

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э

П Э Ф 78-6

В.Д. Апокин, А.Н. Васильев, А.А. Деревщikov,  
Ю.А. Матуленко, А.П. Мещанин, А.И. Мысник,  
С.Б. Нурушев, А.И. Сарайкин, В.В. Сиксин,  
Е.В. Смирнов, Л.Ф. Соловьев, В.Л. Соловьянов

УПРУГОЕ  $\pi^+$  p-,  $K^+$  p- и pp-РАССЕЯНИЕ  
В ОБЛАСТИ КУЛОН-ЯДЕРНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ  
ПРИ ИМПУЛЬСАХ 42,5 и 52,2 ГэВ/c

Серлухов 1978

В.Д. Апокин, А.Н. Васильев, А.А. Деревшиков,  
Ю.А. Матуленко, А.П. Мещанин, А.И. Мысник,  
С.Е. Нурушев, А.И. Сарайкин, В.В. Сиксин,  
Е.В. Смирнов, Л.Ф. Соловьев, В.Л. Соловьянов

УПРУГОЕ  $\pi^+$  p-, K<sup>+</sup> p- и pp-РАССЕЯНИЕ  
В ОБЛАСТИ КУЛОН-ЯДЕРНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ  
ПРИ ИМПУЛЬСАХ 42,5 и 52,2 ГэВ/с

Направлено в ЯФ

Авторы

Апокин В.Д., Васильев А.Н., Деревшчиков А.А., Матуленко Ю.А., Мешчанин А.П., Мыслик А.И., Нурушев С.Б., Сарайкин А.И., Сиксин В.В., Смирнов Е.В., Соловьев Л.Ф., Соловьянов В.Л.

Упругое  $\pi^+p$ ,  $K^+p$ -и  $pp$ -рассеяние в области кулон-ядерной интерференции при импульсах 42,5 и 52,2 ГэВ/с. Серпухов, 1976.

20 стр. с рис. (ИФВЭ ПЭФ 76-6).

Библиогр. 33.

Измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния положительных пионов, каонов и протонов на протонах, а также полные сечения при начальных импульсах 42,5 и 52,2 ГэВ/с. Значения квадрата четырехмерных передач импульсов находились в пределах  $(10^{-3} \div 5 \cdot 10^{-2}) (\text{ГэВ}/c)^2$ . Из экспериментальных данных определены значения  $\rho(0)$ -отношения реальной части амплитуды упругого рассеяния вперед к мнимой. Проводится сопоставление полученных результатов с дисперсионными соотношениями.

Abstract

Arokin V.D., Vasiliev A.N., Derevshchikov A.A., Matulenko Yu.A., Meshchanin A.P., Mysnik A.I., Nurushev S.B., Saraykin A.I., Siksin V.V., Smirnov E.V., Soloviev L.F., Solovianov V.L.

Elastic  $\pi^+p$ ,  $K^+p$ -and  $pp$ -Scattering in the Region of Coulomb-Nuclear Interference at Momenta 42.5 and 52.2 GeV/c. Serpukhov, 1976.

p. 20 (ИФЭР 76-6).

Refs. 33.

Differential cross sections of elastic scattering of positive pions, kaons and protons on protons and also total cross sections at initial momenta 42.5 and 52.2 GeV/c are measured. Values of four momentum transfer squared were in the limits of  $(10^{-3} \div 5 \cdot 10^{-2}) (\text{GeV}/c)^2$ . Values of  $\rho(0)$ -ratio of the real part of the forward scattering elastic amplitude relations imaginary one are defined from the experimental data. The comparison of the obtained results with the dispersion relations is given.

*to t...*

## І. В В Е Д Е Н И Е

Настоящая работа посвящена измерению полных и дифференциальных сечений упругого рассеяния  $\pi^+$ -мезонов,  $K^+$ -мезонов и протонов на протонах при начальных импульсах 42,46 и 52,21 ГэВ/с. Эксперимент ставился с целью определения  $\rho(0)$  — отношения реальной части амплитуды упругого рассеяния вперед к мнимой путём наблюдения интерференции между кулоновским и ядерным взаимодействиями. Измерения проводились при малых углах рассеяния, соответствующих квадратам переданных 4-х импульсов  $0,0015 \leq |t| \leq 0,05$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>. Для упругого рассеяния протонов на протонах  $\rho(0)$  измерено до энергий 500 ГэВ<sup>/1-3/</sup>, и наши данные подтверждают измерения<sup>/1/</sup>, выполненные методом регистрации частицы отдачи.

Данных по  $\rho(0)$  в диапазоне энергий 20+60 ГэВ для положительных пионов и каонов не было, и представляемые здесь результаты являются первыми данными по реальным частям амплитуд этих взаимодействий в указанном диапазоне энергий.

## ІІ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Эксперимент проводился на высокоэнергетическом канале ускорителя ИФВЭ. Несепарированный пучок вторичных частиц положительного заряда выводился из внутренней мишени с углами рождения, близкими к нулю.

Измерения были выполнены на годоскопическом магнитном спектрометре<sup>/4/</sup>. На этой установке были выполнены измерения  $\rho(0)$  для упругого рассеяния отрицательных пионов на протонах<sup>/5/</sup>. Установка для измерений на пучке положительных частиц отличалась лишь наличием 3-х пороговых черенковских счётчиков для регистрации сорта налетающей частицы. Пучок состоял из 91,1% протонов; 7,6% пионов и 1,3% каонов при импульсе 42,5 ГэВ/с и 98,4% протонов; 3,1% пионов и 0,5% каонов при импульсе 52,2 ГэВ/с. Для улучшения импульсного разрешения установки применялся специальный годоскоп для импульсного анализа<sup>/6/</sup>. Импульсное разрешение установки равно  $\pm 0,4\%$ . Для увеличения скорости набора событий упругого рассеяния использовалось быстрое цифровое решающее устройство<sup>/7/</sup>.

