} - I_{-+}) (I_{++} + I_{--} + I_{+-} + I_{-+})^{-1} \\ \epsilon_{+,-,-} &= (I_{+-} - I_{--}) (I_{+-} + I_{--})^{-1} \\ \epsilon_{+,-,+} &= (I_{++} - I_{-+}) (I_{++} + I_{-+})^{-1} \\ \epsilon_{+,+,-} &= (I_{++} - I_{+-}) (I_{++} + I_{+-})^{-1} \\ \epsilon_{-,+,-} &= (I_{--} - I_{-+}) (I_{--} + I_{-+})^{-1} \end{aligned} \quad /1/$$

Равенство в пределах ошибок значений C_{III} , найденных по разным типам асимметрий /1/, должно указывать на отсутствие в эксперименте заметных систематических ошибок.

Результаты

Найденные значения асимметрий $\epsilon_{+,-,+}$, $\epsilon_{+,-,-}$ приведены в табл. 1

В табл. 2 приведены значения C_{III} , найденные по измеренным асимметриям $\epsilon_{+,-,+}$, $\epsilon_{+,-,-}$:

$$C_{III} = \frac{\epsilon_{+,-,+} [1 - 0,5(\beta P_B + \tau P_T) P_{pp} \vec{n}]}{P_B P_T [(1 - 0,5\beta)(1 - 0,5\tau) - 0,25\beta\tau\epsilon_{+,-,+}]}, \quad /2/$$

где P_{pp} - поляризация в упругом рр-рассеянии,

$$\tau = 1 - P_T^+ / P_T^-, \quad \beta = 1 - P_B^+ / P_B^-, \quad P_B = P_B^-, \quad P_T = P_T^-$$

$P_T^+(P_T^-)$, $P_B^+(P_B^-)$ - величины поляризаций мишени и пучка соответственно при положительном /отрицательном/ направлении этих поляризаций относительно нормали \vec{n} к плоскости левого рассеяния.

В ошибки, указанные в табл. 2, кроме статистических, включены ошибки измерения поляризации мишени $\Delta P_T / P_T = 0,03/$ и поляризации пучка $\Delta P_B / P_B = 0,06/$. Для сравнения в табл. 2 указаны также значения $C_{III}(\text{fit})$, которые получаются, если описывать совокупность асимметрий /1/ методом наименьших квадратов, считая C_{III} , τ и β свободными параметрами.

Значения C_{III} при энергии 630 МэВ были использованы для уточнения фазового анализа рр-рассеяния при энергии 630 МэВ /2/. При этом оказалось, что набор В отбрасывается по χ^2 -критерию $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 1,24$ при $\bar{\chi}^2 = 246$, уровень достоверности (С.Л.) равен 0,006, если фазовый анализ проводить по данным, использованным для этого ранее в работе /2/.

Если же включить в фазовый анализ данные по дифференциальным сечениям упругого рр-рассеяния на малые углы из работ групп Воробьева и Зулькарнеева /3,4/, то описание экспериментальных данных ухудшается настолько, что оба набора могут быть отброшены по χ^2 -критерию.

На рис. 1 представлена зависимость коэффициента корреляции поляризаций при рассеянии на угол 90° $C_{III}/90^\circ$ от энергии. Из этого рисунка видно, что

Таблица 1

550 МэВ

№ сеанса	Тип асимметрии	Величина асимметрии				Условия эксперимента			
		$\theta = 41$	69	77	91	P_T^-	P_V^-	τ	β
1.	$\epsilon_{+-,+}$	0,174 $\pm 0,012$	0,171 $\pm 0,004$	0,186 $\pm 0,005$	0,164 $\pm 0,004$	0,89 $\pm 0,03$	0,36 $\pm 0,02$	0	0

