

2

328306251

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э 82-151
ОЭИПК

И.В.Ажиненко, Ю.А.Белокопытов, В.В.Брызгалов, А.П.Воробьев,
Л.Н.Гердюков, В.В.Князев, А.И.Курносенко, Т.Г.Махарадзе,
В.М.Первозчиков, Л.П.Петровых, А.М.Рыбин, В.Н.Рядориков,
Г.И.Сорокин, В.А.Уваров, О.Г.Чикилев, В.Ф.Чунихин,
П.В.Шляпников

Институт физики высоких энергий, Серпухов

Ф.Вербер, Е.А.Де Вольф

Межуниверситетский институт высоких энергий, Брюссель

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОЧАСТИЧНЫХ РЕАКЦИЙ

$K^+p \rightarrow K^+p3\pi^+3\pi^-$ И $K^+p \rightarrow K^+p4\pi^+4\pi^-$ ПРИ 32 ГэВ/С

Сотрудничество СССР-ЦЕРН

И.В.Аживенко, Ю.А.Белокопытов, В.В.Брызгалов, А.П.Воробьев,
Л.Н.Гердюков, В.В.Князев, А.И.Курносенко, Т.Г.Махарадзе^{*)},
В.М.Перевозчиков, Л.П.Петровых, А.М.Рыбин, В.Н.Рядовиков,
Г.И.Сорокин, В.А.Уваров, О.Г.Чикилев, В.Ф.Чунихин^{*)},
Ц.В.Шляпников

Институт физики высоких энергий, Серпухов

Ф.Вербер, Е.А.Де Вольф

Межуниверситетский институт высоких энергий, Брюссель

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОЧАСТИЧНЫХ РЕАКЦИЙ

$K^+p \rightarrow K^+p3\pi^+3\pi^-$ И $K^+p \rightarrow K^+p4\pi^+4\pi^-$ ПРИ 32 ГэВ/С

Сотрудничество СССР-ЦЕРН

Направлено в ЯФ

^{*)} Тбилисский Государственный университет

Аннотация

Ажиженко И.В., Белокопытов Ю.А., Брызгалов В.В., Вербер Ф., Воробьев А.П., Гердюков Л.Н., Де Вольф Е.А., Князев В.В., Курносенко А.И., Махарадзе Т.Г., Перевозчиков В.М., Петровых Л.П., Рыбин А.М., Рядовиков В.Н., Сорокин Г.И., Уваров В.А., Чакилев О.Г., Чунихин В.Ф., Шляпников П.В.

Общие характеристики многочастичных реакций $K^+p \rightarrow K^+p^+3\pi^-$ и $K^+p \rightarrow K^+p^+4\pi^-$ при 32 ГэВ/с. Серпухов, 1982.

12 стр. с рис. (ИФВЭ ОЭИПК 82-151).

Библиогр. 15.

Представлены экспериментальные результаты по ранее совсем не изученным реакциям $K^+p \rightarrow K^+p^+3\pi^-$ и $K^+p \rightarrow K^+p^+4\pi^-$ при 32 ГэВ/с. Определены сечения этих реакций, представлены спектры вторичных частиц по продольным и поперечным импульсам, оценены сечения основных резонансов

Abstract

Ajinenko I.V., Belokopitov Y.A., Bryzgalov V.V., Chlirpnikov P.V., De Wolf E.A., Gerdyukov L.N., Kniazev V.V., Kurnosenko A.I., Makharadze T.G., Perevozchikov V.M., Petrovikh L.P., Riadovikov V.N., Rybin A.M., Sorokin G.A., Tchikilev O.G., Tchunikhin V.F., Uvarov V.A., Vorobjev A.P., Verbeure F.

General Features of Multiparticle Reactions $K^+p \rightarrow K^+p^+3\pi^-$ and $K^+p \rightarrow K^+p^+4\pi^-$ at 32 GeV/c. Serpukhov, 1982.

p. 12. (ИФВЭ 82-151).

Refs. 15.

