

С 178

18/IV-64

Б-245



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

---

В.С. Барашенков, В.И. Дедю

P-1598

ПРОВЕРКА ДИСПЕРСИОННЫХ СООТНОШЕНИЙ  
В ОБЛАСТИ МАЛЫХ УГЛОВ  
И БОЛЬШИХ ЭНЕРГИЙ

*Мел. Phys., 1965, v64, n4, p 636-640*

*В кн.: Метод. конф. по физике  
высоких энергий, XII.*

*с. 298-299.*

В.С. Барашенков, В.И. Дедю<sup>х)</sup>

P-1598

С 178

Б-245

2390/3 чг.

ПРОВЕРКА ДИСПЕРСИОННЫХ СООТНОШЕНИЙ  
В ОБЛАСТИ МАЛЫХ УГЛОВ  
И БОЛЬШИХ ЭНЕРГИЙ

Направлено в *Nuclear Physics*



---

х) Институт математики Молдавской Академии наук,  
г. Кишинев.

Экспериментальная проверка дисперсионных соотношений является одной из наиболее важных задач физики элементарных частиц. Несоответствие экспериментальных данных с результатами дисперсионных расчетов указывало бы на необходимость каких-то существенных изменений в основных принципах, положенных в основу теории поля, и в первую очередь - на необходимость пересмотра формулировки принципа причинности.

Один из наиболее простых способов экспериментальной проверки дисперсионных соотношений заключается в измерении дифференциального сечения упругого рассеяния в области очень малых углов  $\theta \approx 0$ , которое с помощью дисперсионных соотношений может быть выражено через известные экспериментальные значения полного сечения  $\sigma_t(T)$ . В работе<sup>1/</sup> таким образом было показано, что в области энергий  $T \lesssim (2-3)$  Гэв никаких отклонений от дисперсионных соотношений в пределах точности известных в то время экспериментальных данных не наблюдается. Однако в последнее время получены значительно более точные экспериментальные данные, которые в некоторых случаях оказываются несогласующимися с результатами дисперсионных расчетов, приведенными в работе<sup>1/</sup> (см., например,<sup>2/</sup>). С другой стороны, за последние несколько лет была значительно уточнена величина полных сечений  $\sigma_t$  в области энергий  $T \gtrsim 10$  Гэв; в частности, известные в настоящее время экспериментальные данные указывают, что асимптотическое значение сечения  $\pi$ -N взаимодействий  $\sigma_t(\infty) \approx (24-25)$  мб, а не 28 мб, как это предполагалось в работе<sup>1/</sup>.

Все это побудило нас еще раз вернуться к вопросу о сравнении дисперсионных соотношений с экспериментальными данными по упругому  $\pi^{\pm}$ -p, p-p,  $\bar{p}$ -p рассеянию.

На рис. 1 приведены результаты дисперсионных вычислений действительной части амплитуды упругого  $\pi^{\pm}$ -p рассеяния на нулевой угол в системе центра масс. Качественно эти результаты имеют тот же вид, что и в работе<sup>1/</sup>; в частности, известные в настоящее время экспериментальные данные по сечениям  $\sigma_t(\pi^{\pm} p)$  не противоречат заключению о постоянном асимптотическом значении действительной части амплитуды упругого рассеяния в лабораторной системе координат при энергиях  $T \gg 10$  Гэв:

$D_+ = D_- = const$ . Однако количественно в области больших энергий заметны существенные различия; например, асимптотическое значение  $D_{\pm} \approx 1,54 \cdot 10^{-13}$  см в четыре раза

х) Здесь и везде далее  $T$  - кинетическая энергия рассеиваемой частицы в лабораторной системе координат.

