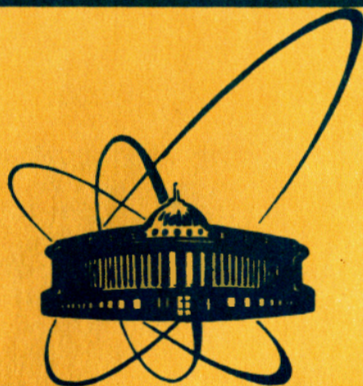


83-327



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

4213/83

15/8-83

P1-83-327

СВОЙСТВА  $pC$ -И  $pTa$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
ПРИ  $Pp = 10$  ГэВ/с,  
СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ИСПУСКАНИЕМ  
КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ И  $\pi$  - МЕЗОНОВ

1983

Д. Армутлийски, Н. Ахабабян, А. М. Балдин, Е. Бартке, Е. Богданович,  
А. П. Гаспарян, В. Г. Гришин, Л. И. Журавлева, И. А. Ивановская,  
Т. Канарек, Е. Н. Кладницкая, М. Ковальски, Д. К. Копылова,  
В. Б. Любимов, В. Ф. Никитина, М. И. Соловьев, А. П. Чеплаков  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Г. Н. Агакишиев, Р. Р. Мехтиев  
Институт физики АН АзССР, Баку

Н. С. Григалашвили, З. В. Метревели  
Научно-исследовательский институт физики высоких энергий ТГУ,  
Тбилиси

Л. А. Диденко, В. М. Попова, А. Н. Соломин, Г. П. Тонеева, Л. М. Щеглова  
НИИЯФ МГУ, Москва



© Объединенный институт ядерных исследований Дубна, 1983.

## §1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема понимания кумулятивных процессов, т.е. процессов, сопровождающихся испусканием кумулятивных адронов, в последние годы отмечена растущим объемом как теоретических, так и экспериментальных исследований /см., например, обзоры<sup>/1+7/</sup> /. К настоящему моменту создалась ситуация, когда достаточно полно изучены инклюзивные спектры кумулятивных частиц, образующихся, например, в адрон-ядерных взаимодействиях, с одной стороны, и имеется большое количество данных о характеристиках множественных процессов вообще - с другой. Как правило, эти исследования проводятся независимо друг от друга. Ясно, что они связаны между собой и информация об этой связи должна прояснять картину кумулятивных взаимодействий в целом. Имеющиеся данные о корреляционных связях между такими процессами относятся в основном к случаю рождения кумулятивных нуклонов<sup>/8+12/</sup>.

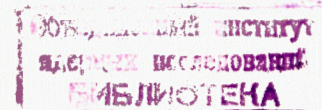
Информация о корреляционных связях в процессах с рождением кумулятивных нуклонов и  $\pi$ -мезонов получена нами при исследовании  $\pi^-$   $^{12}\text{C}$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с в двухметровой пропановой камере Лаборатории высоких энергий ОИЯИ<sup>/13,14/</sup>.

В настоящей работе обсуждаются первые результаты исследования кумулятивных рС- и рТа-взаимодействий при  $P_p = 10$  ГэВ/с, проведенного при помощи этой же камеры, но содержащей тонкие мишени из тантала\*. Это позволило практически в одинаковых условиях изучить свойства рС- и рТа-столкновений, сопровождающихся рождением кумулятивных адронов /протонов и  $\pi$ -мезонов/.

## §2. ОТБОР СОБЫТИЙ, СЕЧЕНИЯ

Для решения поставленной задачи на стереоснимках с двухметровой пропановой камеры, облученной на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ пучком протонов с импульсом 10 ГэВ/с, проводился специальный просмотр с целью поиска кумулятивных рС- и рТа-взаимодействий. Для этого в эффективном объеме камеры просматривались все взаимодействия первичных протонов в пропане и пластинках из тантала и регистрировались события, имеющие следы заряженных частиц, испущенных под углами, большими  $135^\circ$  по отношению к направлению движения первичного протона. Кроме этого, дополнительно требо-

\*Характеристики этих мишеней, а также некоторые методические вопросы /выбор эффективной области, точности и пр./, связанные с обработкой событий в этой серии облучений камеры, можно найти в работе<sup>/15/</sup>.



валось, чтобы длина этих следов в случае останавливающихся в эффективном объеме камеры протонов превышала 9 см, а в случае следов быстрых частиц необходимо было, чтобы их импульс, определенный по шаблону, превышал значение  $P = 200$  МэВ/с. Всего было просмотрено  $\approx 60000$  фотографий с эффективностью, определенной по части материала, просмотренного дважды, близкой к единице.

