

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



26/11-79

P1 - 11951

A-646

Н.Ангелов, А.И.Аношин, В.Г.Гришин, В.Б.Любимов,
М.И.Соловьев, М.К.Сулейманов, Д.Тувдендорж

753/2-79

АНАЛИЗ $\pi^{-12}\text{C}$ И $\pi^{-\text{p}}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
С ИСПУСКАНИЕМ АДРОНОВ В ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРУ
В ЛАБОРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ
ПРИ $P_0 = 40$ ГЭВ/С

1978

P1 - 11951

И. Ангелов, А.И.Аношин,¹ В.Г.Гришин, В.Б.Любимов,
М.И.Соловьев, М.К.Судейманов,² Д.Тувлендорж

АНАЛИЗ $\pi^{-1}2\pi$ И $\pi^{-}p$ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
С ИСПУСКАНИЕМ АДРОНОВ В ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРУ
В ЛАБОРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ
ПРИ $P_0 = 40$ ГЭВ С

Направлено в ЯФ

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики
МГУ.

² Институт физики АН АзССР, Баку.

Ангелов Н. и др.

P1 - 11951

Анализ $\pi^{-12}\text{C}$ и $\pi^{-}\text{p}$ -взаимодействий с испусканием адронов в заднюю полусферу в лабораторной системе координат при $P_0 = 40 \text{ ГэВ/с}$

При помощи снимков с 2-метровой пропановой камеры изучались $\pi^{-12}\text{C}$ и $\pi^{-}\text{p}$ -взаимодействия при $P_0 = 40 \text{ ГэВ/с}$, сопровождающиеся испусканием заряженных частиц в заднюю полусферу в лабораторной системе координат. Определена вероятность осуществления этих событий. Получены средние характеристики частиц разного сорта в этих взаимодействиях, а также угловые и импульсные распределения π^{\pm} -мезонов, испущенных в заднюю полусферу.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1978

Angelov N. et al.

P1 - 11951

Analysis of $\pi^{-12}\text{C}$, $\pi^{-}\text{p}$ -Interactions with Hadron Emission to the Back Hemisphere in L.C.S. at $P_0 = 40 \text{ GeV/c}$

By means of photographs, taken in the 2 m propane chamber, $\pi^{-12}\text{C}$, $\pi^{-}\text{p}$ -interactions were studied at $P_0 = 40 \text{ GeV/c}$ which are accompanied with the emission of charged particles to the back hemisphere in L.C.S. The probability for such event realization was determined. Average characteristics of various particles in these interactions, and angular and momentum distributions of π^{\pm} -mesons emitted to the back hemisphere were obtained.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubno 1978

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение адрон-ядерных взаимодействий, сопровождающихся испусканием адронов в заднюю полусферу /ЗП/ в л.с.к. - это, прежде всего, анализ явлений, связанных с фрагментацией ядра мишени, поэтому может дать существенную информацию о свойствах ядерной материи. К настоящему моменту проявилось достаточно много экспериментальных работ^{/1/}, в которых широко обсуждаются явления кумулятивного образования адронов^{/2/}, эффекты масштабной инвариантности^{/3/}, проблемы предельной фрагментации ядра мишени^{/4/} и др. Однако в этих работах, как правило, отсутствует информация об особенностях взаимодействия в целом.

В настоящей работе при помощи снимков с 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ, облученной π^{-} -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ /г. Серпухов/, изучались $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействия, сопровождающиеся испусканием заряженных частиц в ЗП /события "ЗП"/. Полученная информация о множественностях и импульсах различных частиц сравнивается с соответствующими данными для $\pi^{-}\text{p}$ -взаимодействий и с характеристиками для всех $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий при той же энергии первичного π^{-} -мезона.