### III. ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Настройка годоскопической установки проводилась в три этапа:

1. Пучок положительных частиц выводился по оси экспериментальной установки. Определялись эффективность спектрометрической части установки, состав пучка, доля  $\mu$ -мезонов в пучке, геометрические константы годоскопов и в дальнейшем эти параметры непрерывно контролировались.

2. С помощью линз головного объектива канала осуществлялось совмещение фокальной плоскости промежуточного фокуса пучка с плоскостью годоскопа для импульсного анализа. После достижения наилучшего импульсного разрешения измерялся импульсный спектр пучка и вычислялось абсолютное значение среднего импульса  $P_0$  и его разброс. Производился набор определенного количества событий прямого пучка для нахождения всех его параметров.

3. Производилась настройка цифрового решающего устройства. Выбирался порог обрезания по углу рассеяния  $\theta_{\text{мин}}$ , проверялась 100%-ная эффективность подавления прямого пучка и 100%-ная эффективность регистрации событий с углами рассеяния  $\theta \geq \theta_{\text{мин}}$ .

Далее производился набор статистики с мишенью, наполненной водородом, и с эквивалентным фоновым макетом.

Анализ и обработка данных производилась на вычислительной машине ИСЛ-1906А. При вычислении дифференциальных сечений первый этап обработки состоял в геометрической реконструкции треков и проверке пересечения треков падающей и рассеянной частицы в объеме мишени. События рассеяния, удовлетворяющие критерию пересечения, использовались для построения гистограмм импульсного распределения с целью выделения области упругого пика и вычитания фона неупругих событий под упругим пиком. Вклад неупругих событий под упругим пиком не превышал 0,7%. По отобраным событиям упругого рассеяния строились угловые распределения для полной  $N^H(t)$  и пустой  $N^E(t)$  мишеней и по ним вычислялось дифференциальное сечение в  $\text{см}^2/(\text{ГэВ}/c)^2$

$$\frac{d\sigma}{dt}(t) = \frac{\pi}{P_0^2 \Delta\Omega(t) n \epsilon} [K \cdot K_1^H \cdot N^H(t) - K_2^E N^E(t)]. \quad (1)$$

Здесь  $K$  - коэффициент, учитывающий ослабление эффекта в водороде;  $K_1^H$  и  $K_2^E$  - нормировочные коэффициенты для измерений с полной и пустой мишенями;  $\epsilon$  - эффективность спектрометрической части установки, определяемая из измерений с пустой мишенью;  $n = 3,906 \cdot 10^{24}$  пр/см<sup>2</sup> - число протонов мишени на см<sup>2</sup>;  $P_0$  - начальный импульс;  $\Delta\Omega(t)$  - телесный угол для данного интервала  $t$ . Для расчёта телесных углов (методом Монте-Карло) использовались исходные данные по геометрии установки и параметры пучка, определенные в эксперименте для каждого сорта падающих частиц и каждой начальной энергии. Учитывалось многократное кулоновское рассеяние на веществе, расположенном на пути частиц. Окончательно величины дифференциальных сечений определялись после введения поправок на многократное, кратное и однократное рассеяние согласно теории Мольера. Максимальная величина поправки не превышала 3% от величины сечения.

Таблица 1

Экспериментальные значения дифференциальных сечений  $d\sigma/dt$  упругого рассеяния  $\pi^+$ -,  $K^+$ -мезонов и протонов на протонах в области кулон-ядерной интерференции

$\pi^+p \rightarrow \pi^+p$			
$P_0 c = 42,46 \text{ ГэВ}$		$P_0 c = 52,21 \text{ ГэВ}$	
$ t $ (ГэВ/с) <sup>2</sup>	$d\sigma/dt$ мб/(ГэВ/с) <sup>2</sup>	$ t $ (ГэВ/с) <sup>2</sup>	$d\sigma/dt$ мб/(ГэВ/с) <sup>2</sup>
1	2	3	4
0,00196	85,7 ± 7,1	0,00187	100,0 ± 5,8
0,00280	67,6 ± 5,4	0,00296	59,3 ± 4,1
0,00375	50,0 ± 4,3	0,00421	40,6 ± 3,3
0,00483	45,7 ± 3,7	0,00553	37,6 ± 2,9
0,00601	32,5 ± 3,0	0,00705	33,5 ± 2,5
0,00727	32,9 ± 3,1	0,00866	32,3 ± 2,4
0,00854	29,0 ± 2,6	0,01202	28,1 ± 2,1
0,00985	29,5 ± 2,7	0,01442	24,8 ± 2,1
0,01314	27,9 ± 2,7	0,01704	24,7 ± 2,0
0,01516	25,5 ± 2,6	0,01988	21,1 ± 2,0
0,01732	24,8 ± 2,4	0,02293	19,8 ± 1,9
0,01963	23,8 ± 2,4	0,02620	19,2 ± 1,8
0,02208	22,0 ± 2,2	0,02969	21,4 ± 1,9
0,02468	23,7 ± 2,4	0,03340	21,1 ± 1,8
0,02742	22,9 ± 2,4	0,03732	19,9 ± 1,8
0,03030	20,6 ± 2,4	0,04147	19,9 ± 1,8
0,03333	18,9 ± 2,4	0,04583	18,5 ± 1,9
0,03650	18,7 ± 2,3	0,05041	18,9 ± 1,9
0,03982	19,8 ± 2,5		
0,04328	19,4 ± 2,7		

