

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ46.46
Г-214

4974 / 2-76

P2 - 9947

13/11-76

В.Р.Гарсеванишвили, С.В.Голоскоков, М.И.Джгаркава,
Ю.М.Казаринов, С.П.Кулешов, В.А.Матвеев,
В.К.Митрюшкин, И.К.Поташникова, А.В.Ракитский,
И.Н.Силин

К ВОПРОСУ О πN -РАССЕЯНИИ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ
В КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПОДХОДЕ

1976

P2 - 9947

В.Р.Гарсеванишвили, С.В.Голоскоков, М.И.Джгаркава,
Ю.М.Казаринов, С.П.Кулешов, В.А.Матвеев,
В.К.Митрюшкин, И.К.Поташникова, А.В.Ракитский,
И.Н.Силин

К ВОПРОСУ О πN -РАССЕЯНИИ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ
В КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПОДХОДЕ



Настоящая работа посвящена описанию πN -рассеяния при высоких энергиях и фиксированных передачах в рамках квазипотенциального подхода /1,2/ на основе уравнения, описывающего систему мезон-нуклон /3/. В работе /4/ был проведен подробный анализ экспериментальных данных по πN -рассеянию на основе решения этого уравнения в представлении Фолди-Войтхойзена. При этом обрабатывался экспериментальный материал по полным и дифференциальным сечениям, а также по параметрам поляризации P и R , опубликованный до конца 1971 года.

В ином подходе обрабатывались некоторые данные по мезон-нуклонному рассеянию в работе /5/, а также полные сечения в работе /6/.

Большой интерес представляет совместное описание известных в настоящее время экспериментальных данных по πN -рассеянию /см. табл. 1/, которое проводится в настоящей работе на основе уравнения /3/:

$$\{E \cdot \gamma_0 + i \hat{\beta} \vec{\gamma} \vec{V} - \hat{\beta} \cdot m + \frac{1}{\hat{\omega}} V(\vec{r}; E)\} \psi(\vec{r}) = 0, \quad /1/$$

где $\hat{\beta} = 1 + \frac{\hat{\omega}}{\hat{W}}$, $\hat{\omega} = \sqrt{\mu^2 - \vec{V}^2}$, $\hat{W} = \sqrt{m^2 - \vec{V}^2}$, μ и m - массы

мезона и нуклона, соответственно.

Решение уравнения /1/ было предложено в работе /7/ для произвольного гладкого локального потенциала. Выбирая гладкий потенциал в виде

$$V \equiv V^{(I)} = \gamma_0 \cdot \{V_1^{(I)} + \frac{1}{p} V_2^{(I)} \cdot \vec{\Sigma} \cdot \vec{L}\}, \quad /2/$$

$$\vec{\Sigma} = \begin{pmatrix} \vec{\sigma} & 0 \\ 0 & \vec{\sigma} \end{pmatrix}; \quad \vec{L} = -i \cdot [\vec{r} \times \vec{V}],$$

Таблица 1

Реакция	Величина	Гэв/с	Число точек	Норма		Ссылка		
				4	5			
π^-p	$d\sigma/dt$	9,84	9	1,0034 ± 0,0083		10		
		9,89	12	1,0125 ± 0,0076		—"		
		10,8	14	1,0961 ± 0,0249		—"		
		11,89	11	1,0062 ± 0,0075		—"		
		12,4	20	1,0430 ± 0,0208		—"		
		13,0	13	1,1005 ± 0,0246		—"		
		14,16	11	1,0101 ± 0,0083		—"		
		14,84	8	1,1007 ± 0,0321		—"		
		15,0	13	1,0827 ± 0,0261		—"		
		15,99	14	0,991 ± 0,0066		—"		
		16,0	16	0,9924 ± 0,0061		—"		
		17,0	12	1,0624 ± 0,0253		—"		
		18,19	14	1,0126 ± 0,0064		—"		
		18,4	15	1,1194 ± 0,0276		—"		
		18,9	6	1,0663 ± 0,0369		—"		
		19,75	7	1,2328 ± 0,0340		—"		
		20,15	17	0,9938 ± 0,0069		—"		
		20,38	18	0,9799 ± 0,0054		—"		
		22,13	19	0,9888 ± 0,0065		—"		
		23,18	7	1,1443 ± 0,0293		—"		
24,22	19	0,9855 ± 0,0065		—"				
25,34	8	1,1172 ± 0,0306		—"				
26,23	20	0,9706 ± 0,0060		—"				
14,15	41	1,0637 ± 0,0055		—"				
32,82	14	0,9461 ± 0,0155		11				
35,39	18	0,9405 ± 0,0140		—"				
42,02	26	1,0164 ± 0,0074		—"				
45,34	18	1,0345 ± 0,0135		—"				
48,61	25	1,0635 ± 0,0098		—"				
π^-p	$d\sigma/dt$	50,96	24	1,0506 ± 0,0102		11		
		54,74	19	1,0000 ± 0,0500		—"		
		55,10	17	0,9002 ± 0,0187		—"		
		25,20	37	0,9508 ± 0,0107		12		
		40,10	36	1,0078 ± 0,0117		—"		
		205	15	1,0105 ± 0,0365		13		
		π^+p	$d\sigma/dt$	9,86	9	1,0192 ± 0,0091		10
				10,02	10	1,0722 ± 0,0091		—"
10,80	15			1,1003 ± 0,0243		—"		
11,95	15			1,0120 ± 0,0080		—"		
12,40	19			0,9550 ± 0,0330		—"		
12,80	14	1,1083 ± 0,0260		—"				