События "ЗП" были выделены из общего числа 4931 $\pi^{-12}\text{C}$ - и 12178 $\pi^{-}\text{p}$ -взаимодействий, отобранных по стандартным критериям, принятым для пропановой пузырьковой камеры^{/5/}. Сюда не вошли взаимодействия π^{-} -мезона на квазисвободных нуклонах ядра углерода, а также упругие $\pi^{-}\text{p}$ -взаимодействия. Отобранные нами $\pi^{-12}\text{C}$ взаимодействия соответствуют сечению $87,6 \text{ мб}$, $\pi^{-}\text{p}$ -взаимодействия $21,4 \text{ мб}$.

§ 2. РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные экспериментальные результаты приведены в таблицах 1-5 и показаны на рис. 1-3. Сделаем к таблицам несколько поясняющих замечаний.

В табл. 1 приведены вероятности (W) осуществления событий "ЗП", в которых в ЗП испускается π^+ -мезон /тип события " π_b^+ " /, π^- -мезон /тип " π_b^- " /, одновременно π^+ и π^- -мезон /тип " $\pi_b^+ + \pi_b^-$ " /, идентифицированный протон (" p_b "*)+, протон с импульсом $P_p > 300$ МэВ/с (" p_{bs} "*), $\pi^+(\pi^-)$ -мезон вместе с протоном (" $\pi^+(\pi^-) + p_b$ " /, π^+ и π^- -мезон с протоном (" $\pi_b^+ + \pi_b^- + p_b$ " /). Вероятности W определялись как отношение числа событий "ЗП" ко всем $\pi^{-12}\text{C}$ /или π^-p / - взаимодействиям.

Таблица 1

Вероятности осуществления событий с частицами в ЗП.

Тип событий	W%	
	π^-p	$\pi^{-12}\text{C}$
" π_b^+ "	4,7±0,2	15±1
" π_b^- "	4,0±0,2	11±1
" $\pi_b^+ + \pi_b^-$ "	0,31±0,05	2,9±0,2
" p_b "	—	37±1
" p_{bs} "	—	15±1
" $p_b + \pi_b^+$ "	—	4,8±0,8
" $p_b + \pi_b^-$ "	—	4,1±0,8
" $p + \pi_b^+ + \pi_b^-$ "	—	1,0±0,3

* Протоны идентифицировались в интервале импульсов $140 \lesssim P \lesssim 700$ МэВ/с.

В табл. 2 приведены значения средних множественностей частиц, испущенных в ЗП*. Эти частицы обозначены индексом "h"; индексом "all" обозначены все частицы данного сорта, испущенные из событий "ЗП". События " π_b^{ch} " - $\pi^{-12}\text{C}$ или π^-p -взаимодействия, сопровождающиеся испусканием по крайней мере одного заряженного π -мезона любого знака в ЗП, другие обозначения типов событий те же, что и в табл. 1. Значения средних импульсов (\bar{P}), средних перпендикулярных импульсов (\bar{P}_\perp) и средних углов вылета ($\bar{\theta}$) различных частиц в событиях "ЗП" приведены в табл. 3. Обозначения те же, что и в табл. 2.

В табл. 4 приведены значения средних импульсов протонов, испущенных в ЗП (\bar{P}_p) и в переднюю полушферу (\bar{P}_f) для $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий с разным числом идентифицированных протонов, причем отдельно для событий "ЗП" и событий, не сопровождающихся испусканием заряженной частицы в ЗП. В этой же таблице даны значения параметров асимметрии:

$$a = (N_f - N_b) / (N_f + N_b),$$

где N_f и N_b - число протонов, испущенных, соответственно, в переднюю и заднюю полушферы в л.с.к.

На рис. 1а представлены значения средних множественностей заряженных π -мезонов, испущенных в ЗП, в зависимости от числа идентифицированных протонов (N_p). Эти зависимости для всех π^+ -мезонов, испущенных из событий "ЗП", приведены на рис. 1б. Для всех π^+ -мезонов намечается рост множественности с увеличением N_p . Для π^- -мезонов, испущенных в ЗП, в пределах экспериментальных ошибок этого нет. Импульсные распределения π -мезонов, испущенных в ЗП, представлены на рис. 2. Стрелкой указана граница кинематически разрешенной области для πN -столкновений, вычисленная для среднего угла испускания $\theta = 135^\circ$. Как видно, для $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий наблюдается значи-

* При расчете множественностей не вводились поправки на возможные потери частиц, которые составляют ~ 5%.