Таблица 1 (продолжение)

K <sup>+</sup> p - K <sup>+</sup> p			
1	2	3	4
0,00195	93,0 ± 11,3	0,00188	87,0 ± 12,2
0,00279	54,9 ± 8,7	0,00298	50,4 ± 10,8
0,00375	31,9 ± 6,2	0,00424	33,3 ± 7,7
0,00483	24,2 ± 5,4	0,00557	20,1 ± 5,3
0,00599	31,3 ± 5,7	0,00710	23,6 ± 5,3
0,00727	25,4 ± 4,9	0,00875	14,5 ± 6,2
0,00854	17,2 ± 3,1	0,01202	16,0 ± 4,5
0,00986	18,0 ± 5,2	0,01442	16,3 ± 3,4
0,01314	14,1 ± 3,5	0,01704	12,6 ± 3,2
0,01516	11,7 ± 2,8	0,01988	15,8 ± 3,2
0,01732	11,7 ± 3,6	0,02293	14,6 ± 4,0
0,01963	13,9 ± 3,1	0,02620	15,6 ± 2,7
0,02208	15,3 ± 3,2	0,02969	15,8 ± 3,2
0,02468	11,8 ± 2,8	0,03340	12,0 ± 2,5
0,02742	21,3 ± 4,8	0,03732	12,6 ± 2,4
0,03030	12,6 ± 3,6	0,04147	12,2 ± 2,6
0,03333	12,7 ± 3,4	0,04583	6,9 ± 2,5
0,03650	9,0 ± 3,0	0,05041	7,8 ± 2,2
0,03982	13,1 ± 3,7		
0,04328	12,4 ± 4,1		

Таблица 1 (продолжение)

PP → PP			
1	2	3	4
0,00193	169,5 ± 5,8	0,00187	162,7 ± 4,6
0,00278	132,6 ± 5,1	0,00302	118,5 ± 3,6
0,00379	97,9 ± 4,5	0,00428	101,5 ± 3,3
0,00487	92,3 ± 4,4	0,00563	92,4 ± 3,1
0,00602	86,2 ± 4,1	0,00714	84,5 ± 2,9
0,00730	81,6 ± 4,0	0,00881	78,7 ± 2,8
0,00857	76,3 ± 3,9	0,01202	68,0 ± 2,7
0,00989	73,1 ± 3,8	0,01442	65,7 ± 2,7
0,01314	73,2 ± 3,9	0,01704	66,7 ± 2,7
0,01516	67,4 ± 3,8	0,01888	61,3 ± 2,6
0,01732	65,2 ± 3,7	0,02293	59,1 ± 2,5
0,01963	64,4 ± 3,6	0,02620	56,6 ± 2,5
0,02208	60,4 ± 3,4	0,02969	53,0 ± 2,4
0,02468	60,1 ± 3,4	0,03340	53,7 ± 2,5
0,02742	59,6 ± 3,4	0,03732	49,6 ± 2,4
0,03030	55,3 ± 3,3	0,04147	47,9 ± 2,3
0,03333	52,7 ± 3,2	0,04583	43,9 ± 2,2
0,03650	48,3 ± 3,1	0,05041	43,6 ± 2,3
0,03982	48,0 ± 3,1		
0,04328	39,5 ± 2,8		

В табл. 1 приведены полученные значения дифференциальных сечений с указанием ошибок, составленных из статистических ошибок измерений и ошибок вычисления телесных углов.

Систематические ошибки измерений могут быть обусловлены следующими причинами:

- изменением эффективности установки по разным сериям измерений.

Это дает наибольшую ошибку в дифференциальное сечение - 0,6 %;

- неопределенностью в значении среднего импульса  $\Delta p_0 / p_0 = 0,2\%$ .

Эта ошибка включает нестабильность тока шунта, неоднородность магнитного поля и неточность геодезического определения угла поворота в магнитах;

- неточностью в определении количества водорода в мишени

$$\frac{\Delta n}{n} = 0,18\%;$$

- неопределенностью в вычитании фона под упругим пиком - 0,2 %;

- неточностью поправки на  $\mu$ -мезоны - 0,25 %;

- вкладом случайных событий - 0,2 %;

- ошибками в измерении полного сечения: 0,3 % - для протонов;

0,5 % - для  $\pi^+$ -мезонов; 0,7 % - для  $K^+$ -мезонов.

Все вышеперечисленные систематические ошибки дают следующие ошибки в величину  $\rho(0)$ : 0,011 - для протонов; 0,012 - для  $\pi^+$ -мезонов; 0,014 - для  $K^+$ -мезонов.

Дифференциальные сечения, полученные в настоящей работе, показаны на рис. 1.

Одновременно с измерением дифференциальных сечений в эксперименте определялись полные сечения взаимодействия по ослаблению пучка. При вычислении полных сечений вводилась поправка на вклад в измеряемую величину упругого и неупругого взаимодействий (измеряются в этом же эксперименте), поправки на кулоновское взаимодействие, на интерференцию кулоновского и ядерного рассеяний и на содержание  $\mu$ -мезонов в пучке. Значения полных сечений, полученные в настоящей работе, находятся в хорошем согласии с данными /9/ и приведены в табл. 2.