После измерений для дальнейшего анализа отбирались события, сопровождающиеся испусканием в интервал т.н. "азимутальных" углов\*  $\psi$  от 3,82 до 5,60 рад хотя бы одного протона с пробегом  $R > 9$  см /  $P > 380$  МэВ/с/ или  $\pi$ -мезона с импульсом  $P > 200$  МэВ/с. При этом дополнительно требовалось, чтобы значения "глубинных" углов\* для следов этих частиц /"триггерных" частиц/ удовлетворяли условию  $|\text{tg}\alpha| < 1,0$ . Фактически это был отбор рС- и рТа-взаимодействий, сопровождающихся испусканием в интервал углов  $\theta \geq 135^\circ$  в л.с.к. хотя бы одного протона с кумулятивным числом  $\beta \geq 1,3$  или хотя бы одного  $\pi$ -мезона с  $\beta \geq 0,4$ , где  $\beta = (E - P \cos \theta) / m_N$  /  $E$  - полная энергия рассматриваемой частицы в л.с.к.,  $P$  - ее импульс в л.с.к.,  $m_N$  - масса нуклона/. Обозначим эти взаимодействия следующим образом:

$pC \rightarrow \bar{p} + \dots$	1/1'
$pTa \rightarrow \bar{p} + \dots$	1/1''
$pC \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	1/2'
$pTa \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	1/2''

Число отобранных событий приведено в табл.1. В четвертой колонке этой таблицы даны значения вероятностей отобранных взаимодействий, а в 5-й - соответствующие сечения, полученные с использованием данных работы /16/. Вероятности были определены на основе результатов просмотра и измерений на части имеющихся снимков всех взаимодействий первичного протона в пропане и тантале /954 и 1686 событий соответственно/.

На основе табл.1 при сравнении числа отобранных событий на углероде и тантале можно получить оценку параметра  $n$  в  $A$ -зависимости сечений ( $\sigma$ ) для взаимодействий рассматриваемого типа в выражении вида  $n = (\ln \sigma_1 / \sigma_2) / (\ln A_1 / A_2)$ . Она оказалась равной:  $n = 1,44^{+0,04}_{-0,03}$  для рА-столкновений, сопровождающихся испусканием кумулятивных протонов, и  $n = 1,13^{+0,03}_{-0,06}$  для столкновений с рождением  $\pi$ -мезонов с кумулятивным числом  $\beta \geq 0,4$ . Значение  $n \geq 1$  /усиленные или аномальные  $A$ -зависимости/ согласуется с данными, полученными при исследовании инклюзивных спектров

\*"Азимутальные" углы  $\psi$  отсчитываются от направления оси  $X$  в плоскости  $XU$  камеры, "глубинные" углы - от следа до его проекции в плоскости  $XU$ .

ров кумулятивных протонов и  $\pi$ -мезонов, образующихся в адрон-ядерных взаимодействиях /17,18/.

Таблица 1

Тип взаимодействия	Число событий	Число "триггерных" частиц	Процент ко всем взаимодействиям	Сечения /мб/
$pC \rightarrow \bar{p} + \dots$	323	325	$0,9 \pm 0,5$	$2,2 \pm 1,2$
$pC \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	134	135	$0,9 \pm 0,5$	$2,2 \pm 1,2$
$pTa \rightarrow \bar{p} + \dots$	174	190	$10,0 \pm 0,9$	$163,3 \pm 14,7$
$pTa \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	32	33	$3,5 \pm 0,6$	$57,1 \pm 9,8$

Таблица 2. Характеристики  $\pi^+$ -мезонов

Тип взаимодействия	$\bar{p}$ (ГэВ/с)	$\bar{\theta}$ (град)	$\bar{y}$	$\bar{n}$
$pC \rightarrow \bar{p} + \dots$	$0,43 \pm 0,01$ ( $0,98 \pm 0,03$ )	$47,1 \pm 1,9$ ( $0,99 \pm 0,05$ )	$0,84 \pm 0,04$ ( $0,98 \pm 0,05$ )	$0,90 \pm 0,05$ ( $0,80 \pm 0,05$ )
$pC \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$0,42 \pm 0,02$ ( $0,95 \pm 0,05$ )	$49,6 \pm 3,3$ ( $1,04 \pm 0,07$ )	$0,82 \pm 0,06$ ( $0,95 \pm 0,08$ )	$1,45 \pm 0,09$ ( $1,28 \pm 0,09$ )
$pTa \rightarrow \bar{p} + \dots$	$0,39 \pm 0,02$ ( $0,95 \pm 0,05$ )	$51,0 \pm 2,0$ ( $0,99 \pm 0,04$ )	$0,71 \pm 0,04$ ( $0,96 \pm 0,05$ )	$1,40 \pm 0,09$ ( $1,02 \pm 0,07$ )
$pTa \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$0,39 \pm 0,04$ ( $0,95 \pm 0,10$ )	$45,3 \pm 4,1$ ( $0,88 \pm 0,08$ )	$0,78 \pm 0,09$ ( $1,06 \pm 0,12$ )	$1,94 \pm 0,18$ ( $1,42 \pm 0,13$ )