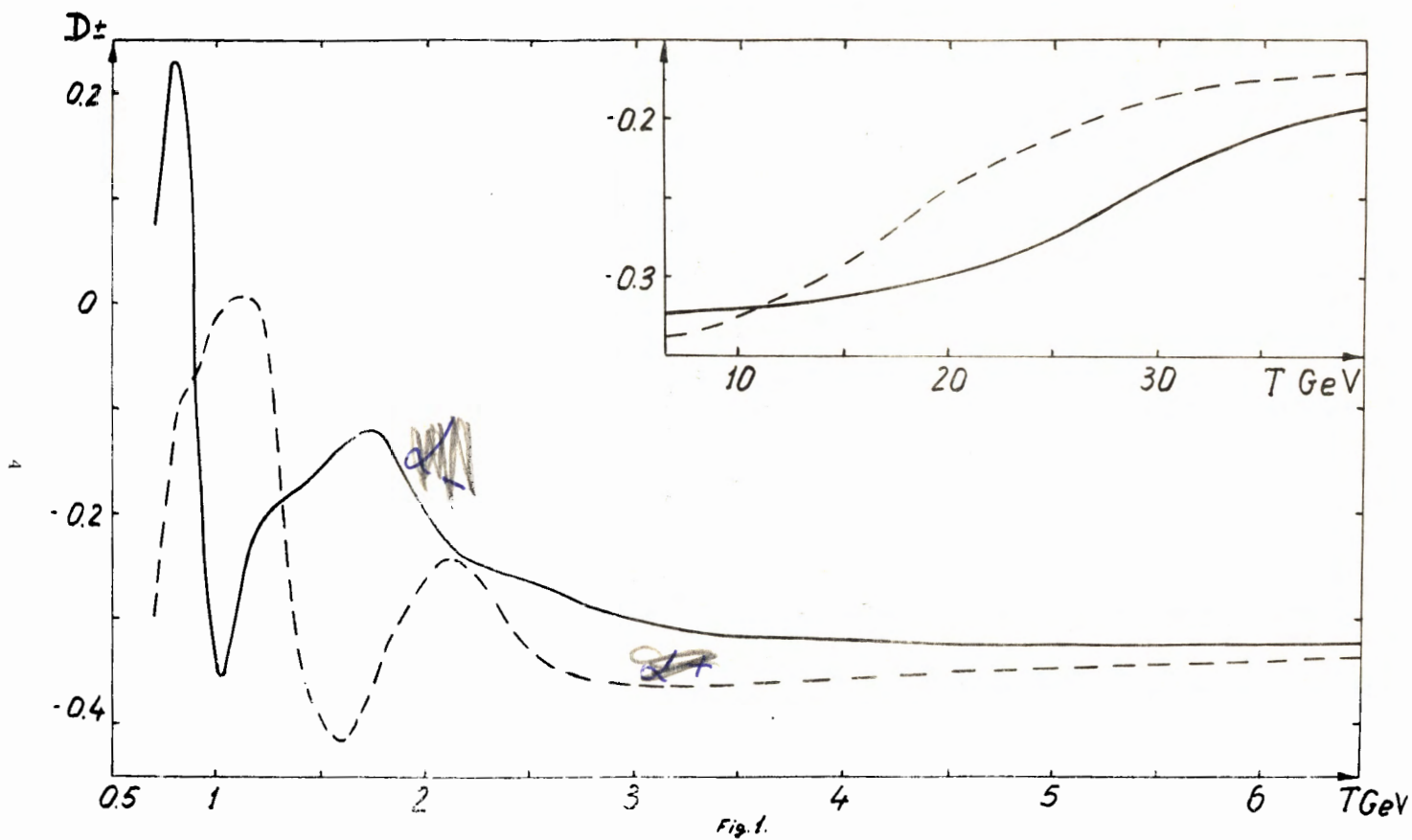


Рис. 1. Энергетическая зависимость действительной части упругого  $\pi$ -N -рассеяния на нулевой угол. Сплошная кривая -  $\pi^-p$  -рассеяние, пунктирная -  $\pi^+p$  -рассеяние. Значения  $D_{\pm}(T)$  даны в единицах  $10^{-13}$  см. Система центра масс.

меньше асимптотического значения  $D_{\pm} \approx -0,37 \cdot 10^{-13}$  см, полученного в работе<sup>/1/</sup>. Это обусловлено выбором меньшего асимптотического сечения  $\sigma_{\pm}(\infty)$  (24,5 мб вместо 29 мб, как это было в работе<sup>/1/</sup>) и значительно большей величиной энергии  $T$ , при которой сечение  $\sigma_{\pm}$  выходит на асимптотическое плато  $\sigma_{\pm} = \sigma_{\pm}(\infty)$  ( $\approx 25$  Гэв вместо 4 Гэв)<sup>x)</sup>.