Таблица 2

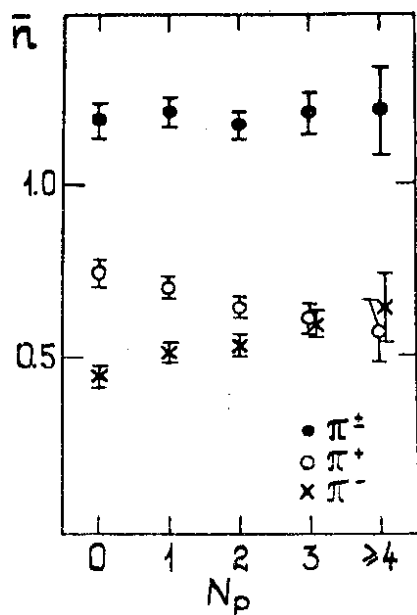
Средние множественности заряженных частиц в событиях "ЗП".

Тип события	Тип частицы	\bar{n}	
		$\pi^- p$	$\pi^+ p$
" π_b^+ "	π_b^+	1.02±0.01	1.10±0.01
	π_{all}^+	2.78±0.05	4.78±0.08
	π_{all}^-	2.88±0.05	3.76±0.07
	P_{all}	0.11±0.01	1.49±0.04
" π_b^- "	π_b^-	1.03±0.01	1.07±0.01
	π_{all}^-	3.24±0.06	4.38±0.10
	π_{all}^+	3.53±0.06	4.31±0.06
	P_{all}	0.28±0.02	1.69±0.05
" $\pi_b^+ + \pi_b^-$ "	π_b^+	1.00±0.00	1.09±0.03
	π_b^-	1.00±0.00	1.07±0.02
	π_{all}^+	3.37±0.26	5.50±0.19
	π_{all}^-	3.66±0.25	4.65±0.15
	P_{all}	0.29±0.07	1.62±0.10
" π_b^{ch} "	π_b^+	0.56±0.02	0.68±0.02
	π_b^-	0.49±0.02	0.52±0.02
	π_{all}^+	3.00±0.04	4.70±0.06
	π_{all}^-	3.19±0.04	4.06±0.05
	P_{all}	0.19±0.01	1.58±0.03
	P_b	-	0.41±0.02
Все взаимодействия	π^+	2.45±0.01	3.82±0.03
	π^-	2.71±0.01	3.54±0.02
	P	2.256±0.004	1.46±0.02

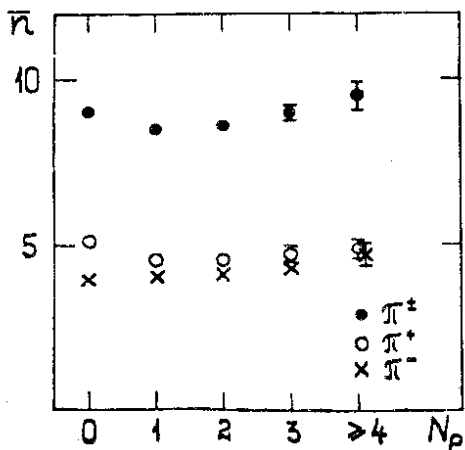
Таблица 3

Средние характеристики заряженных частиц в событиях "ЗП".