630 МэВ

$\theta = 40,6$									
69,6 78 92									
1.	$\epsilon_{+-,+}$	0,143 $\pm 0,007$	0,174 $\pm 0,006$	0,179 $\pm 0,005$	0,89 $\pm 0,03$	0,322 $\pm 0,016$	0,03 $\pm 0,02$	0,17 $\pm 0,05$	
2.	$\epsilon_{+-,+}$	0,129 $\pm 0,010$	0,165 $\pm 0,005$	0,171 $\pm 0,005$	0,192 $\pm 0,005$	0,93 $\pm 0,03$	0,34 $\pm 0,02$	-0,03 $\pm 0,02$	0,12 $\pm 0,05$

550 МэВ

Таблица 2

№ сеанса	θ (с.ц.м.)	550 МэВ			
		41	69	77	91
1.	$C_{пп}$	0,54 $\pm 0,05$	0,58 $\pm 0,04$	0,53 $\pm 0,04$	0,51 $\pm 0,04$
	$C_{пп}$	0,57	0,59	0,55	0,53

630 МэВ					
θ (с.ц.м.)					
40,6 69,6 78 92					
1.	$C_{пп}$	0,44 $\pm 0,05$	0,55 $\pm 0,06$	0,66 $\pm 0,06$	0,69 $\pm 0,05$
2.	$C_{пп}$	0,44 $\pm 0,05$	0,54 $\pm 0,05$	0,56 $\pm 0,05$	0,64 $\pm 0,05$
	среднее	0,44 $\pm 0,05$	0,54 $\pm 0,04$	0,60 $\pm 0,04$	0,66 $\pm 0,04$
	$C_{пп} (fit)$	0,46	0,56	0,63	0,68

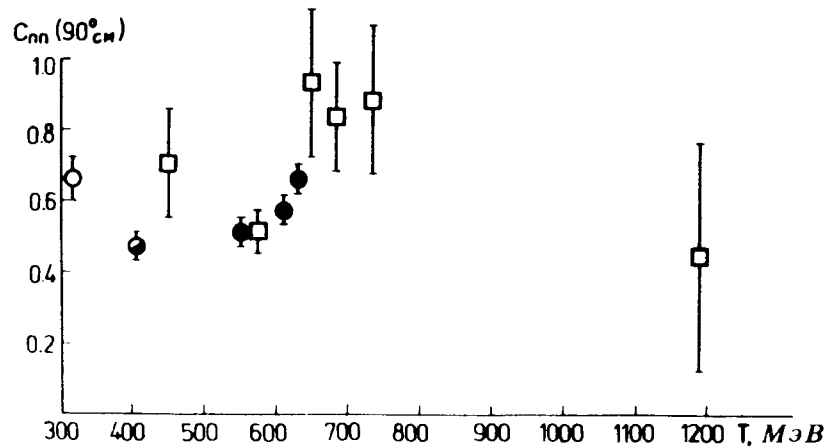


Рис. 1. Зависимость коэффициента корреляции поляризации C_{pp} в упругом pp -рассеянии на угол 90° /с.ц.м./ от энергии. ϕ - усредненные данные: 307 , 330 ^{15/}, 315 ^{16/}, 320 ^{17/} МэВ; \diamond - усредненные данные: 382 ^{18/}, 386 и 415 ^{15/}, 399 ^{19/} МэВ; \square - 449 МэВ^{9/}, 575 МэВ^{10/}, 650 МэВ^{11/}, 683 МэВ^{12/}, 745 и 1190 МэВ^{13/}; \bullet - 610 МэВ¹, 550 и 630 - данная работа.

при изменении энергии от 550 до 630 МэВ наблюдается некоторый рост C_{pp} , примерно на $3,5$ ошибки. К сожалению, данные в области больших энергий имеют недостаточную точность для того, чтобы сделать определенные заключения об энергетической зависимости коэффициента корреляции поляризаций в интервале от 630 до 1000 МэВ.