Таблица 3. Характеристики  $\pi^-$ -мезонов

Тип взаимодействия	$\bar{p}$ (ГэВ/с)	$\bar{\theta}$ (град)	$\bar{y}$	$\bar{n}$
$pC \rightarrow \bar{p} + \dots$	$0,88 \pm 0,04$ ( $1,02 \pm 0,06$ )	$38,5 \pm 1,7$ ( $1,01 \pm 0,06$ )	$1,23 \pm 0,05$ ( $1,01 \pm 0,05$ )	$1,21 \pm 0,05$ ( $0,99 \pm 0,05$ )
$pC \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$0,80 \pm 0,05$ ( $0,92 \pm 0,07$ )	$39,8 \pm 2,9$ ( $1,05 \pm 0,08$ )	$1,20 \pm 0,07$ ( $0,98 \pm 0,06$ )	$1,59 \pm 0,09$ ( $1,30 \pm 0,08$ )
$pTa \rightarrow \bar{p} + \dots$	$0,51 \pm 0,03$ ( $0,82 \pm 0,05$ )	$50,3 \pm 2,1$ ( $1,06 \pm 0,05$ )	$0,78 \pm 0,04$ ( $0,85 \pm 0,05$ )	$1,62 \pm 0,08$ ( $1,10 \pm 0,06$ )
$pTa \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$0,74 \pm 0,10$ ( $1,19 \pm 0,16$ )	$45,5 \pm 5,3$ ( $0,96 \pm 0,11$ )	$1,0 \pm 0,1$ ( $1,10 \pm 0,11$ )	$1,8 \pm 0,2$ ( $0,99 \pm 0,11$ )

### §3. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Рассмотрены общие характеристики всех вторичных заряженных частиц в отобранных взаимодействиях, а именно: средний импульс в л.с.к. ( $\bar{P}$ ), средний угол испускания в л.с.к. ( $\bar{\theta}$ ), средняя скорость в л.с.к. ( $\bar{v}$ ) и средняя множественность ( $\bar{n}$ ). Результаты для  $\pi^+$ -мезонов,  $\pi^-$ -мезонов, протонов и положительных частиц с импульсом  $P > 1,0$  ГэВ/с приведены соответственно в табл.2÷5. В скобках даны значения отношений рассматриваемых величин в со-

Таблица 4. Характеристики протонов

Тип взаимодействия	$\bar{P}$ (ГэВ/с)	$\bar{\theta}$ (град)	$\bar{n}$
$pC \rightarrow \bar{p} + \dots$	$0,40 \pm 0,01$ ( $1,05 \pm 0,03$ )	$0,58 \pm 1,3$ ( $0,86 \pm 0,02$ )	$3,12 \pm 0,09$ ( $1,57 \pm 0,07$ )
$pC \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$0,43 \pm 0,01$ ( $1,14 \pm 0,04$ )	$57,9 \pm 2,0$ ( $0,85 \pm 0,03$ )	$1,96 \pm 0,13$ ( $0,98 \pm 0,07$ )
$pTa \rightarrow \bar{p} + \dots$	$0,43 \pm 0,01$ ( $1,03 \pm 0,02$ )	$66,5 \pm 1,2$ ( $0,98 \pm 0,02$ )	$7,6 \pm 0,3$ ( $1,53 \pm 0,07$ )
$pTa \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$0,43 \pm 0,02$ ( $1,04 \pm 0,04$ )	$65,2 \pm 2,9$ ( $0,97 \pm 0,04$ )	$4,7 \pm 0,6$ ( $0,95 \pm 0,11$ )

Таблица 5. Характеристики положительных частиц с  $P > 1,0$  ГэВ/с\*

Тип взаимодействия	$\bar{P}$ (ГэВ/с)	$\bar{\theta}$ (град)	$\bar{v}$	$\bar{n}$
$pC \rightarrow \bar{p} + \dots$	$1,84 \pm 0,07$ ( $0,99 \pm 0,04$ )	$20,3 \pm 1,6$ ( $1,08 \pm 0,09$ )	$1,19 \pm 0,04$ ( $0,99 \pm 0,04$ )	$1,03 \pm 0,10$ ( $0,84 \pm 0,09$ )
$pC \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$1,86 \pm 0,06$ ( $1,00 \pm 0,04$ )	$19,0 \pm 1,8$ ( $1,02 \pm 0,10$ )	$1,19 \pm 0,04$ ( $0,98 \pm 0,04$ )	$1,19 \pm 0,04$ ( $0,97 \pm 0,12$ )
$pTa \rightarrow \bar{p} + \dots$	$1,55 \pm 0,07$ ( $0,91 \pm 0,09$ )	$31,7 \pm 1,3$ ( $1,15 \pm 0,05$ )	$0,91 \pm 0,04$ ( $0,90 \pm 0,04$ )	$1,59 \pm 0,17$ ( $1,07 \pm 0,12$ )
$pTa \rightarrow \bar{\pi} + \dots$	$1,35 \pm 0,08$ ( $0,79 \pm 0,09$ )	$31,7 \pm 3,5$ ( $1,15 \pm 0,13$ )	$0,86 \pm 0,06$ ( $0,85 \pm 0,06$ )	$0,97 \pm 0,23$ ( $0,65 \pm 0,16$ )

\*Приведенные результаты относятся к положительным частицам, из которых исключены лидирующие адроны /адроны с максимальным импульсом среди всех положительных частиц в событии, имеющие  $x = P^* / P^*_{\max} > 0,2$  /.