Тип события	$\pi^- p$			$\pi^+ p$			$\bar{\theta}$ (град.)
	\bar{P} (ГэВ/c)	\bar{P}_b (ГэВ/c)	\bar{P}_c (ГэВ/c)	\bar{P} (ГэВ/c)	\bar{P}_b (ГэВ/c)	\bar{P}_c (ГэВ/c)	
" π_b^+ "	π_{all}^+	2.7±0.2	0.33±0.02	0.53±0.005	1.96±0.05	0.53±0.005	43.2±0.02
	π_{all}^-	6.1±0.2	0.351±0.006	0.33±0.006	3.8±0.1	0.33±0.006	18.3±0.4
	π_b^+	0.27±0.01	0.25±0.01	0.31±0.01	0.56±0.01	0.31±0.01	116.±1
	P_{all}	0.46±0.02	0.25±0.01	0.241±0.004	0.531±0.05	0.241±0.004	59±1
" π_b^- "	π_{all}^-	3.1±0.1	0.330±0.006	0.53±0.006	2.23±0.07	0.53±0.006	28.6±0.4
	π_{all}^+	4.5±0.2	0.316±0.006	0.33±0.006	3.2±0.1	0.33±0.006	43±1
	π_b^-	0.24±0.01	0.21±0.01	0.24±0.01	0.30±0.02	0.24±0.01	119±1
	P_{all}	0.43±0.02	0.27±0.01	0.24±0.004	0.53±0.005	0.24±0.004	69±1
" $\pi_b^+ + \pi_b^-$ "	π_{all}^+	2.2±0.05	0.31±0.03	0.53±0.01	1.8±0.1	0.53±0.01	43±2
	π_b^+	0.25±0.04	0.23±0.04	0.32±0.05	0.37±0.05	0.32±0.05	110±2
	π_{all}^-	5.5±0.9	0.29±0.02	0.35±0.01	3.2±0.2	0.35±0.01	42±2
	π_b^-	0.22±0.03	0.19±0.03	0.20±0.01	0.24±0.01	0.20±0.01	115±2
	P_{all}	0.45±0.07	0.26±0.03	0.250±0.009	0.55±0.01	0.250±0.009	70±2
Все взаимодействия	π^+	3.32±0.03	0.375±0.003	0.53±0.003	19.4±0.1	0.53±0.003	20.0±0.02
	π^-	6.87±0.06	0.371±0.003	0.357±0.002	4.23±0.06	0.357±0.002	21.1±0.2
	P	0.420±0.003	0.297±0.003	0.242±0.001	54.1±0.4	0.242±0.001	73.0±0.4



a)



б)

Рис.1. Зависимость средних множественностей заряженных π -мезонов от числа протонов /а - для π^+ -мезонов, испущенных в заднюю полусферу, б - для всех π^{\pm} -мезонов/.