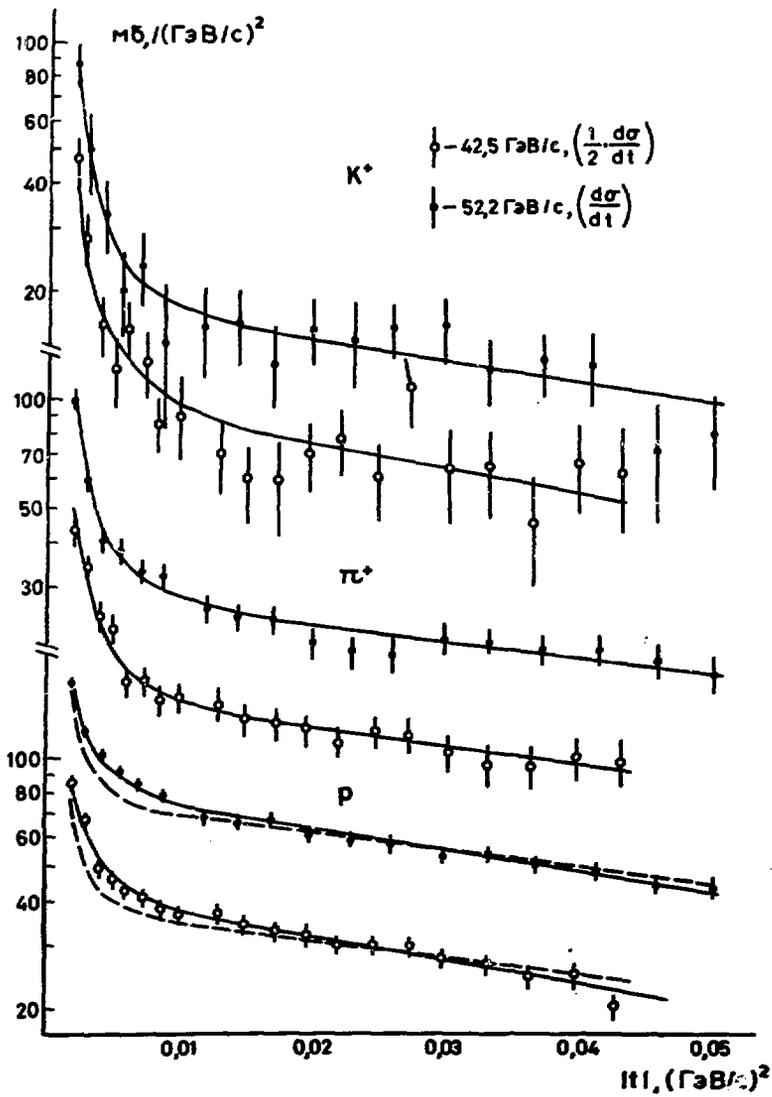


Рис. 1. Дифференциальные сечения  $d\sigma/dt$  упругого  $\text{K}^+$ ,  $\pi^+$ ,  $p$ - и  $\text{pp}$ -рассеяния для  $P = 42,5$  и  $52,2 \text{ ГэВ}/c$ . Сплошная линия соответствует двухпараметрической аппроксимации. Пунктирная линия - аппроксимация с  $\rho(0) = 0$ .

Таблица 2

Результаты двухпараметрической аппроксимации выражения (2) экспериментальных данных по кулон-ядерной интерференции с целью определения параметров  $\rho(0)$  и  $b$ . Приведены также значения найденных в настоящей работе полных сечений  $\sigma_{tot}$  с указанием суммарной ошибки.

$P_0$ , ГэВ/с	Сорт	Интервал по $ t $ , (ГэВ/с) <sup>2</sup>	$-\rho(0)$	$b$ , (ГэВ/с) <sup>-2</sup>	$\sigma_{tot}$ , мб	$\chi^2$ /число степеней свободы
42,46	P	0,00193 + 0,04328	0,194 ± 0,019	13,5 ± 0,74	38,42 ± 0,09	12/18
	$\pi^+$	0,00196 + 0,04328	0,103 ± 0,036	9,7 ± 1,38	23,10 ± 0,13	11/18
	$K^+$	0,00195 + 0,04328	0,049 ± 0,074	12,6 ± 3,3	17,91 ± 0,19	13/18
52,21	P	0,00187 + 0,05041	0,176 ± 0,015	12,7 ± 0,5	37,87 ± 0,12	16/16
	$\pi^+$	0,00187 + 0,05041	0,070 ± 0,032	9,96 ± 0,98	23,10 ± 0,17	11/16
	$K^+$	0,00188 + 0,05041	0,028 ± 0,097	11,8 ± 2,4	18,28 ± 0,24	9/16

## IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для определения величины  $\rho(0)$  дифференциальные сечения аппроксимировались зависимостью вида<sup>/10/</sup>

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{F_c^2}{t^2} + \frac{2F_c}{|t|} \operatorname{Im} A(t) [\rho(0) \cos 2\delta - \sin 2\delta] + [1 + \rho^2(0)] [\operatorname{Im} A(t)]^2, \quad (2)$$