$\vec{\sigma}$ - матрицы Паули, а $I=1/2;3/2$ - изотопический индекс/, будем иметь выражение для амплитуд с определенным изотопическим спином. При этом амплитуда без переворота спина

$$T_{nf}^{(I)} = -ip \cdot \int_0^\infty \rho d\rho \cdot J_0(\Delta_\perp \rho) \cdot [e^{X_0^{(I)}(\rho)} - 1],$$

а амплитуда с переворотом спина

$$T_f^{(I)} = +i\sigma_y \cdot p \cdot \int_0^\infty \rho d\rho \cdot J_1(\Delta_\perp \rho) \cdot e^{X_0^{(I)}(\rho)} \cdot X_1^{(I)},$$

где фазы $X_{0;1}^{(I)}$ определяются равенствами:

$$X_0^{(I)} = \frac{1}{2\pi i} \cdot \int_{-\infty}^\infty dz \cdot V_1^{(I)},$$

$$X_1^{(I)} = \frac{1}{2\pi i} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \int_{-\infty}^\infty dz \cdot (iV_2^{(I)} + \frac{i}{p \cdot \rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} V_1^{(I)}).$$

Экспериментально измеренные величины связаны с амплитудами $T^{(I)}$ стандартными соотношениями /8/.

Потенциалы $V_{1;2}^{(I)}$ выбирались в виде

$$V_1^{(I)} = -2ip \cdot g_1 \cdot a_1^{-3/2} \cdot e^{-\frac{r^2}{4a_1}}$$

$$- \left(\frac{p}{\sqrt{s_0}}\right)^{1-\xi} [g_{0;0}^{(I,1)} + g_{0;2}^{(I,2)} \cdot r^2] \cdot e^{-\frac{r^2}{4a_0^{(I,1)}}};$$

$$V_2^{(I)} + \frac{1}{p \cdot \rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} V_1^{(I)} = i \cdot \left(\frac{p}{\sqrt{s_0}}\right)^{1-\xi} [g_{0,0}^{(I,2)} + g_{0;2}^{(I,2)} r^2] \times$$