Таблица 6. Отношения ( $\eta$ ) средних характеристик вторичных частиц во взаимодействиях типа /1/ к соответствующим характеристикам во взаимодействиях типа /2/

Тип взаимодействия	Вторичные частицы	Значения $\eta$			
		$\bar{P}$	$\bar{\theta}$	$\bar{v}$	$\bar{n}$
pC	$\pi^-$	$1,10 \pm 0,08$	$0,97 \pm 0,08$	$1,02 \pm 0,07$	$0,76 \pm 0,05$
	$\pi^+$	$1,02 \pm 0,05$	$0,95 \pm 0,07$	$1,02 \pm 0,09$	$0,62 \pm 0,05$
	" + "	$1,03 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,08$	$1,06 \pm 0,04$	$0,90 \pm 0,05$
	p	$0,92 \pm 0,03$	$1,01 \pm 0,04$	-	$1,59 \pm 0,11$
pTa	$\pi^-$	$0,69 \pm 0,10$	$1,10 \pm 0,14$	$0,78 \pm 0,09$	$0,90 \pm 0,11$
	$\pi^+$	$1,00 \pm 0,11$	$1,13 \pm 0,11$	$0,91 \pm 0,12$	$0,72 \pm 0,08$
	" + "	$1,07 \pm 0,05$	$1,02 \pm 0,12$	$1,01 \pm 0,07$	$1,30 \pm 0,22$
	p	$1,00 \pm 0,04$	$1,02 \pm 0,05$	-	$1,61 \pm 0,20$

бытиях типа /1/ и /2/ к соответствующим для всех pC- и pTa-взаимодействий. Из табл.2÷5 видно, что в сравнении с обычными взаимодействиями в событиях типа /1/ наблюдается большая множественность протонов, а в событиях типа /2/ большая множественность  $\pi^-$ -мезонов. Характеристики вторичных частиц по другим параметрам ( $\bar{P}, \bar{\theta}, \bar{v}$ ) оказываются похожими на соответствующие во всех pC- и pTa-взаимодействиях и совпадают в событиях обоих типов //1/ и //2//. В качестве иллюстрации в табл.6 приведены отношения рассмотренных характеристик вторичных частиц в событиях типа /1/ к соответствующим в событиях типа /2/. Видно, что все значения этих отношений близки к единице, кроме результатов, относящихся к множественности  $\pi^-$ -мезонов и протонов.

Обращают на себя внимание характеристики быстрых положительных частиц с  $P > 1,0$  ГэВ/с.

По данным табл.5 для этих частиц не наблюдается четких отличий при сравнении с такими же частицами в обычных взаимодействиях и в кумулятивных взаимодействиях разных типов /типа /1/ и типа /2/ - см. табл.6/. Возможно, это связано с тем, что имеющиеся среди положительных частиц протоны и  $\pi^-$ -мезоны компенсируют эффект отмеченных выше корреляций по множественности. Не исключено и альтернативное предположение об отсутствии корреляций процессов испускания кумулятивных адронов со свойствами быстрых положительных частиц вне зависимости от их природы.

Отметим, что по характеристикам всех рассмотренных вторичных частиц взаимодействия на углероде отличаются от взаимодействий на тантале. Скорее всего, это отличие связано со вторичными взаимодействиями частиц, образовавшихся в первичном акте столкновения как внутри ядра тантала, с которым произошло столкновение, так и в других ядрах танталовой мишени.

§4. ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ pC- и pTa-ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОТ ЗНАЧЕНИЯ КУМУЛЯТИВНОГО ЧИСЛА "ТРИГГЕРНЫХ" ЧАСТИЦ

Рассмотрены характеристики вторичных  $\pi^+$ -мезонов,  $\pi^-$ -мезонов, протонов и положительных частиц с  $P > 1,0$  ГэВ/с, образовавшихся в pC- и pTa-взаимодействиях, в зависимости от значения кумулятивного числа  $\beta$  "триггерной" частицы /протона во взаимодействии типа /1/ и  $\pi$ -мезона во взаимодействии типа /2//. Отдельно рассмотрены свойства лидирующих адронов, которые выделялись среди положительных вторичных частиц по двум признакам:

а/ лидирующий адрон должен иметь наибольший импульс среди всех положительных частиц в данном событии;

б/ для этого адрона значение  $x = P_{||}^*/P_{max}$ , вычисленное в системе центра инерции нуклон-нуклонного столкновения в предположении, что он является протоном, должно быть:  $x > 0,2$ . Зависимость характеристик указанных частиц ( $\bar{P}, \bar{\theta}, \bar{y}$  и  $\bar{\pi}$ ) от кумулятивного числа  $\beta$  "триггерной" частицы приведена на рис.1÷5. Как видно из рисунков, в пределах имеющейся статистической точности не наблюдается зависимости этих характеристик от значения кумулятивного числа  $\beta$  адронов, испущенных под углами  $\theta \geq 135^\circ$ .