где

$$2\delta = -\left(\frac{e^2}{\hbar c}\right) [2\ln(kb'\theta) + \gamma];$$

$$b' = (b/2 + r_\pi^2 + r_p^2)^{1/2}; \quad \gamma = 0,577;$$

$$\operatorname{Im} A(t) = \operatorname{Im} A(0) \exp\left(-\frac{1}{2} b|t|\right) = \left(\frac{\sigma_{tot}}{4\hbar c\sqrt{\pi}}\right) e^{-b/2|t|}.$$

Здесь  $\rho(0) = \frac{\operatorname{Re} A(0)}{\operatorname{Im} A(0)}$  - отношение реальной части амплитуды к мнимой;  $\delta$  - фаза Бете<sup>/10/</sup>;  $F_c = [(2\sqrt{\pi})e^2/\beta c]F$ , где  $F$  - дипольный формфактор кулоновской амплитуды;  $b$  - параметр наклона дифференциального сечения;  $\operatorname{Im} A(0)$  находилась по оптической теореме из измеренных в нашей работе полных сечений;  $r_{\pi, K, p}$  - радиусы  $\pi$ -, K-мезонов или протона. Результаты двухпараметрической аппроксимации показаны на рис. 1 сплошной линией, и полученные значения  $\rho(0)$  и  $b$  даны в табл. 2.

### 1. Дисперсионные соотношения для $\rho(0)$

В настоящее время существует ряд теоретических работ по вычислению  $\rho(0)$  для широкого интервала энергий с использованием различных параметризаций и аппроксимаций данных по полным сечениям<sup>/11-14/</sup>. Мы будем пользоваться вычислениями работ<sup>/13, 14/</sup>, использующих наиболее современные аппроксимации данных по полным сечениям и все существующие экспериментальные данные. В интересующей нас области энергий оба предсказания практически совпадают и поэтому на рис. 2, 3, 4 при-

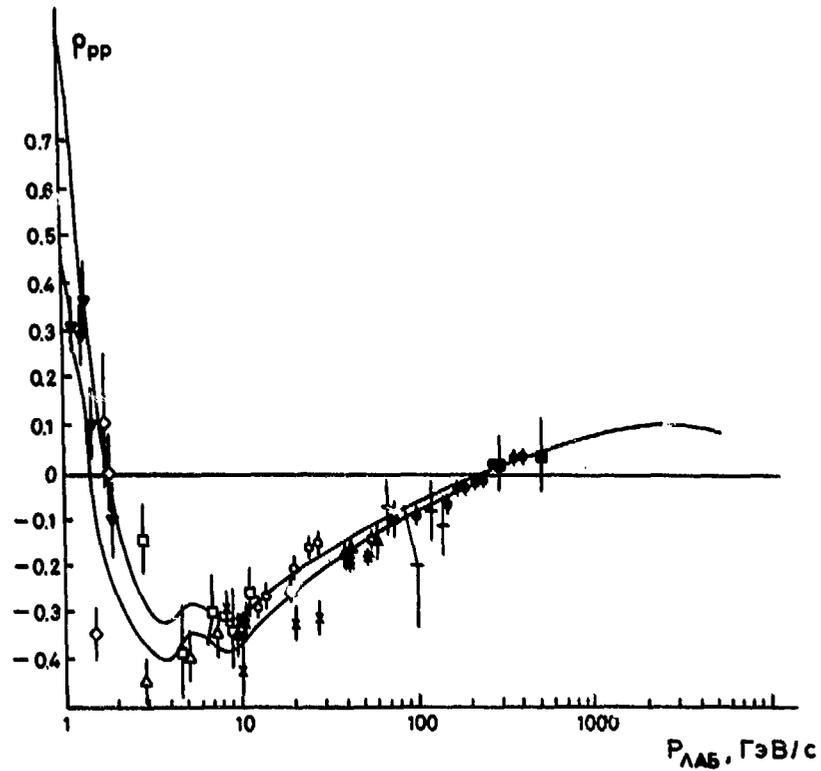


Рис. 2. Экспериментальные значения отношения реальной части к мнимой части амплитуды вперед  $\rho(0)$  для упругого  $pp$ -рассеяния в зависимости от начального импульса:  $\square$  - данные настоящей работы;  $\downarrow$  - данные /18/;  $\diamond$  - данные /19/;  $\triangle$  - данные /20/;  $\circ$  - данные /21/;  $\oplus$  - данные /22/;  $\dagger$  - данные /17/;  $\ddagger$  - данные /23/;  $\blacklozenge$  - данные /2/;  $\clubsuit$  - данные /3/;  $\times$  - данные /32/.