В работе ^{16/} ранее было показано, что в случае, когда все спиновые эффекты в pp -рассеянии есть результат слабого спин-орбитального взаимодействия, справедливо соотношение:

$$\frac{C_{pp}(s, t)}{P_{pp}^2(s, t)} = f(t), \quad /3/$$

где s и t - переменные Мандельштама. Хотя вряд ли можно надеяться на то, что предположения, которые были использованы в ^{16/} для получения соотношения /3/, окажутся справедливыми при энергиях 550 - 630 МэВ;

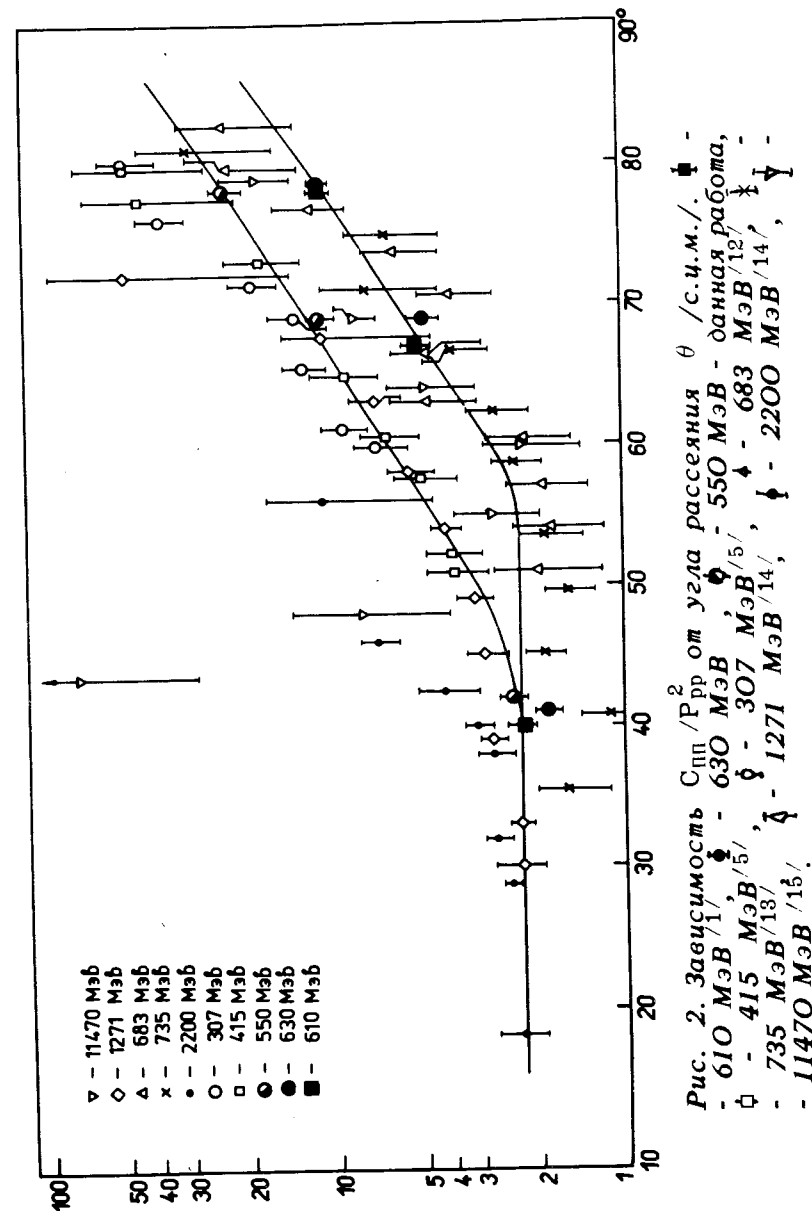


Рис. 2. Зависимость C_{pp}/P_{pp}^2 от угла рассеяния θ /с.ц.м./ - \bullet - 610 МэВ^{1/}, \diamond - 630 МэВ, ϕ - 550 МэВ - данная работа, \square - 415 МэВ^{15/}, \triangle - 307 МэВ^{15/}, \times - 683 МэВ^{12/}, \star - 735 МэВ^{18/}, ∇ - 1271 МэВ^{14/}, \downarrow - 2200 МэВ^{14/}, Υ - 11470 МэВ^{15/}.