Results are presented on so far uninvestigated reactions $K^+p \rightarrow K^+p^+3\pi^-$ and $K^+p \rightarrow K^+p^+4\pi^-$ at 32 GeV/c. We determine cross sections of these reactions, present the longitudinal and transverse momentum distributions of secondary particles and estimate the most important resonance cross sections

Вплоть до настоящего времени исследование многочастичных эксклюзивных реакций, идущих с небольшими сечениями, было возможным только в высокостатистических и прецизионных экспериментах на пузырьковых камерах. Этим объясняется скудость экспериментальной информации о 8- и 10-частичных эксклюзивных реакциях, изученных на сегодня, насколько нам известно, лишь в pp -экспериментах при 12 и 24 ГэВ/с^{1/} и в серии экспериментов при 32 ГэВ/с на камере "Мирабель"^{2-4/}.

В настоящей работе представлены экспериментальные данные о ранее совсем не изученных 8- и 10-частичных реакциях



при 32 ГэВ/с. Эксперимент проведен на 4,7-м водородной пузырьковой камере "Мирабель", экспонированной в пучке ВЧ сепарированных K^+ -мезонов с импульсом $32,1 \pm 0,2$ ГэВ/с ускорителя ИФВЭ в Серпухове. Представленные здесь данные получены при обработке 400 тыс. фотоснимков, что соответствует чувствительности эксперимента 7 соб./мкб. С методикой обработки данных и результатами анализа других эксклюзивных реакций в этом эксперименте можно ознакомиться по нашим предыдущим публикациям^{5-12/}. Некоторые сведения о реакции (1), полученные на промежуточной статистике эксперимента, приведены в работе^{6/}.

События, относящиеся к реакциям (1) и (2), выделялись по 4С-фит-кинематике. Отбирались гипотезы с вероятностями $P(\chi^2) > 0,1\%$, совместимые с наблюдаемой плотностью ионизации треков^{*)}. Этим условиям удовлетворили 370 событий реакции (1) и 103 события реакции (2). Соответствующие сечения составили

$$\sigma(K^+ p \rightarrow K^+ p 3\pi^+ 3\pi^-) = 58_{-7}^{+3} \text{ мкб,}$$

$$\sigma(K^+ p \rightarrow K^+ p 4\pi^+ 4\pi^-) = 20_{-3}^{+2} \text{ мкб.}$$

Ошибки учитывают оценки систематических неопределенностей. Большие значения отрицательных ошибок связаны с возможными примесями каналов с парами $K^+ K^-$ или pp вместо $\pi^+ \pi^-$, которые не выделялись по кинематике,

*) Основное разделение p и π^+ по плотности ионизации возможно при импульсах $p_{\text{лаб}} < 1,2$ ГэВ/с, а K^+ и π^+ при $p_{\text{лаб}} < 0,6$ ГэВ/с.

а оценены из сечений реакций с меньшей множественностью. Из-за внутренних неоднозначностей, связанных с перестановками K^+/π^+ или p/π^+ , 168 и 67 событий реакций (1) и (2) удовлетворяют нескольким кинематическим гипотезам. В этом случае использовались все гипотезы с весом, пропорциональным соответствующей $P(\chi^2)$ -вероятности^{*)}.

В табл. 1 сечения реакций (1) и (2) сравниваются с сечениями выделенных каналов реакций с меньшей множественностью и с аналогичными данными π^+p^- , K^-p^- и $\bar{p}p^-$ -экспериментов при 32 ГэВ/с. Интересно отметить, что соотношения между сечениями реакций, инициированных разными первичными частицами, не всегда отвечают иерархии соответствующих полных сечений. Так, сечения K^+p^- -реакций систематически выше сечений K^-p^- -реакций, хотя для 8- и 10-частичных каналов это отличие и не выходит за пределы ошибок.