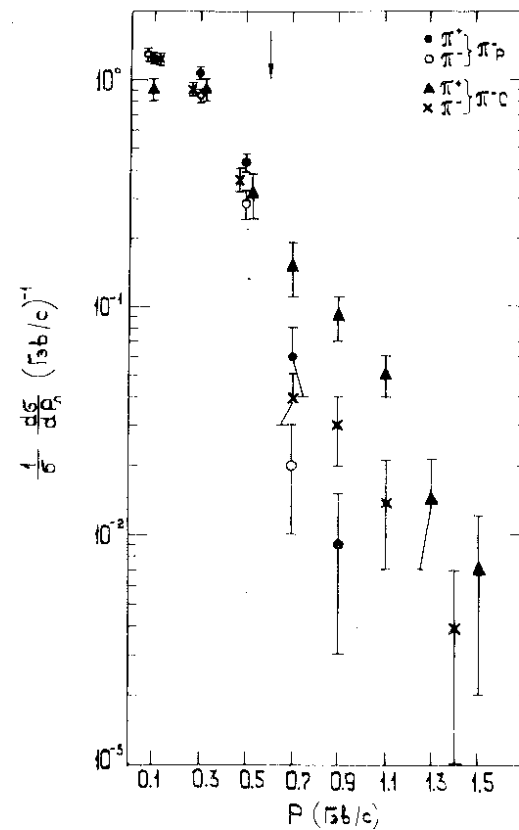


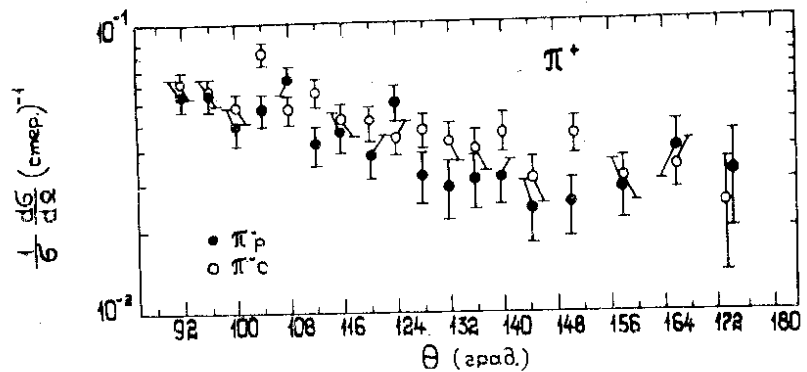
Рис.2. Импульсные распределения π^+ -мезонов, испущенных в заднюю полусферу.

тельная доля частиц за пределами кинематически разрешенной области. Угловые распределения π -мезонов, испущенных в ЗП, близки к изотропным /рис. 3/.

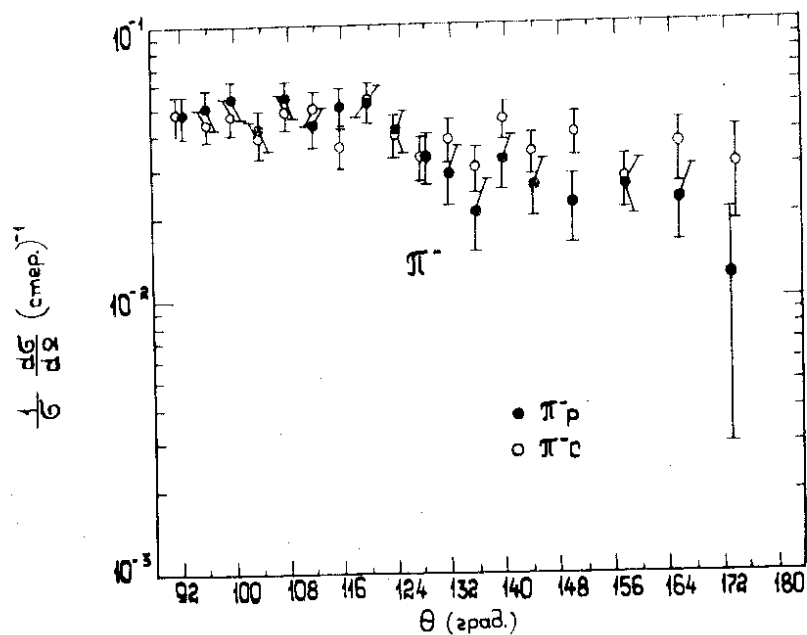
§ 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из табл. 1 можно получить:

$$W(\pi^+ p_b) \cdot W(\pi^+ \pi_b^+) / W(\pi^+ p_b + \pi_b^+) = 1,2 \pm 0,2$$



а)



б)

Рис.3. Угловые распределения π^\pm -мезонов, испущенных в заднюю полусферу /а - для π^+ -мезона, б - для π^- -мезонов/.

$$W(\pi^+ p_b) \cdot W(\pi^- \bar{p}_b) / W(\pi^+ p_b + \pi^- \bar{p}_b) = 1,00 \pm 0,2$$

$$W(\pi^+ p_b) \cdot W(\pi^+ + \pi^-) / W(\pi^+ p_b + \pi_b^+ + \pi_b^-) = 1,1 \pm 0,3$$

$$W(\pi^+ p_{bs}) \cdot W(\pi_b^+ + \pi_b^-) / W(\pi^+ p_{bs} + \pi_b^+ + \pi_b^-) = 1,1 \pm 0,2.$$

Эти соотношения могут служить указанием на то, что в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях процессы, приводящие к испусканию π^\pm -мезонов и протонов в ЗП, являются независимыми друг от друга. Этот вывод подтверждается данными, приведенными в табл. 4, а также значением величины отношения $R(\bar{n}_{p_b})$ средних множественностей идентифицированных протонов в событиях "ЗП" к средним множественностям протонов во всех $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях /табл. 5/. Таким образом, испускание заряженных π -мезонов в ЗП не оказывает заметного влияния на величину среднего импульса и множественности идентифицированных протонов. Об этом же свидетельствует факт независимости средних множественностей π^\pm -мезонов, испущенных в ЗП, от числа идентифицированных медленных протонов /рис. 1а/.