полученные значения C_{pp} при энергиях 550, 610^{1/} и 630 МэВ были использованы для проверки этого соотношения. Проверка показала, что значения функции $f(t)$ при $\theta = 41^\circ / t = 0,25/$ вполне удовлетворительно подтверждают скейлинговое поведение соотношения $C_{\text{nn}}(s,t)/P_{\text{pp}}^2(s,t)$, уже начиная с наших энергий 550-630 МэВ. С ростом угла рассеяния значения отношения $C_{\text{nn}}(s,t)/P_{\text{pp}}^2(s,t)$ начинают заметно отклоняться от величин, полученных в^{16/} при более высоких энергиях. Это, впрочем, можно объяснить тем, что при $t = -MT$, где M - масса протона, а T - его кинетическая энергия, поляризация в pp -рассеянии обращается в нуль $/\theta = 90^\circ /$, в то время как коэффициент корреляции поляризаций остается конечным. Для того чтобы исключить влияние этой особенности в $f(t)$, мы рассмотрели зависимость отношения $C_{\text{pp}}/P_{\text{pp}}^2$ от угла рассеяния θ для всех известных в настоящее время данных по P_{pp} и C_{pp} , начиная с энергии 300 МэВ. Полученная при этом зависимость представлена на рис. 2, из которого видно, что большинство значений отношения $C_{\text{pp}}/P_{\text{pp}}^2$, определенных по опубликованным данным, в пределах ошибок вполне удовлетворительно группируются вокруг некоторой общей кривой за исключением, может быть, данных, относящихся к интервалу 600-735 МэВ.

Возможно, что последнее обстоятельство связано с упоминавшейся энергетической зависимостью $C_{\text{pp}}/90^\circ/$ в интервале 600-735 МэВ. Подобное поведение отношения $C_{\text{pp}}/P_{\text{pp}}^2$ вряд ли может быть объяснено, как нам кажется, наличием слабого спин-орбитального взаимодействия при столь низких энергиях.

Авторы благодарны профессору Л.И.Лапидусу и Б.З.Копелиовичу за интересные дискуссии.

Литература

1. Борисов Н.С. и др. ЖЭТФ, 1977, 72, 405.
2. Глонти Л.Н. и др. ОИЯИ, P1-6339, Дубна, 1972.
3. Vorobyov A.A. e.a. Phys.Lett., 1972, 41B, 639.
4. Амирханов И.В. и др. ЯФ, 1973, 17, 1222.
5. Veretvas A. Phys.Rev., 1968, 171, 1392.
6. Василевский И.М. и др. ЖЭТФ, 1963, 45, 474.

7. Allaby J.V. e.a. Proc.Phys.Soc., 1961, 77, 234.
8. Ashmore A. e.a. Proc.Phys.Soc., 1958, 72, 289.
9. Engels E. e.a. Phys.Rev., 1963, 129, 1858.
10. Coignet G. e.a. Nuovo Cimento, 1966, A43, 708.
11. Головин Б.М., Джелепов В.П., Зулькарнеев Р.Я. ЖЭТФ, 1961, 41, 83.
12. Dost H.E. e.a. Phys.Rev., 1967, 153, 1394.
13. Cozzika G. e.a. Phys.Rev., 1967, 164, 1672.
14. Miller D. e.a. Phys.Rev.Lett., 1976, 36, 763.
15. Abe K. e.a. Phys.Lett., 1976, 63B, 239.
16. Durand L., Halzen F. Phys.Rev., 1977, D15, 352.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 июня 1977 года.