$$\times e^{-\frac{r^2}{4a_0^{(I,2)}}}. \quad /3/$$

Таблица 1 /продолжение/

1	2	3	4	5	6
		14,00	12	1,0106 ± 0,0086	-"
		14,8	13	1,0997 ± 0,0255	-"
		16,02	18	1,0141 ± 0,0072	-"
		16,7	13	1,0463 ± 0,0266	-"
		17,96	17	0,9985 ± 0,0081	-"
		20,19	17	0,9915 ± 0,0087	-"
$\pi^+ \rightarrow \pi^0 n$	$d\sigma/dt$	9,8	14	1,1020 ± 0,0440	-"
		10,0	7	1,0851 ± 0,0629	-"
		13,3	13	1,2230 ± 0,0576	-"
		13,3	10	1,2230 ± 0,0576	-"
		18,2	13	1,0535 ± 0,0553	-"
		18,2	9	1,0535 ± 0,0553	-"
		21,0	15	1,1297 ± 0,0364	14
		25,0	15	1,0589 ± 0,0382	-"
		32,5	15	1,0272 ± 0,0370	-"
		40,0	15	0,9882 ± 0,0360	-"
		48,0	15	0,9644 ± 0,0355	-"
$\pi^- p$	$\sigma_{полн}$	10-28,68	27		18
		21-65	19		-"
		205	1		16
$\pi^+ p$	$\sigma_{полн}$	9,84-21,1	30		16
		15-60	10		-"
$\pi^- p$	P	10,0	15		10
		12,0	13		-"
		10,0	21		17
		14,0	19		-"
		40,0	14		18
$\pi^+ p$	P	10,6	6		10
		12,0	5		-"
		14,0	7		-"
		10,0	15		17
		14,0	19		-"
		17,5	8		-"
$\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$	P	8,0	6		17
		11,2	7		19
$\pi^- p$	α	9,84-26,23	11		20
$\pi^+ p$	α	9,86-20,19	7		-"
$\pi^- p$	R	16,0	8		21
		40,0	7		18

Таблица 2

$$\alpha_L = [(1,083 \pm 0,067) + (0,481 \pm 0,015)(\ln \frac{s}{s_0} - \frac{i\pi}{2})] (\text{ГэВ}/c)^{-2}$$

$$g_L = [(0,571 \pm 0,024) + (0,026 \pm 0,004)(\ln \frac{s}{s_0} - \frac{i\pi}{2})] (\text{ГэВ}/c)^{-2}$$

$$a_c^{(3/2,+)} = (8,240 \pm 0,170)(\text{ГэВ}/c)^{-2}$$

$$a_c^{(3/2,-)} = (11,800 \pm 0,311)(\text{ГэВ}/c)^{-2}$$

$$g_{c,0}^{(3/2,+)} = [(0,131 \pm 0,006) + i(0,040 \pm 0,003)] (\text{ГэВ}/c)^2$$

$$g_{c,2}^{(3/2,+)} = (-0,0031 \pm 0,0002) (\text{ГэВ}/c)^4$$

$$g_{c,0}^{(3/2,-)} = [(0,0251 \pm 0,0047) - i(0,0146 \pm 0,0030)] (\text{ГэВ}/c)^2$$

$$g_{c,2}^{(3/2,-)} = [(-2,966 \pm 0,612) \cdot 10^{-5} + i(5,484 \pm 0,249) \cdot 10^{-5}] (\text{ГэВ}/c)^4$$

$$a_c^{(4/2,+)} = [(7,487 \pm 0,133) + (0,299 \pm 0,023)(\ln \frac{s}{s_0} - \frac{i\pi}{2})] (\text{ГэВ}/c)^{-2}$$

$$a_c^{(4/2,-)} = (7,866 \pm 2,532)(\text{ГэВ}/c)^{-2}$$

$$g_{c,0}^{(4/2,+)} = [(0,173 \pm 0,006) + i(0,0298 \pm 0,0035)] (\text{ГэВ}/c)^2$$

$$g_{c,2}^{(4/2,+)} = [(-0,0045 \pm 0,0002) + i(3,53 \pm 0,64) \cdot 10^{-4}] (\text{ГэВ}/c)^4$$

$$g_{c,0}^{(4/2,-)} = [(-0,0271 \pm 0,0122) + i(-0,0351 \pm 0,1268)] (\text{ГэВ}/c)^2$$

$$g_{c,2}^{(4/2,-)} = [(-2,317 \pm 0,649) \cdot 10^{-5} + i(-0,598 \pm 9,506) \cdot 10^{-5}] (\text{ГэВ}/c)^4$$

$$\xi = 0,968 \pm 0,037$$

$$S_c = 1 (\text{ГэВ}/c)^2$$

Все значения параметров, полученные в результате обработки, выписаны в табл. 2. При этом достигается описание экспериментальных данных $\chi^2 = 1458$ при числе обработанных точек $N = 1174$ - см. табл. 1/.

На рис. 1-5 приведены некоторые кривые, построенные на основе проведенного анализа.

Подчеркнем, что выбранная параметризация^{/3/} обеспечивает логарифмический рост полных сечений $\pi^\pm p$ - рассеяния /см. рис. 1/ при высоких энергиях.

Дифференциальное сечение процессе перезарядки при $p_L = 40 \text{ ГэВ}/c$ /рис. 2/ не имеет явно выраженного "провала" при $t \rightarrow 0$ /сравни с ^{/4/}/.