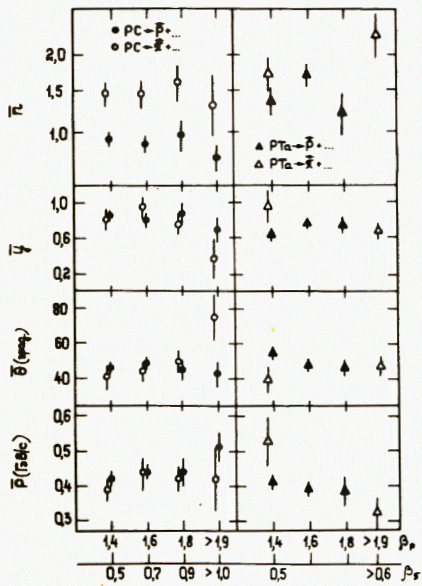


Рис.2. То же, что и на рис.1, но для  $\pi^-$ -мезонов.

Рис.1. Характеристики  $\pi^+$ -мезонов, образованных в pC- и pTa-взаимодействиях, в зависимости от кумулятивного числа "триггерной" частицы /обозначения на рисунке/.

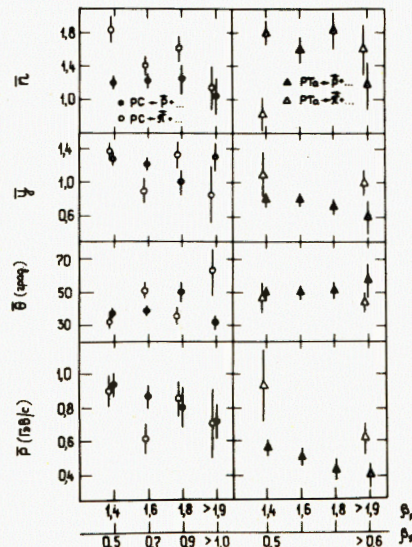


Рис.3. То же, что и на рис.1, но для протонов.

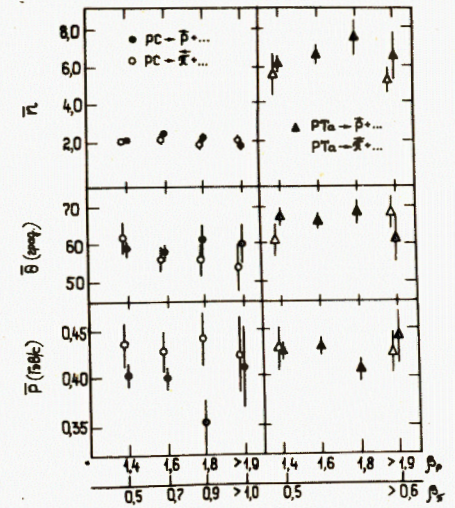


Рис.4. То же, что и на рис.1, но для положительных частиц с импульсом  $P > 1,0$  ГэВ/с.

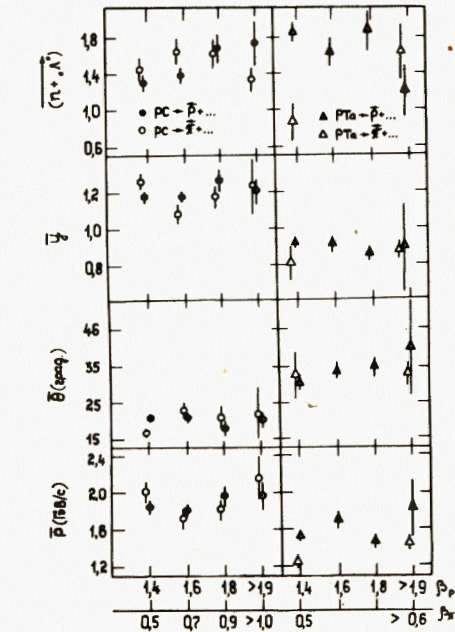
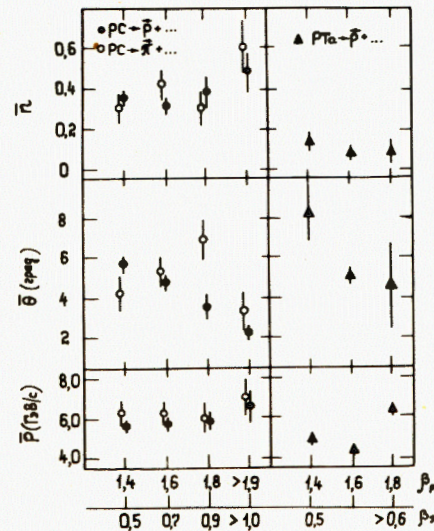


Рис.5. То же, что и на рис.1, но для лидирующих положительных частиц.