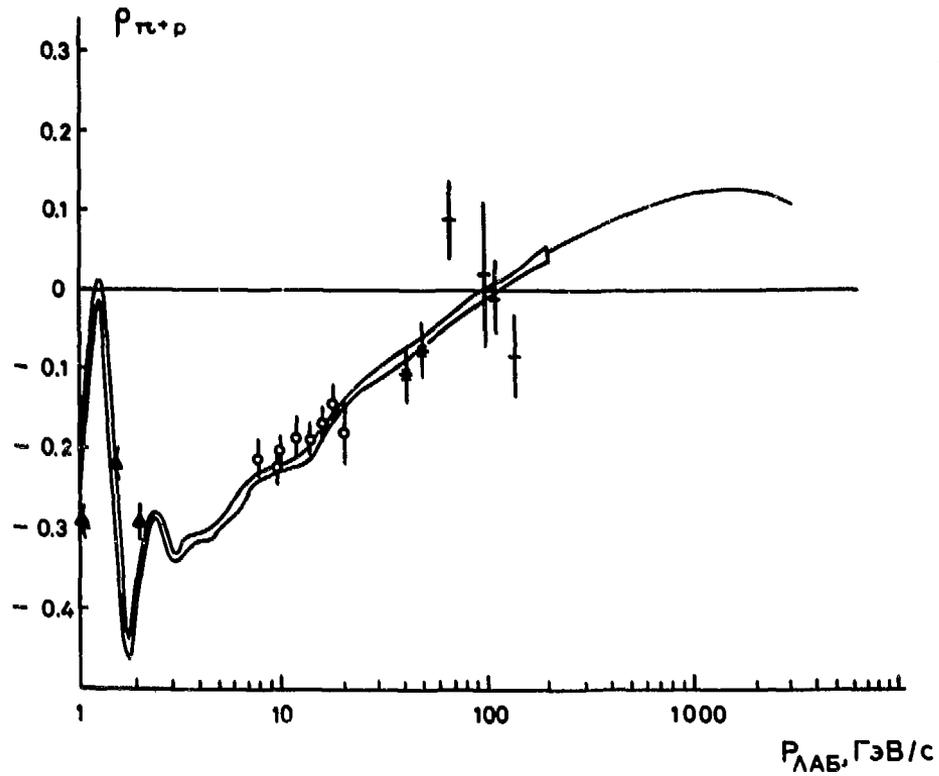


Рис. 3. Экспериментальные значения  $\rho(0)$  для упругого  $\pi$ - $p$ -рассеяния в зависимости от начального импульса:  
 $\blacktriangle$  - данные настоящей работы;  $\blacktriangle$  - данные [24];  $\circ$  - данные [18];  $\times$  - данные [32].

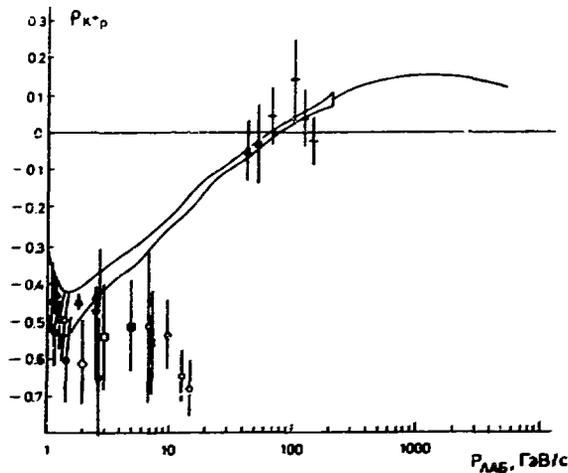


Рис. 4. Экспериментальные значения  $\rho(0)$  для упругого  $K^+p$ -рассеяния в зависимости от начального импульса: \* - данные настоящей работы;  $\diamond$  - данные /25/;  $\triangle$  - данные /28/;  $\square$  - данные /21/;  $\circ$  - данные /28/;  $\oplus$  - данные /28/;  $\diamond$  - данные /30/;  $\times$  - данные /31/;  $\dagger$  - данные /32/.

ведены результаты вычислений  $\rho(0)$  по работе /14/ для протонов, пионов и каонов соответственно. Как видно из рисунков, экспериментальные значения  $\rho(0)$  хорошо согласуются с вычислениями по дисперсионным соотношениям.

## 2. Дисперсионные соотношения для симметричной и антисимметричной амплитуд упругого рассеяния пионов на протонах

Используя наши данные /5/ по измерению  $\rho(0)$  для  $\pi^-p$ -упругого рассеяния, можно получить  $C_+$  и  $C_-$  - реальные части амплитуды упругого рассеяния  $\pi^+p$  и  $\pi^-p$  соответственно и их симметричную и антисимметричную комбинацию

$$C^+ = \frac{1}{2} (C_- + C_+), \quad (3)$$

$$C^- = \frac{1}{2} (C_- - C_+). \quad (4)$$

На рис. 5 приведены данные для  $C^+$  и  $C^-$ . Мы представили эти амплитуды в системе центра масс, в натуральных единицах ( $\hbar = \epsilon = m_p = 1$ ) и с нормировкой квадрата амплитуды рассеяния, равной  $d\sigma/d\Omega$  в лабораторной системе. Это сделано для удобства сравнения с данными <sup>/15/</sup>.

На рис. 5а сплошными линиями показаны результаты вычислений по дисперсионным соотношениям для чисто ядерной реальной части  $C^-$  при наличии радиационных поправок с разными энергетическими зависимостями фазы  $\delta$  <sup>/11/</sup>:  $\delta \sim \ln S$  кривая I и  $\delta \sim \ln n \ln S$  кривая II, штрих-пунктирные кривые I' и II' дают соответствующее значение  $C^-$ , которое получится из опыта, если будет использована формула Бете <sup>/8/</sup> для учёта кулоновской интерференции.

На рис. 5б сплошной линией показаны результаты расчёта по дисперсионным соотношениям с поведением  $\sigma_{\text{tot}} \sim \ln^2 S$  при высоких энергиях, а пунктирной кривой — расчёты с поведением  $\sigma_{\text{tot}} \sim \ln S$  <sup>/13/</sup>.

Пунктирной линией показаны вычисления для  $C^-$  с учётом предварительных данных по реакции перезарядки  $\pi^+p \rightarrow \pi^0p$ , полученные во ФНАЛе <sup>/16/</sup>.