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ПРОДОЛЬНОМУ И ПОПЕРЕЧНЫМ ИМПУЛЬСАМ

Распределения вторичных частиц в реакциях (1) и (2) по приведенному продольному импульсу $x = 2p_L^*/\sqrt{s}$ и быстрой в с.ц.и. $y = 1/2 \ln((E^* + p_L^*)/(E^* - p_L^*))$ приведены на рис. 1 и 2. Средние значения $\langle x \rangle$ и $\langle y \rangle$ вместе со средними значениями поперечного импульса $\langle p_T \rangle$ и его квадрата $\langle p_T^2 \rangle$ и значением параметра асимметрии $A = (\sigma_F - \sigma_B)/(\sigma_F + \sigma_B)$, где σ_F и σ_B - сечения в передней и задней полусферах в с.ц.и., представлены в табл. В2. Видно, что эффект лидирования K^+ -мезона, сильно проявляющийся в реакциях с небольшой множественностью, заметно уменьшается с ростом множественности и практически полностью отсутствует в 10-частичной реакции. Протон же, напротив, остается ярко выраженной лидирующей частицей и при больших множественностях. Это иллюстрирует и рис. 3, на котором приведены средние значения $\langle p_T \rangle$ вторичных частиц в реакциях (1), (2) и реакции



в зависимости от их средних значений $\langle x \rangle$ (для π^\pm -мезонов эти значения вычислены после их упорядочения по x). Мы видим, что K^+ -мезон в реакции (2) становится в среднем самой медленной из частиц, испущенных в переднюю полусферу в с.ц.и., тогда как протон по-прежнему остается самым быстрым из частиц, испущенных назад в с.ц.и.

Об этом же эффекте свидетельствуют и распределения по вероятности передачи квантовых чисел по мультипериферической лестнице. Так, на рис. 4, на котором приведены средние значения электрического заряда $\langle Q_i \rangle$, барионного числа $\langle B_i \rangle$ и странности $\langle S_i \rangle$ частицы, занимающей i -ое место в ряду упорядоченных по быстрой y вторичных частиц в реакциях (1)-(3), видно, что барионное число оказывается более "консервативной" характеристикой при увеличении числа частиц в конечном состоянии, чем странность.

^{*)} Обсуждаемые ниже результаты не изменятся и в случае, если отбавить только одну гипотезу с максимальной вероятностью.

Уменьшение лидирующей роли K^+ -мезона в реакциях с большой множественностью можно попытаться понять в рамках моделей с механизмом образования частиц, подобным тормозному излучению. Вторичный K^+ -мезон в реакциях типа (1)-(3) может образовываться только в процессах фрагментации валентного странного \bar{s} -кварка. Медленному вторичному K^+ -мезону соответствует также распределение валентных \bar{s} - и u -кварков в начальном каоне, когда \bar{s} -кварк является медленным, а u -кварк - быстрым. Вероятность же излучения большого числа кварк-антикварковых пар выше (при одном и том же импульсе) для легкого u -кварка, чем тяжелого \bar{s} -кварка, с чем и связано существенное уменьшение лидирующей роли K^+ -мезонов в событиях с большой множественностью.

В этой связи мы попытались сравнить представленные на рис. 4 экспериментальные данные с последней версией рекурсивной кварк-каскадной модели Лунд-Монте-Карло^{13/}, в которой в рамках КХД образование частиц рассматривается как результат фрагментации цветной струны, растягивающейся между валентными кварками или кварком и дикварком сталкивающихся частиц. Как видно, модель правильно описывает общий характер распределений квантовых чисел по фазовому объему (без какой-либо подгонки параметров) и в целом воспроизводит изменение этих распределений с увеличением множественности. Вместе с тем, из систематической разницы в экспериментальных и расчетных величинах для самых быстрых и самых медленных частиц, по-видимому, следует, что распределение по энергии лидирующего кварка на самом деле является более широким по сравнению с заложенным в модели.

Спектры π^+ - и π^- -мезонов в реакциях (1) и (2) достаточно симметричны (рис. 1, 2), но и они характеризуются небольшим сдвигом в переднюю полусферу в с.ц.и., причем асимметрия для π^- -мезонов больше, чем для π^+ -мезонов (см. табл. 2). Это во многом определяется рождением и последующим распадом резонансов Δ^{++} (1232) и K^{*0} (890) (см. ниже), преимущественно образующихся соответственно в задней и передней полусферах в с.ц.и.