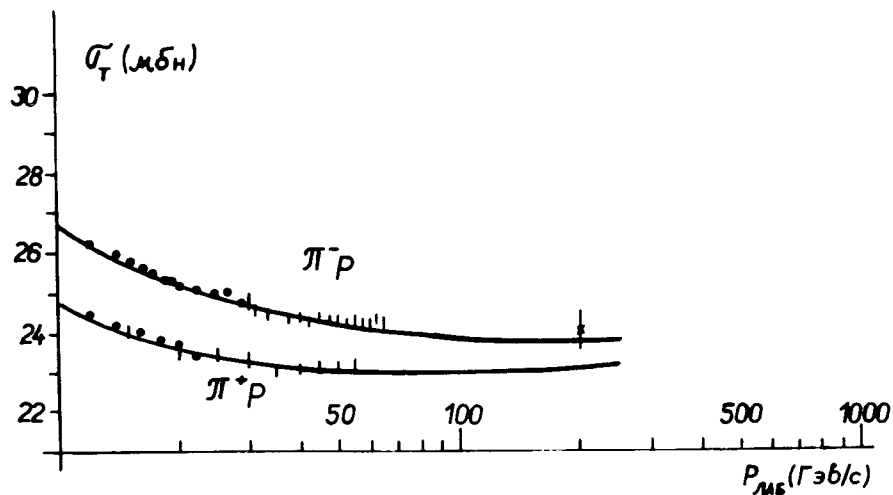


Рис. 1. Полные сечения $\pi^\pm p$ -взаимодействия.

Отметим, что предсказания для параметра поляризации R /см. рис. 5/ при $p_L = 40$ ГэВ/с, полученные в /4/, подтвердились в результате анализа, проведенного в настоящей работе.

В настоящей работе приведены только кривые при $p_L \geq 40$ ГэВ/с. Результаты данной обработки при более низких энергиях практически совпадают с анализом, проведенным в работе /4/, где и приведены соответствующие графики.

Одним из качественных результатов работы /см. также /4/ / является факт положительности параметра поляризации в процессе перезарядки на малые углы. Такой же качественный вывод получается в модели комплексно-сопряженных полюсов Редже /9/. К настоящему времени проведено небольшое количество экспериментов по измерению этого параметра /максимальный импульс p_L , при котором производился эксперимент, равен 11,2 ГэВ/с/. Параметр поляризации перезарядки является весьма критичным при проверке предсказаний различных моделей, описывающих πN -рассеяние при высоких