Мы вычислили величину дифференциального сечения вперед для перезарядки пионов, используя наши данные по  $C^-$  и аппроксимацию (6) для разности полных сечений. Результаты наших вычислений показаны на рис. 6 вместе с данными <sup>/16,17,33/</sup> по прямому измерению этого сечения. Сплошной линией показаны результаты расчетов по дисперсионным соотношениям <sup>/13/</sup>. Видно хорошее согласие наших данных и данных <sup>/17/</sup> с вычислениями по дисперсионным соотношениям и сильное отклонение данных <sup>/16/</sup> от этих вычислений.

В заключение авторы выражают свою признательность за обсуждения Ю.Д. Прокошкину и А.В. Шелкачеву.

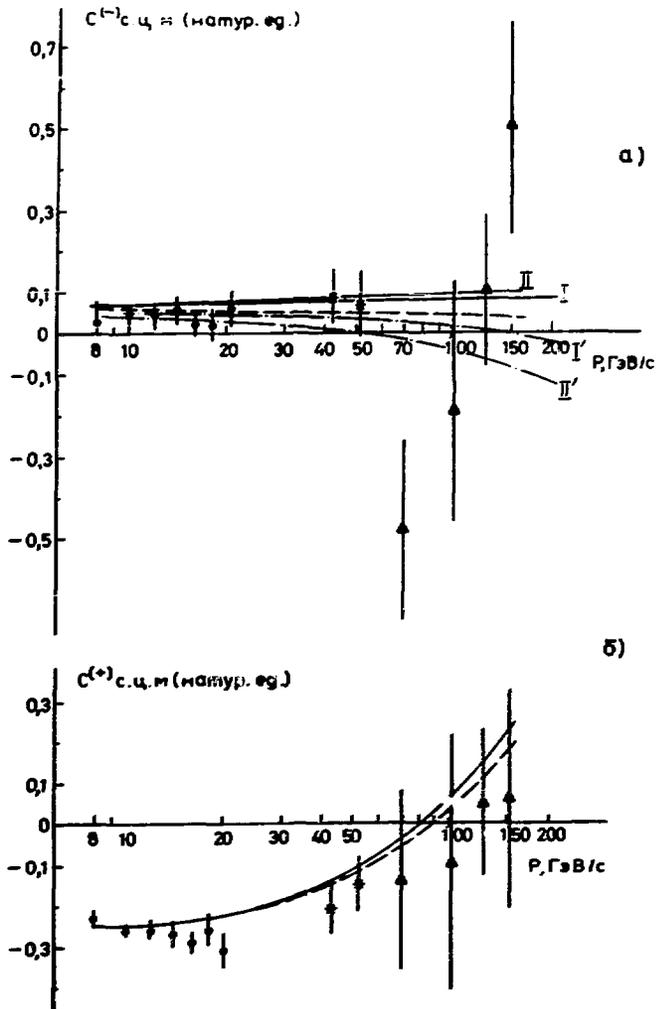


Рис. 5. Величины  $C^{+}$  и  $C^{-}$  в натуральных единицах в системе центра масс;  $\ddagger$  - данные настоящей работы;  $\phi$  - данные /15/,  $\Phi$  - данные /32/. Сплошная, пунктирная и штрихпунктирная линии показывают результаты вычислений по дисперсионным соотношениям с различными предположениями о сечении рождения пар и поведению полного сечения при высоких энергиях (см. текст).