## §5. ИНКЛЮЗИВНЫЕ СПЕКТРЫ "ТРИГГЕРНЫХ ЧАСТИЦ"

Инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятивных протонов и  $\pi$ -мезонов в зависимости от переменной  $Q = \beta - V$  /  $\beta$  - кумулятивное число рассматриваемого адрона,  $V$  - его барионное число / показаны на рис.6 и 7 соответственно для pC- и pTa-взаимодействий. Видно, что в этих переменных наблюдается приблизительное совпадение распределений для протонов и  $\pi$ -мезонов. При аппроксимации данных для протонов зависимостью вида  $\sim \exp(-AQ)$  для параметров  $A$  получаются значения

$$A(pC \rightarrow \bar{p} + \dots) = 8,9 \pm 0,6 / \chi^2 / \text{ст.св.} = 1,3/,$$

$$A(pTa \rightarrow \bar{p} + \dots) = 8,3 \pm 0,7 / \chi^2 / \text{ст.св.} = 0,8/.$$

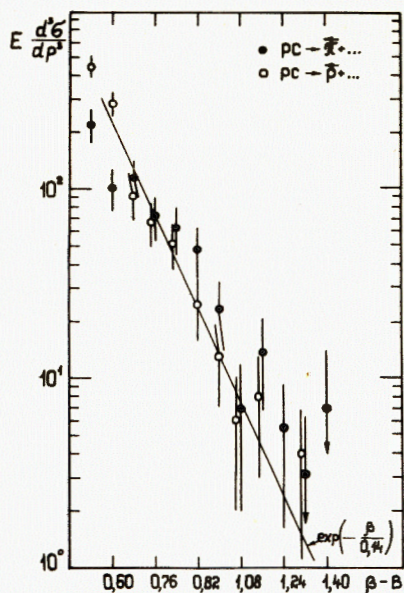
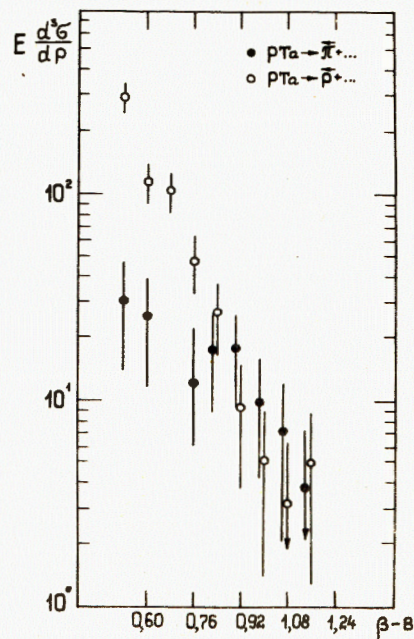


Рис.6. Инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятивных протонов и  $\pi$ -мезонов /относительные единицы/ в pC-взаимодействиях в зависимости от переменной  $Q = \beta - V$ .

Рис.7. То же, что и на рис.6, но для pTa-взаимодействий.



Значения этих параметров в пределах ошибок совпадают с универсальным наклоном ( $A = \frac{1}{\langle \beta^0 \rangle} = \frac{1}{0,14} = 7,1$ ), характеризующим спектры

кумулятивных адронов в широком диапазоне первичных энергий /18/. Для иллюстрации этого факта на рис.6 показана экспонента с универсальной константой  $\langle \beta^0 \rangle = 0,14$ .

Отметим также, что инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятивных протонов в зависимости от квадрата их импульса также имеют экспоненциальный вид ( $\sim \exp(-V_{\text{яд}} P^2)$ ) с параметрами наклона  $V_C = /15,3 \pm 1,1/ / \text{ГэВ/с} /^{-2}$  ( $\chi^2 / \text{ст.св.} = 1,6$ ) для pC-взаимодействий и  $V_{Ta} = /15,3 \pm 1,5/ / \text{ГэВ/с} /^{-2}$  ( $\chi^2 / \text{ст.св.} = 0,8$ ) для pTa-столкновений.