Распределения вторичных частиц в реакциях (1) и (2) по квадрату поперечного импульса $d\sigma/dp_T^2$ приведены на рис. 5. Результаты их аппроксимации в области небольших значений p_T^2 экспонентой $A \exp(-bp_T^2)$ (с наилучшими значениями параметров, приведенными в табл. 3) показаны сплошными линиями. Параметры экспоненциального наклона b минимальны для p , выше для K^+ и еще выше для π^\pm . Зависимости от x средних значений квадратов поперечных импульсов, взвешенных с энергией частицы в с.ц.и. $\langle p_T^2 \rangle_{E^*}$, приведены для вторичных частиц в реакциях (1) и (2) на рис. 6. Эффект "чайки", хорошо заметный для π^\pm -мезонов в обеих реакциях (и еще более заметный в зависимости $\langle p_T^2 \rangle$ от x), отсутствует для K^+ -мезонов и протонов.

ОБРАЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСОВ В РЕАКЦИЯХ (1) И (2)

Спектры эффективных масс $\pi^+\pi^-$, $K^+\pi^-$ и $p\pi^+$ в реакциях (1) и (2) (для реакции (1) они показаны на рис. 7) демонстрируют заметное образование резонансов ρ^0 , K^{*0} (890) и Δ^{++} (1232). Их сечения оценены путем аппроксимации спектров обычной зависимостью $d\sigma/dM = BG(1+aBW)$, где BW - функция Брейта-Вигнера, а BG - фон в рамках процедуры, подробно описанной, например, в работе^{/14/}. Массы резонансов были зафиксированы при табличных значениях^{/15/}, а табличные значения их ширины были увеличены с учетом экспериментального разрешения.

Полученные таким образом довольно грубые оценки сечений резонансов и их относительных выходов в реакциях (1) и (2) вместе с соответствующими данными для реакции (3)^{/10/} приведены в табл. 4. В среднем в реакциях (3), (1) и (2) образуется около 1,1, 1,4 и 1,7 указанных резонансов на событие. Относительное число резонансов K^{*0} (890) и Δ^{++} (1232) слабо уменьшается с ростом множественности, тогда как число ρ^0 -мезонов, напротив, сильно возрастает.

В спектрах недостающих масс к протону и к K^+ -мезону в реакциях (1) и (2) (рис. 8) мы не наблюдаем сколько-нибудь заметного накопления событий в области небольших масс. Это означает, что вклады процессов дифракционной диссоциации p и K^+ в эти реакции отсутствуют или, во всяком случае, очень малы. Точно также в спектрах недостающих масс к системам $p\pi^+\pi^-$ и $K^+\pi^+\pi^-$ в реакции (1) отсутствуют какие-либо указания и на наличие процессов 2-вершинной дифракции в 3 и 5 частиц.

В заключение нам приятно поблагодарить персонал просмотрочно-измерительных и вычислительных лабораторий нашего института, персонал пучковой камеры "Мирабель", ускорителя и отдела пучков за большой вклад в проведение этого эксперимента.

Таблица 1

Сечения выделенных каналов реакций в K^+p -, π^+p - и $\bar{p}p$ -взаимодействиях при 32 ГэВ/с, (мкб)

	K^+p	$\pi^+p/2/$	$K^-p/3/$	$\bar{p}p/4/$
$Ap \rightarrow Ap\pi^+\pi^-$	$615 \pm 25^{+7/}$	998 ± 60	544 ± 15	1300 ± 40
$Ap \rightarrow Ap2(\pi^+\pi^-)$	$156 \pm 5^{+10/}$	187 ± 25	139 ± 5	400 ± 20
$Ap \rightarrow Ap3(\pi^+\pi^-)$	$58 \pm 3_{-7}$	37 ± 13	49 ± 3	130 ± 10
$Ap \rightarrow Ap4(\pi^+\pi^-)$	$20 \pm 2_{-3}$	26 ± 12	19 ± 2	46 ± 8

Таблица 2

Средние значения приведенного продольного импульса x , быстроты в с.п.и. y , поперечного импульса p_T и квадрата поперечного импульса, а также параметра асимметрии A для вторичных частиц в реакциях $K^+p \rightarrow K^+p3\pi^+3\pi^-$ и $K^+p \rightarrow K^+p4\pi^+4\pi^-$ при 32 ГэВ/с