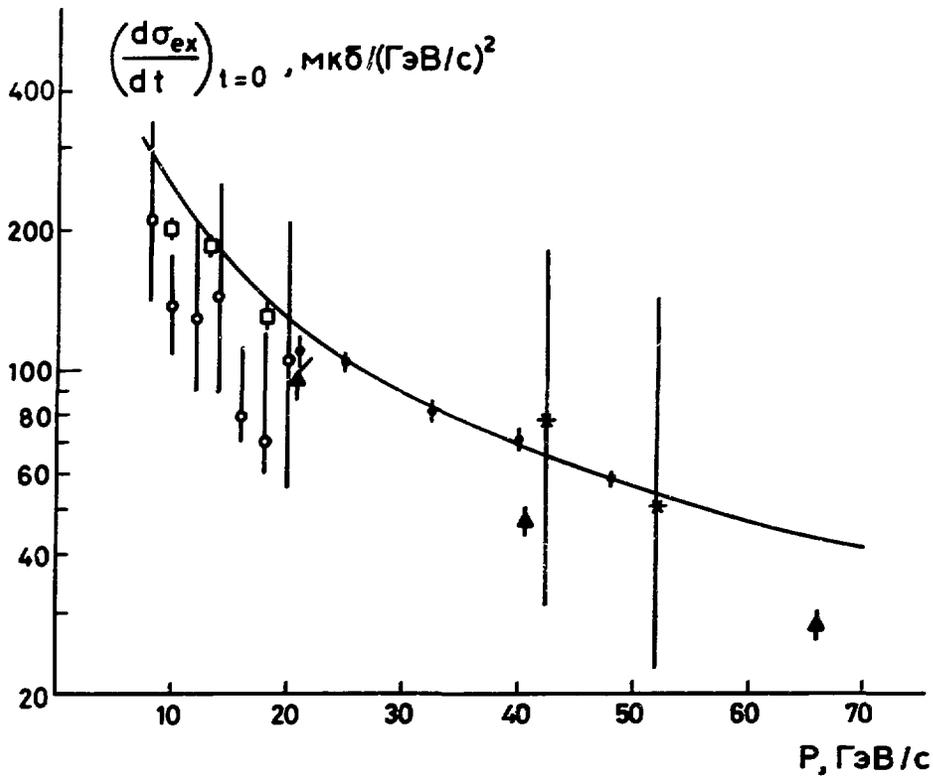


Рис. 6. Дифференциальное сечение реакции перезарядки  $\bar{p}p \rightarrow \pi^+\pi^-$  вперед в зависимости от начального импульса:  $\phi$  - вычисления по данным настоящей работы;  $\square$  - данные /33/;  $\circ$  - данные /15/;  $\diamond$  - данные /17/;  $\blacktriangle$  - данные /16/. Сплошной кривой показаны результаты вычислений по дисперсионным соотношениям (см. текст).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. G.G. Beznogikh et al. *Phys. Lett.*, **39B**, 411 (1972).
2. V. Bartenev, R.A. Carrigan, I-Hung Chiang. *Phys. Rev. Lett.*, **31**, 1367 (1973).
3. U. Amaldi, R. Biancastelli, C. Bosio et al. *Phys. Lett.*, **43B**, 231 (1973).

4. А.А.Борисов, А.Л.Бугорский, Ю.Б.Бушини и др. ПТЭ № 3, 49 (1973).
5. В.Д.Апокин, А.Н.Васильев, А.А.Деревшиков и др. Препринт ИФВЭ 75-89, Серпухов, 1975.
6. А.Л.Бугорский, А.А.Деревшиков, Ю.А.Матуленко и др. ПТЭ № 5, 40 (1973).
7. А.А.Деревshchikov, Z.Gusik, Yu.A.Matulenکو et al. Nucl. Instr. and Meth., 108, 381 (1973).
8. H.Bethe. Ann.Phys., 3, 190 (1958).
9. Ю.Л.Горин, С.П.Денисов, С.В.Донсков и др. ЯФ, 14, 988 (1971); Phys. Lett., 36B, 415 (1971).
10. G.V.West, D.R.Yennie. Phys. Rev., 172, 1413 (1968).
11. Л.Д.Соловьев, А.В.Шелкачев. Препринт ИФВЭ 73-81, Серпухов, 1973.
12. E.Ferrari. Nota Interna №382, Instituto di Fisica "G.Marconi" Universita di Roma, 1972.
13. G.Höfler, H.P.Jakob, F.Kaiser. Institut für Theoretische Kernphysik, Universität Karlsruhe, Preprint ТКР 13/75, 1975.
14. R.E.Hendrick, B.Lautrup. Phys. Rev., D11, 529 (1975).
15. K.J.Foley, R.S.Jones, S.J.Lindenbaum et al. Phys. Rev., 181, 5 (1969).
16. A.V.Barnes, D.J.Mellema, A.V.Tollestrup et al. Proceedings of XVII Intern.Conf. on High Energy Physics, London, UK, 1974, p.1-37.
17. V.M.Bolotov, V.V.Isakov, V.A.Kachanov et al. Nucl. Phys., B73, 365 (1974).
18. A.A.Vorobyov, A.S.Denisov, Yu.K.Zalite et al. Phys. Lett., 41B, 639 (1972).
19. L.M.C.Dulton, H.B.Van der Ray. Phys. Lett., 26B, 11 (1968).
20. A.R.Clyde. UCRL Report № 16275, 1966.
21. Л.Ф.Кирilloва и др. ЖЭТФ, 50, 77 (1966).
22. K.J.Foley, R.S.Jones, S.J.Lindenbaum et al. Phys. Rev. Lett., 19, 857 (1967).
23. C.Billittini, G.Cocconi, A.N.Diddens et al. Phys. Lett., 14, 164 (1965).
24. P.Baillon, C.Bricman, Ph.Eberhard et al. Phys. Lett., 50B, 387 (1974).
25. G.Giacomelli, F.Lugaresi-Serra, G.Mandrioli et al. Nucl. Phys., B20, 301 (1970).
26. P.Baillon, C.Bricman, M.Ferro-Luzzi et al. Phys. Lett., 50B, 377 (1974).
27. W.Chinowsky, G.Goldhuber, S.Goldhuber et al. Phys. Rev., 139B, 1411 (1965).
28. J.Debaisieux, P.Graud, J.Heughebaert et al. Nuovo Cim., 43A, 142 (1966).
29. T.H.J.Bell. Nuovo Cim. Lett., 3, 389 (1970).
30. K.J.Foley, R.S.Jones, S.J.Lindenbaum et al. Phys. Rev. Lett., 11, 503 (1963).

31. C.Y.Chieu, E.Malamud, D.J.Mellema et al. Phys. Lett., 28B, 615 (1969).
32. C.Ankenbrandt, N.Atas, R.Brown et al. FERMILAB-Conf.-75/61 EXP.
33. A.V.Stirling, P.Sonderegger, J.Kirz et al. Phys. Rev. Lett., 14, 763 (1965);  
P.Sonderegger, J.Kirz, O.Guisan et al. Phys. Lett., 20, 75 (1966).

Рукопись поступила в издательскую группу

20 января 1976 года.



Цена 10 коп.

© - Институт физики высоких энергий, 1976 г.

Издательская группа И Ф В Э

Заказ 236. Тираж 290. 0,8 уч.-изд.л. Т-03227.

Январь 1976. Редактор М.Л. Фоломешкина.