## §6. ОБСУЖДЕНИЕ. ВЫВОДЫ

Рассмотрены общие характеристики pC- и pTa-взаимодействий при  $P_p = 10$  ГэВ/с, сопровождающихся испусканием в интервал углов  $\theta \geq 135^\circ$  по крайней мере одного протона с кумулятивным числом  $\beta \geq 1,3$  /события типа /1// или  $\pi$ -мезона с  $\beta \geq 0,4$  /события типа /2//. Оказалось, что взаимодействия с испусканием кумулятивных протонов сопровождаются, как правило, повышенной множественностью всех протонов, события с кумулятивными  $\pi$ -мезонами имеют повышенную множественность  $\pi$ -мезонов всех знаков. Указания на такой характер корреляционных связей были получены в наших работах по изучению  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий при  $P_\pi = 40$  ГэВ/с<sup>13,14/</sup>. Для случая образования кумулятивных протонов аналогичные данные имеются для пион-ядерных взаимодействий при  $P_\pi = 3,7; 9; 6,0$  ГэВ/с<sup>18+11/</sup>, а также для взаимодействий нейтрино с ядром<sup>19/</sup>.

В табл.7 проведено сравнение полученных данных для pC-взаимодействий, сопровождающихся испусканием  $\pi$ -мезонов под углами  $\theta \geq 135^\circ$ , с имеющимися результатами для  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий при  $P_\pi = 40$  ГэВ/с<sup>20/</sup>. В таблице даны значения отношений средних множественностей  $\pi^+$ -мезонов ( $R(\bar{\pi})_{\pi^+}$ ),  $\pi^-$ -мезонов ( $R(\bar{\pi})_{\pi^-}$ ), протонов, испущенных в заднюю полусферу ( $R(\bar{\pi})_{p_b}$ ), "быстрых" протонов с импульсом  $P > 0,3$  ГэВ/с ( $R(\bar{\pi})_{p_s}$ ), а также отношения средних импульсов  $\pi^+$ -мезонов ( $R(\bar{p})_{\pi^+}$ ) и  $\pi^-$ -мезонов ( $R(\bar{p})_{\pi^-}$ ) в событиях с кумулятивными  $\pi$ -мезонами к соответствующим характеристикам во всех  $p^{12}\text{C}$ - и  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях. Наблюдается по крайней мере качественное согласие данных, относящихся к адрон-ядерным взаимодействиям, различающимся по значениям инвариантных удельных энергий  $\epsilon = \frac{(P_I \cdot P_{II})}{m_I \cdot m_{II}} = \frac{E^0}{m_0}$  в  $\sim 29$  раз.

Здесь  $P_I$  и  $P_{II}$  - четырехмерные импульсы сталкивающихся частиц,  $E^0$  - полная энергия налетающего адрона,  $m_0$  - атомная единица массы /см. по этому поводу<sup>21/</sup>.

Таблица 7

Отношение	Тип взаимодействия	
	$pC$	$\pi^-C$
$R(\bar{n})\pi^+$	$1,28 \pm 0,09$	$1,23 \pm 0,02$
$R(\bar{n})\pi^-$	$1,30 \pm 0,08$	$1,15 \pm 0,02$
$R(\bar{n})pb$	$1,00 \pm 0,16$	$1,07 \pm 0,06$
$R(\bar{n})ps$	$1,22 \pm 0,09$	$1,23 \pm 0,05$
$R(\bar{p})\pi^+$	$0,95 \pm 0,05$	$0,83 \pm 0,02$
$R(\bar{p})\pi^-$	$0,93 \pm 0,07$	$0,83 \pm 0,02$

Характеристики всех рассмотренных вторичных частиц /кроме множественности/ совпадают для столкновений типа /1/ и типа /2/. В пределах имеющейся статистической точности нет зависимости этих характеристик от значения кумулятивного числа как протонов, так и  $\pi$ -мезонов, испущенных под углами  $\theta \geq 135^\circ$ . Такие же выводы получены нами при исследовании  $\pi^{-12}C$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с<sup>14,22/</sup>.

Получено подтверждение универсального характера зависимости инвариантных инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов и  $\pi^-$ -мезонов от переменной  $Q = \beta - V$  /здесь  $\beta$  - кумулятивное число рассматриваемого адрона,  $V$  - его барионное число/. Эти зависимости имеют экспоненциальный вид с универсальной константой, характеризующей наклон экспонент  $\langle \beta^0 \rangle = 0,14$ . Зависимость инвариантных инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов от квадрата их импульса также имеет экспоненциальный вид с параметром наклона при аппроксимации выражением  $\sim \exp(V_{яд} P^2)$ , равным  $V_{яд} \approx 15$  /ГэВ/с<sup>-2</sup> как для  $pC$ -, так и для  $pTa$ -взаимодействий. Значение этого параметра совпадает в пределах ошибок с полученными результатами для  $\pi^{-12}C$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с<sup>23/</sup> и близко к имеющимся данным для фрагментации ядра углерода на протоны в  $pC$ -,  $\pi C$ - и  $\gamma C$ -столкновениях<sup>3,4/</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. ЭЧАЯ, 1977, т.8, вып.3, с.429.
2. Ставинский В.С. ЭЧАЯ, 1979, т.10, вып.5, с.949.
3. Лексин Г.А. V Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978. ОИЯИ, Д1,2-12036, Дубна, 1979, с.274.