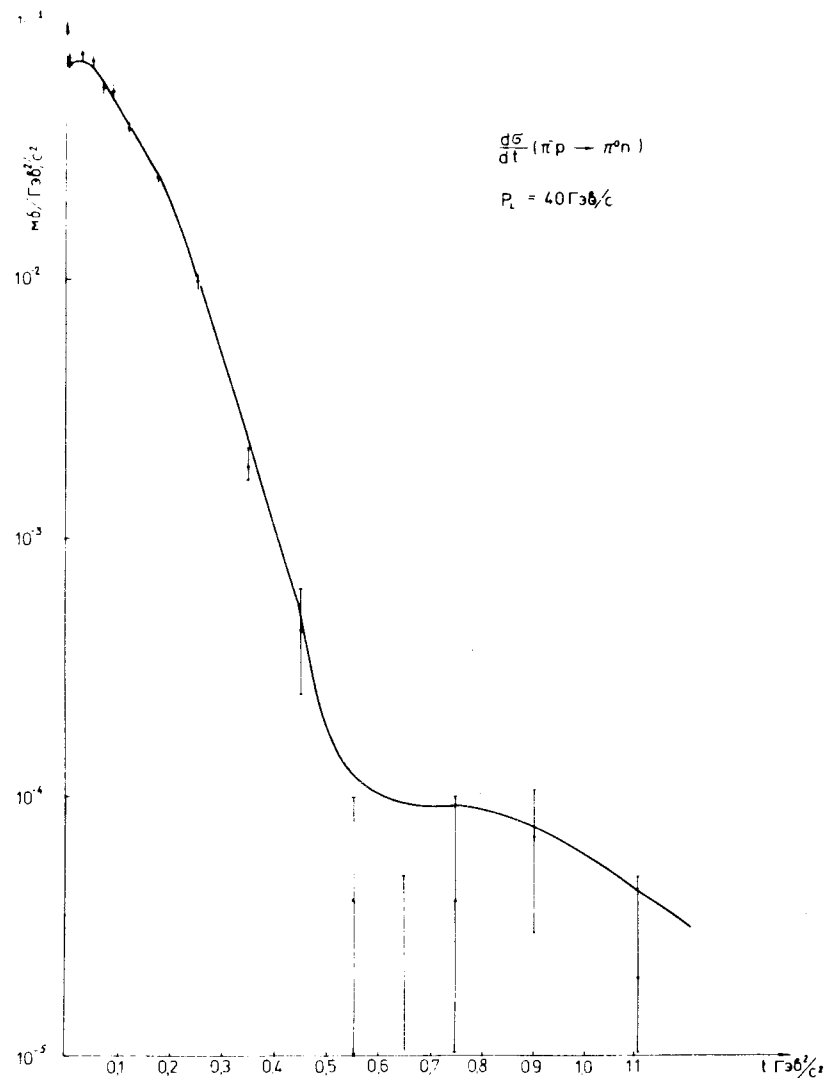


Рис. 2. Дифференциальное сечение в процессе перезарядки при $p_L = 40$ ГэВ/с.

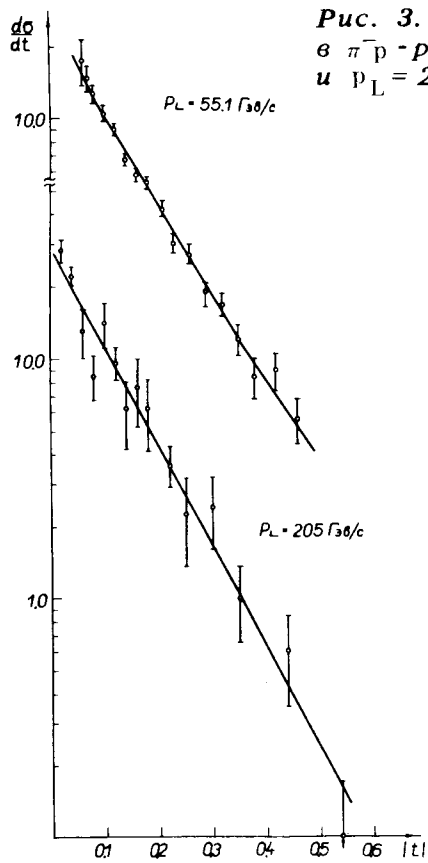


Рис. 3. Дифференциальные сечения в π^-p -рассеянии при $p_L = 55,1$ ГэВ/с и $p_L = 205$ ГэВ/с.

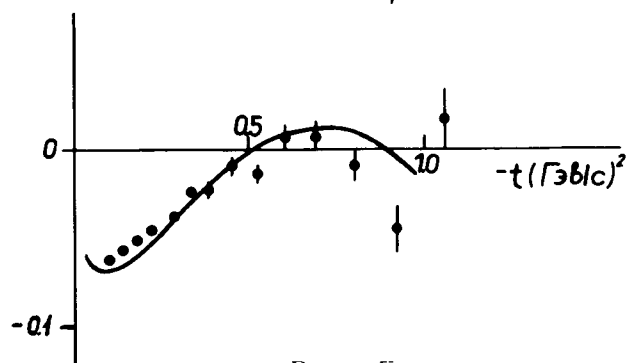


Рис. 4. Параметр поляризации P в π^-p -рассеянии при $p_L = 40$ ГэВ/с.