Частица	$\langle x \rangle$	$\langle y \rangle$	$\langle p_T \rangle$, ГэВ/с	$\langle \Phi_T^2 \rangle$, (ГэВ/с) ²	A
$K^+p \rightarrow K^+p3\pi^+3\pi^-$					
π^+	$0,021 \pm 0,005$	$0,040 \pm 0,033$	$0,363 \pm 0,007$	$0,182 \pm 0,006$	$0,07 \pm 0,05$
π^-	$0,042 \pm 0,005$	$0,267 \pm 0,031$	$0,365 \pm 0,007$	$0,187 \pm 0,007$	$0,17 \pm 0,05$
K^+	$0,190 \pm 0,014$	$0,682 \pm 0,052$	$0,445 \pm 0,013$	$0,259 \pm 0,013$	$0,52 \pm 0,06$
p	$-0,377 \pm 0,014$	$-1,020 \pm 0,035$	$0,454 \pm 0,011$	$0,258 \pm 0,012$	$-0,81 \pm 0,07$
$K^+p \rightarrow K^+p4\pi^+4\pi^-$					
π^+	$0,023 \pm 0,007$	$0,090 \pm 0,043$	$0,367 \pm 0,009$	$0,187 \pm 0,009$	$0,06 \pm 0,05$
π^-	$0,030 \pm 0,006$	$0,203 \pm 0,043$	$0,341 \pm 0,009$	$0,160 \pm 0,008$	$0,12 \pm 0,05$
K^+	$0,017 \pm 0,020$	$0,028 \pm 0,086$	$0,408 \pm 0,019$	$0,218 \pm 0,020$	$0,05 \pm 0,05$
p	$-0,234 \pm 0,023$	$-0,688 \pm 0,062$	$0,431 \pm 0,020$	$0,248 \pm 0,021$	$-0,64 \pm 0,06$

Таблица 3

Результаты аппроксимации спектров вторичных частиц в реакциях (1) и (2) при 32 ГэВ/с по квадрату поперечного импульса зависимостью

$$d\sigma/dp_T^2 = A \exp(-bp_T^2)$$

Частица	p_T^2 -интервал, (ГэВ/с) ²	A мкб/(ГэВ/с) ²	b (ГэВ/с) ⁻²	χ^2/NDF
$K^+ p \rightarrow K^+ p 3\pi^+ 3\pi^-$				
π^+	0-0,3	1320 \pm 60	8,8 \pm 0,4	16/6
π^-	0-0,3	1250 \pm 50	8,3 \pm 0,4	23/6
K^+	0-0,3	300 \pm 30	6,3 \pm 0,7	3/6
p	0-0,8	230 \pm 20	4,3 \pm 0,3	22/18
$K^+ p \rightarrow K^+ p 4\pi^+ 4\pi^-$				
π^+	0-0,5	500 \pm 40	7,1 \pm 0,5	23/8
π^-	0-0,5	590 \pm 40	8,1 \pm 0,5	9/8
K^+	0-0,5	100 \pm 20	6,1 \pm 0,8	13/8
p	0-0,5	90 \pm 15	4,7 \pm 0,8	3/8

Таблица 4

Сечения образования и относительный выход резонансов в реакциях (1)-(3) при 32 ГэВ/с

Реакция	Сечение, мкб			Относительный выход		
	$K^{*0}(896)$	ρ^0	$\Delta^{++}(1232)$	$K^{*0}(896)$	ρ^0	$\Delta^{++}(1232)$
$K^+ p \rightarrow K^+ p 2\pi^+ 2\pi^-$ ^{/10/}	49 \pm 4	54 \pm 7	57 \pm 6	0,30 \pm 0,03	0,33 \pm 0,04	0,35 \pm 0,04
$K^+ p \rightarrow K^+ p 3\pi^+ 3\pi^-$	19 \pm 4	43 \pm 11	16 \pm 4	0,33 \pm 0,08	0,73 \pm 0,22	0,28 \pm 0,08
$K^+ p \rightarrow K^+ p 4\pi^+ 4\pi^-$	5 \pm 3	25 \pm 11	4 \pm 3	0,26 \pm 0,16	1,20 \pm 0,43	0,19 \pm 0,16