Как было показано в работе<sup>/1/</sup>, характер выхода сечения на асимптотику существенно сказывается на величине  $D_{\pm}(T)$ . В пределах экспериментальных ошибок сечения  $\sigma_{\pm}(\pi - p)$  в настоящее время можно аппроксимировать кривыми, еще более медленно приближающимися к асимптотическому значению  $\sigma_{\pm} = const$ , чем это мы предполагали; в этом случае величина  $D_{\pm}(T)$  в лабораторной системе при  $T \gg 10$  Гэв медленно возрастает (т.е. в системе центра масс  $|D_{\pm}(T)| > const/T^{1/2}$ ). Другими словами, в области энергий  $T > (20-30)$  Гэв дисперсионные соотношения дают недостоверные значения  $D_{\pm}(T)$ . Однако во всех случаях действительная часть амплитуды упругого рассеяния значительно меньше ее мнимой части  $I = (\sigma_{\pm} / 4\pi\lambda)$ .

Результаты расчетов хорошо согласуются с сечениями упругого рассеяния под нулевым углом, полученными экстраполяцией соответствующих экспериментальных дифференциальных сечений  $\sigma(\theta)$ . Это видно из таблицы I. Правда, для сечений  $\sigma(0)$  из работы<sup>/6/</sup> в среднем заметно систематическое превышение над расчетными сечениями; однако этому обстоятельству, по-видимому не следует придавать серьезного значения, так как экспериментальные данные, полученные в одной и той же работе, могут содержать некоторую систематическую ошибку; тем более, что различие экспериментальных и теоретических данных не выходит за ошибки измерений.

В случае  $p-p$  и  $\bar{p}-p$  взаимодействий дело обстоит сложнее, так как в этом случае имеется значительный вклад трудно рассчитываемой теоретически нефизической области  $\sum_{n=0}^{\infty} C_n [M I(T+M)]^n$ . Как и в работе<sup>/1/</sup>, постоянные  $C_n$  мы определили из сравнения с экспериментальными значениями  $D_{\pm}(T)$ . Так как экспериментальные значения  $D_{\pm}(T)$  в настоящее время известны очень неточно, то поведение кривых  $D_{\pm}(T)$  оказывается существенно зависящим от конкретного выбора этих значений. Однако во всех случаях вычисленные сечения  $\sigma(0)$  для  $p-p$ ,  $\bar{p}-p$  взаимодействий в пределах ошибок измерений согласуются с экспериментальными сечениями. Это видно, в частности, из таблицы II. Приведенные в этой таблице сечения вычислены при условии, что нефизическая область аппроксимирована двумя первыми членами; значения постоянных  $C_0$  и  $C_1$ , выбирались из сравнения с экспериментальными данными при  $T = 2,85$  Гэв<sup>/7,8/</sup> ( $D_{\pm} \approx 0$ ) и  $T = 5,66$  Гэв<sup>/6/</sup> (в последнем случае  $D_{\pm} < 0$ , как и в работе<sup>/2/</sup>).

x) Метод расчета и значения постоянных  $f^2$ ,  $D_{\pm}^0$  в дисперсионных соотношениях те же самые, что и в работе<sup>/1/</sup>.

Таблица I

Взаимо- действие	Т, Гэв	$\sigma(0)$ , мб/степ	
		Теория *	Опыт
$\pi^- - p$	1,45	$10,8 \pm 0,5$	$10,9 \pm 0,6^{[3]}$
	3	$21,8 \pm 1,0$	$22,0 \pm 2,2^{[4]}$
	4,86	$30,1 \pm 1,5$	$29,8 \pm 3,0^{[5]}$
	6,86	$38,8 \pm 1,9$	$41,7 \pm 4,2^{[6]}$
	8,76	$47,2 \pm 2,3$	$52,2 \pm 4,4^{[6]}$
	10,66	$56,4 \pm 2,8$	$64,5 \pm 5,9^{[6]}$
	12,86	$66,2 \pm 3,3$	$79,4 \pm 7,8^{[6]}$
	14,86	$75,0 \pm 3,7$	$91,6 \pm 9,8^{[6]}$
	16,86	$83,6 \pm 4,1$	$87,0 \pm 9,6^{[6]}$
	18,76	$92,6 \pm 4,6$	$113,0 \pm 20^{[6]}$
$\pi^+ - p$	2,78	$18,0 \pm 0,8$	$14,2 \pm 1,5^{[4]}$
	6,66	$33,8 \pm 1,6$	$41,5 \pm 4,0^{[6]}$
	8,66	$42,8 \pm 2,1$	$51,3 \pm 4,6^{[6]}$
	10,66	$51,1 \pm 2,5$	$58,7 \pm 5,3^{[6]}$
	12,66	$59,9 \pm 2,9$	$69,5 \pm 7,5^{[6]}$
	14,56	$67,2 \pm 3,3$	$80,2 \pm 9,9^{[6]}$
	16,56	$71,0 \pm 3,5$	$78,9 \pm 10,2^{[6]}$