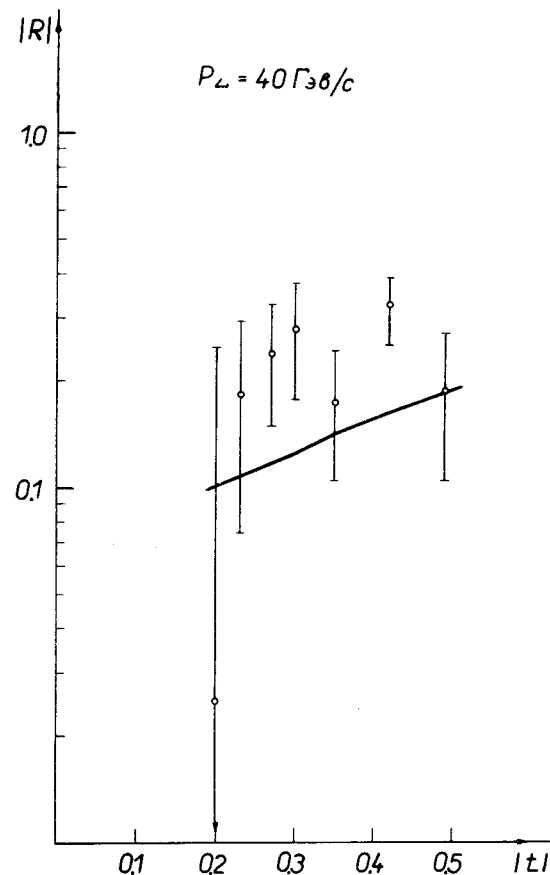


Рис. 5. Параметр поляризации R в π^-p -рассеянии при $p_L = 40$ ГэВ/с.

энергиях. Поэтому измерение этой величины при больших значениях энергии представляется чрезвычайно важным. Отметим, что в параметризации /3/ значение радиуса взаимодействия a_1 практически не изменилось по сравнению с результатами обработки /4/.

В заключение мы рады выразить благодарность А.Н.Тавхелидзе за интерес к работе и ценные замечания, а также Н.П.Зотову, А.Н.Сисакяну и М.А.Смондыреву за полезные обсуждения.

Литература

1. A.A. Logunov, A.N. Tavkhelidze. *Nuovo Cim.*, 29, 380, 1963.
2. A.N. Tavkhelidze. *Lectures on Quasipotential Method in Field Theory*. Tata Institute of Fundamental Research, Bombay (1964).
3. В.Р. Гарсеванишвили, С.В. Голоскоков, В.А. Матвеев, Л.А. Слепченко. *ТМФ*, 12, 384 /1972/.
4. M.I. Dzhaġarkava, V.R. Garsevanishvili, S.V. Goloskokov, Yu.M. Kazarinov, V.A. Matveev, I.K. Potashnikova, I.N. Silin, L.A. Stepchenko. *Nucl. Phys.*, B67, 232 (1973).
5. V.F. Edneral, O.A. Khrustalev, S.M. Troshin, N.E. Tyurin. CERN preprint, TH-2126, 1976.
6. Александров, С. Мавродиев. *ОИЯИ*, Е6-9936, Дубна, 1976.
7. С.В. Голоскоков, С.П. Кулешов, В.К. Митрюшкин, М.А. Смондырев. *ТМФ*, 24, 147 /1975/.
8. Р. Иден. "Соударения элементарных частиц при высоких энергиях". М., Наука, 1970.
9. М.И. Джгаркава, Ю.М. Казаринов, И.К. Поташникова, И.Н. Силин. *ЖЭТФ*, 67, 839 /1974/.
Н.П. Зотов, В.А. Царев. *Лекция на Школе-семинаре по физике элементарных частиц*. Сочи, 1974, Изд. ОИЯИ, P1, 2-8529, Дубна, 1975.
10. G. Giacomelli, P. Pine, S. Stagari. CERN, HERA 69-1, 1969.
11. А.А. Деревщиков, Ю.А. Матуленко и др. *Препринт ИФВЭ СЭФ-73-76*, Серпухов, 1973.
12. Yu.M. Antipov, G. Ascoli et al. *Nucl. Phys.*, B57, 333, 1973.
13. D. Bogert, R. Hanft, F.R. Huson et al. *Phys Rev. Lett.*, 31, 1271, 1973.
14. В.Н. Болотов, В.В. Исаков, Д.Б. Какауридзе и др. *Препринт ИФВЭ СЭФ-73-52*, Серпухов, 1973.
15. S.P. Denisov, Yu.P. Dmitrievski et al. *Phys. Lett.*, 36B, 528, 1971.
16. S.P. Denisov et al. *Phys. Lett.*, 36B, 415, 1971
17. M. Borghini, L. Dick et al. *Phys. Lett.*, 36B, 493, 1971.
18. C. Brunneton et al. *Report at the Palermo Conference on High Energy Physics*, June, 1975
19. P. Bonami, R. Borgeaud et al. *Nucl. Phys.*, B16, 335, 1970.
20. O. V. Dumbrais. JINR E2-5847, Dubna, 1971.
21. A. de Lesquen, B. Amblard et al. *Saclay preprint*, March, 1972

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июля 1976 года.