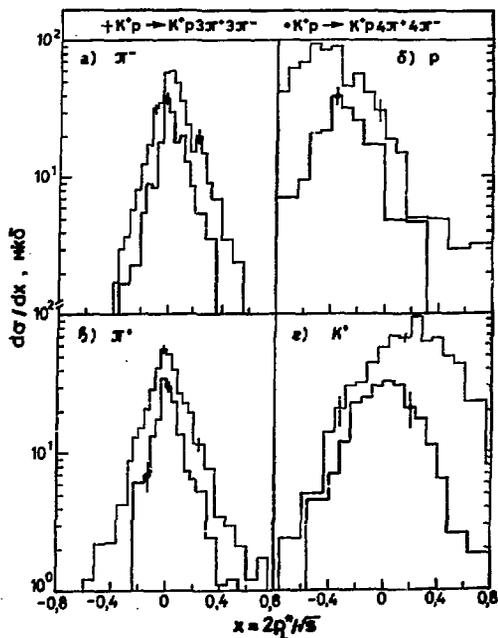


Рис. 1. Распределения $d\sigma/dx$ вторичных частиц в реакциях (1) и (2) при 32 ГэВ/с по приведенному продольному импульсу $x = 2p_L^*/\sqrt{s}$.

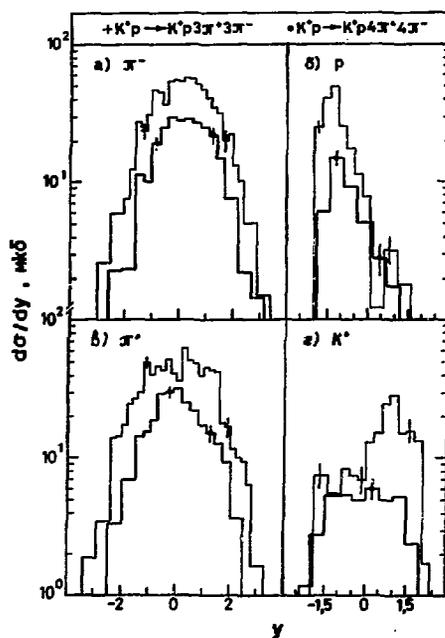


Рис. 2. Распределения $d\sigma/dy$ вторичных частиц в реакциях (1) и (2) при 32 ГэВ/с по быстрой y в с.и.в.

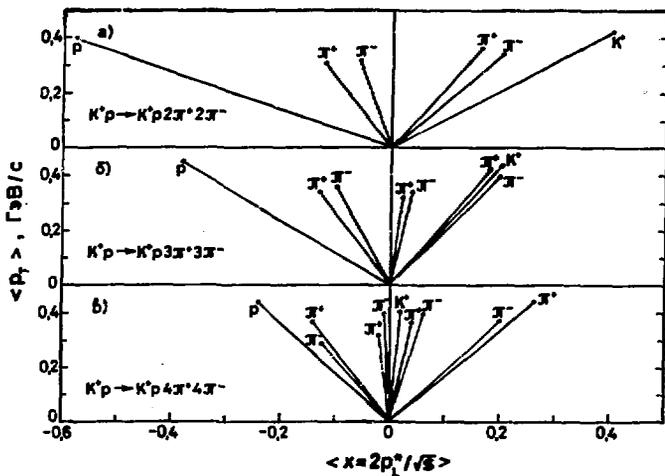


Рис. 3. Зависимости среднего значения поперечного импульса $\langle p_T \rangle$ от среднего значения продольного импульса $\langle x \rangle$ для вторичных частиц в реакциях (1)–(3) при 32 ГэВ/с.