\*) Указанные ошибки  $\pm \Delta\sigma(0)$  обусловлены неточностью значений  $\sigma'_t$ , использованных в оптической теореме ( в фидней  $\Delta\sigma'_t / \sigma'_t = 2 \div 3 \%$  )  
 Истинные ошибки несколько больше указанных в таблице, так как необходимо еще учесть ошибку  $\pm \Delta D_{\pm}$ , происходящую от неточности использованных при дисперсионных расчетах значений  $\sigma'_t$ ; однако отличие пренебрежимо мало, так как вклад  $D_{\pm}^2$  в сечение  $\sigma(0)$  значительно меньше вклада, даваемого оптической теоремой.

Таблица II

Взаимодействие	T, Гэв	$\sigma(0)$ , мб / сгэр	
		Теория *	Опыт
p-p	6,0	95,1	$88,3 \pm 13,2^{(2)}$
	7,91	125,6	$125,7 \pm 10^{(6)}$
	9,90	152,4	$152,2 \pm 12^{(6)}$
	10,0	153,1	$184,4 \pm 52^{(2)}$
	11,89	177,0	$185,0 \pm 17^{(6)}$
	13,89	199,7	$213,8 \pm 21^{(6)}$
	15,79	222	$216,4 \pm 24^{(6)}$
	18,68	256	$268,0 \pm 33^{(6)}$

\* Ошибки  $\pm \Delta \sigma(0)$ , обусловленные неточностью использованных при вычислениях экспериментальных значений сечений  $\sigma'_t$  составляют в среднем 10-15 мб.

Для p-p взаимодействий эксперимент и теория также хорошо согласуются, однако в этом случае очень велики ошибки  $\pm \Delta \sigma(0)$ .