4. Егиян К.Ш. ЕрФИ-481/24/-81, Ереван, 1981.
5. Лукьянов В.К., Титов А.И. ЭЧАЯ, 1979, т.10, вып.4, с.815.
6. Ефремов А.В. ЭЧАЯ, 1982, т.13, вып.3, с.613.
7. Стрикман М.И., Франкфурт Л.Л. ЭЧАЯ, 1980, т.11, с.571.
8. Арефьев А.В. и др. ЯФ, 1978, т.27, вып.3, с.716; ЯФ, 1978, т.28, вып.6, с.1534.
9. Горнов М.Г. и др. ЯФ, 1977, т.25, вып.3, с.606; Письма в ЖЭТФ, 1978, т.28, вып.10, с.660.
10. Воробьев И.И. и др. Письма в ЖЭТФ, 1977, т.26, вып.2, с.113.
11. Баяков Ю.Д. и др. ЯФ, 1981, т.34, вып.6, с.1511.
12. Темников П.П. и др. ОИЯИ, Р1-12684, Дубна, 1979.
13. Аношин А.И. и др. ЯФ, 1982, т.36, вып.2, с.409.
14. Любимов В.Б. и др. ОИЯИ, Р1-82-363, Дубна, 1982.
15. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, 1-12424, Дубна, 1979.
16. Бобченко Б.М. и др. ИТЭФ-15, М., 1979.
17. Балдин А.М. ОИЯИ, Е1-82-572, Дубна, 1982.
18. Ефременко В.И. и др. ЯФ, 1983, т.37, вып.1, с.118.
19. Verge J.P. et al. Phys.Rev.D., 1980, vol.18, p.1367; Efremenko V.I. et al. Phys.Rev.D., 1980, vol.22, p.258; Иванилов А.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, т.30, с.390.
20. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1979, т.29, вып.5, с.1227.
21. Аношин А.И. и др. ЯФ, 1982, т.36, вып.3, с.685.
22. Аношин А.И. и др. ОИЯИ, 1-81-214, Дубна, 1981.
23. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1979, т.30, вып.2, с.400.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 мая 1983 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Агакишиев Г.Н. и др. P1-83-327  
Свойства pC- и pTa-взаимодействий при  $P_p = 10$  ГэВ/с, сопровождающихся испусканием кумулятивных протонов и  $\pi$ -мезонов

С целью изучения корреляционных явлений в процессах кумулятивного типа рассмотрены общие характеристики pC- и pTa-взаимодействий при  $P_p = 10$  ГэВ/с, сопровождающихся испусканием в интервал углов  $\theta \geq 135^\circ$  кумулятивных протонов и  $\pi$ -мезонов, и проведено сравнение с соответствующими результатами для всех pC- и pTa-взаимодействий. Работа выполнена на снимках с 2-метровой пропановой камеры. Получены данные о сечениях рассматриваемых взаимодействий, о зависимости их свойств от значения кумулятивного числа адрона, испущенного под углом  $\theta \geq 135^\circ$ , проанализированы зависимости инвариантных инклюзивных сечений образования этих адронов от значения их кумулятивного числа. В пределах имеющейся статистической точности не обнаружено зависимости рассмотренных характеристик от значения кумулятивного числа как протонов, так и  $\pi$ -мезонов. Взаимодействия с кумулятивным протоном сопровождаются повышенной множественностью протонов, взаимодействия с кумулятивными  $\pi$ -мезонами - повышенной множественностью  $\pi$ -мезонов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Agakishiev G.N. et al. P1-83-327  
Properties of pC- and pTa Interactions at  $P_p = 10$  GeV/c  
Accompanied by the Emission of Cumulative Protons and  $\pi$ -Mesons

In order to study correlative phenomena in the processes of cumulative type general characteristics of pC and pTa interactions are considered at  $P_p = 10$  GeV/c accompanied by cumulative proton and  $\pi$ -meson emission within the  $\theta \geq 135^\circ$  angle range. The comparison with relevant results for all pC and pTa interactions is made. The investigation was performed on the basis of photographs from the two-meter propane chamber. The data on cross sections of the interactions considered, on the dependence of their properties upon the value of cumulative number of the hadron emitted at  $\theta \geq 135^\circ$  angle are obtained, the dependences of invariant inclusive production cross sections of these hadrons on their cumulative number are analysed. Within the limits of the statistical accuracy available no dependence of the considered characteristics on the value of cumulative number both of protons and mesons has been discovered. Interactions with the cumulative proton are accompanied with the increased proton multiplicity, and those with cumulative  $\pi$ -mesons - with increased multiplicity of  $\pi$ -mesons.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.