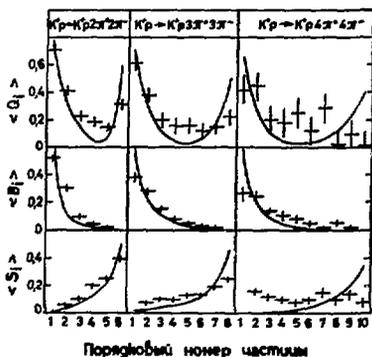


Рис. 4. Средние значения электрического заряда $\langle Q_i \rangle$, барионного числа $\langle B_i \rangle$ и странности $\langle S_i \rangle$ для частиц, занимающих i -ое место в ряду упорядоченных по скорости вторичных частиц, в реакциях (1)-(3) при 32 ГэВ/с в сопоставлении с предсказаниями Лундской фрагментационной модели /13/ (сплошные кривые).

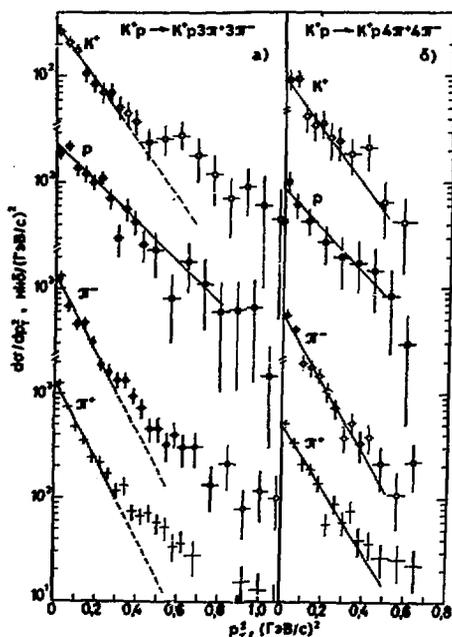


Рис. 5. Распределение $d\sigma/dp_T^2$ вторичных частиц в реакциях (1) и (2) при 32 ГэВ/с по квадрату поперечного импульса. Линии - результат подгонки экспонентой $A \exp(-bp_T^2)$ (см. текст).

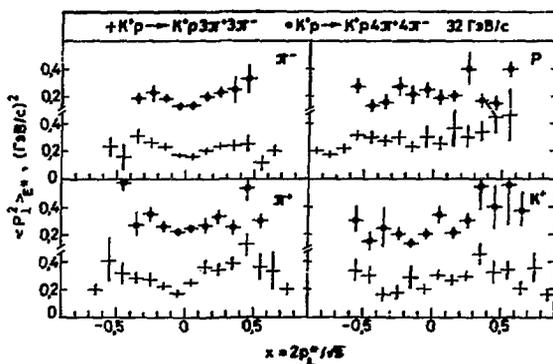


Рис. 6. Зависимость средних значений квадратов поперечных импульсов, взвешенных с энергией частицы в с.л.и., $\langle p_{T\perp}^2 \rangle_{K^*} = \int p_T^2 E^* \frac{d^2\sigma}{dx dp_T^2} / \int E^* \frac{d^2\sigma}{dx dp_T^2}$ от x для вторичных частиц в реакциях (1) и (2) при 32 ГэВ/с.

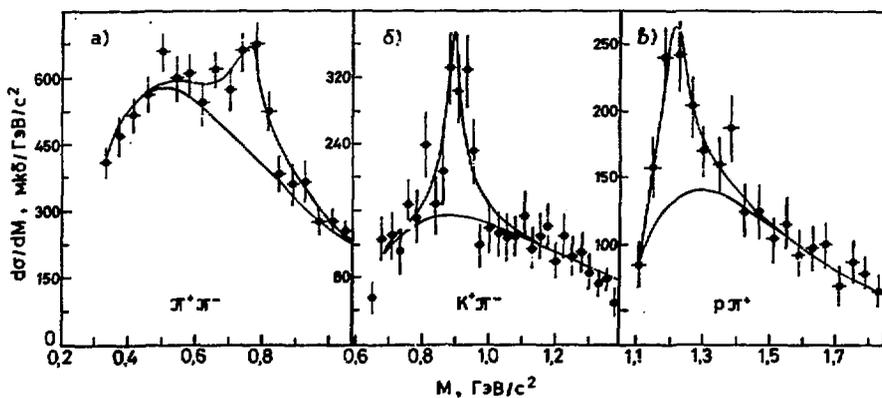


Рис. 7. Спектры эффективных масс $\pi^+\pi^-$, $K^+\pi^-$ и $p\pi^+$ в реакции (1) при 32 ГэВ/с; кривые демонстрируют результат подгонки (см. текст).