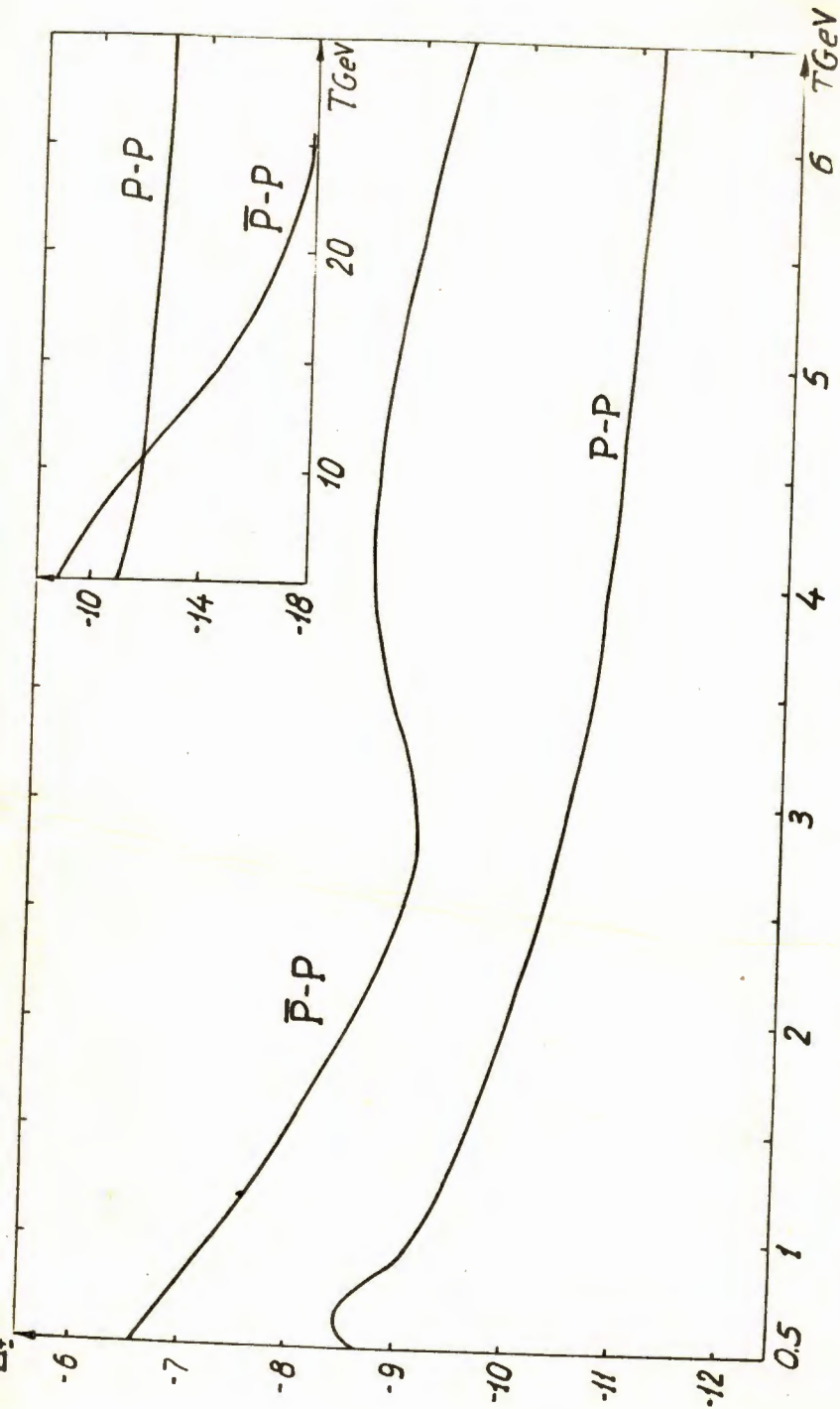


Рис. 2. Действительная часть амплитуды упругого  $p-p$  и  $\bar{p}-p$  рассеяния в лабораторной системе координат, вычисленная без учета вклада нефизической области. Значения  $\Delta_{\pm}(T)$  даны в единицах  $10^{-13}$  см.

Для того, что при сравнении с опытом не быть связанным с конкретным выбором постоянных  $C_n$ , на рис. 2 в лабораторной системе координат приведены значения  $D_{\pm}(T) \approx \Delta_{\pm}(T)$ , вычисленные без учета вклада нефизической области. Действительная часть амплитуда в системе центра масс

$$D_{\pm}^c(T) = \frac{\lambda_0^n}{\lambda(T)} \left\{ \Delta_{\pm}(T) + \sum_{n=0}^{\infty} C_n \left[ \frac{M}{T+M} \right]^n \right\},$$

где  $\lambda_0 = h\nu/\mu c$  - комптоновская длина волны  $\pi$ -мезона,  $\lambda(T)$  - де'бройлевская длина волны рассеивающегося протона или антипротона в системе центра масс (см. рис. 1 в <sup>1/1</sup>).

Так же, как и в случае  $\pi^+-p$  взаимодействий, известные экспериментальные данные по сечениям  $\sigma_t(pp)$  и  $\sigma_t(\bar{p}p)$  не противоречат заключению о постоянном асимптотическом значении  $D_{\pm} = D_{\pm}^c \approx 1,3 \cdot 10^{-13}$  см и в лабораторной системе координат, однако, допускают и возрастающую асимптотику  $D_{\pm}(T)$ , если предположить более плавный переход сечений  $\sigma_t$  к их асимптотическим значениям. Чтобы разобраться в этом вопросе, необходимы более точные измерения сечений в области  $T > 10$  Гэв.

Таким образом, в настоящее время нельзя говорить о сколь-нибудь заметном расхождении с дисперсионными соотношениями вплоть до расстояний  $R \approx 6 \cdot 10^{-15}$  см.

Мы благодарим П.А. Полубоярову за большую помощь при вычислениях на электронной машине.

#### Л и т е р а т у р а

1. V.S. Barashenkov; Fortschritte d. Phys., 10, 205 (1962).
2. Л.Ф. Кириллова, В.А. Никитян, А.А. Номофилов, В.А. Свиридов, Л.Н. Струнов, М.Г. Шафранова. ЖЭТФ, 45, 1261 (1963).
3. Saclay-Orsay-Baki-Bologna Collaboration; Nuovo Cim., 29, 515 (1963).
4. M.L. Perl, L.W. Jones, C.C. Ting; Phys. Rev., 123, 1252 (1963).
5. R.G. Thomas. Phys. Rev. Lett., 5, 229 (1960). Abstract.
6. K.J. Foley, S.J. Lindenbaum, W.A. Love, S. Ozaki, J.J. Russell, L.C.L. Yuan. Phys. Rev. Lett., 11, 425 (1963).
7. Л.С. Ажгирей, Л.Б. Нурушев. Препринт ОИЯИ, Р-1188, Дубна, 1963 г.
8. G.A. Smith, H. Courant, E.C. Fowler, H. Karaybill, J. Sandweiss, H. Taft. Phys. Rev., 123, 2160 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 марта 1964 г.