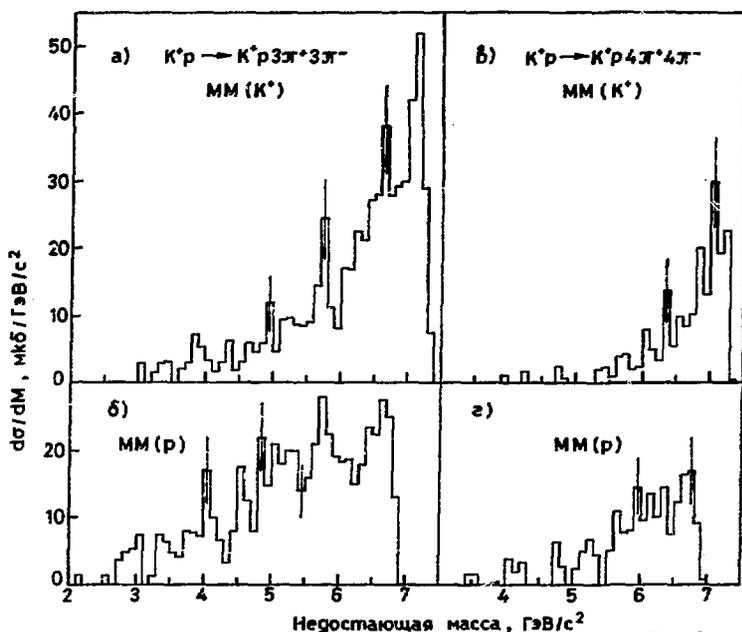


Рис. 8

Рис. 8. Спектры недостающих масс к K^+ -язоку (а, в) и протону (б, г) в реакциях (1) и (2) при 32 ГэВ/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blobel V. et al. Nucl. Phys., B88, 18 (1975).
2. Ажиненко И.В. и др. ЯФ, 34, 1482 (1981).
3. Givernaud A. et al. Nucl. Phys., B160, 445 (1979).
4. Jabiol M.A. et al. Nucl. Phys., B183, 330 (1981).
5. Ajinenko I.V. et al. Nucl. Phys., B135, 365 (1978).
6. E.A.De Wolf et al. Phys. Rev., D19, 1336 (1979).
7. Givernaud A. et al. Nucl. Phys., B153, 280 (1979).
8. Lewin C. et al. Z.Physik C3, 275 (1980).
9. Ажиненко И.В. и др. ЯФ, 32, 1305 (1980).
10. Ажиненко И.В. и др. ЯФ, 34, 1051 (1981).
11. Givernaud A. et al. Z.Physik C8, 291 (1981).
12. Ажиненко И.В. и др. ЯФ, 35, 938 (1982).
13. Andersson B. et al. Nucl. Phys., B178, 242 (1981).
14. Granet P. et al. Nucl. Phys., B140, 389 (1978).
15. Bricsman C. et al. Particle Data Group, Rev. Mod. Phys., 52 (1980).

Рукопись поступила в издательскую группу
20 июля 1982 года.

И.В.Аживенко и др.

Общие характеристики многочастичных реакций $K^+p \rightarrow K^+p3\pi^+3\pi^-$
и $K^+p \rightarrow K^+p4\pi^+4\pi^-$ при 32 ГэВ/с.

Редактор В.В.Герштейн. Технический редактор Л.П.Тимкина.
Корректор Т.Д.Галкина.

Подписано к печати 24.08.82. Т-14169. Формат 70x100/16.
Офсетная печать. Индекс 3624. Цена 14 коп.
Заказ 1880. 0,9 уч.-изд.л. Тираж 230.

Институт физики высоких энергий, 142284, Серпухов,
Московской обл.