Средние множественности быстрых протонов $\langle P \rangle > 0,3 \text{ ГэВ/с}$ в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях, сопровождающихся испусканием заряженных π -мезонов в ЗП, на $\approx 20\%$ больше, чем во всех $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях, в то время как в $\pi^- p$ -взаимодействиях с π^\pm -мезонами, испущенными в ЗП, множественность быстрых протонов оказывается меньше $\approx 30\%$, чем во всех $\pi^- p$ -взаимодействиях /табл. 5/.

Отметим, что средняя множественность π^\pm -мезонов в событиях "ЗП" на $\approx 20\%$ превышает среднюю множественность во всех $\pi^{-12}\text{C}$ и $\pi^- p$ -взаимодействиях /табл. 5/, причем это превышение происходит, в основном, за счет π^\pm -мезонов, испущенных в ЗП /см. табл.2/.

Процессы, приводящие к испусканию π^+ и π^- -мезонов в ЗП как в $\pi^{-12}\text{C}$, так и в $\pi^- p$ -взаимодействиях, по-видимому, взаимозависимы. Так, для соотноше-

Таблица 4

Средние импульсы и значения параметров асимметрии для протонов в $\pi^-12\text{C}$ -взаимодействиях с частицами "ЗП" /и без них/ в зависимости от числа протонов.

Np	События $\pi^+ \pi^+ \pi^+$		События $\pi^+ \pi^+ \pi^-$		События $\pi^+ \pi^- \pi^-$		События $\pi^- \pi^- \pi^-$	
	\bar{P}_f	\bar{P}_b	α	\bar{P}_f	\bar{P}_b	α	\bar{P}_f	\bar{P}_b
1	0.500±0.006	0.289±0.009	0.48±0.04	0.55±0.01	0.29±0.01	0.26±0.05	0.54±0.01	0.29±0.01
2	0.583±0.007	0.286±0.006	0.50±0.03	0.549±0.007	0.29±0.04	0.42±0.02	0.54±0.01	0.29±0.04
3	0.529±0.006	0.282±0.007	0.52±0.04	0.555±0.006	0.29±0.05	0.39±0.03	0.54±0.01	0.29±0.05
4	0.547±0.006	0.28±0.01	0.46±0.05	0.54±0.01	0.28±0.01	0.36±0.04	0.54±0.01	0.28±0.01
5	0.54±0.01	0.29±0.03	0.5±0.09	0.57±0.02	0.31±0.03	0.42±0.06	0.54±0.01	0.31±0.03
6	0.59±0.03	0.25±0.02	0.3±0.2	0.55±0.04	0.52±0.04	0.46±0.14	0.54±0.01	0.52±0.04

Таблица 5

Отношения средних множественностей ($R(\bar{n})$), средних импульсов ($R(P)$) частиц в событиях "ЗП" к этим величинам во всех π^-p и $\pi^-12\text{C}$ -взаимодействиях.

	π^-p	$\pi^-12\text{C}$
$R(\bar{n}_{\pi^+ \text{all}})$	1.25±0.02	1.23±0.02
$R(\bar{n}_{\pi^- \text{all}})$	1.15±0.02	1.15±0.02
$R(\bar{n}_{pb})$	-	1.07±0.06
$R(\bar{n}_{ps})$	0.71±0.07	1.23±0.05
$R(\bar{P}_{\pi^+ \text{all}})$	0.89±0.04	0.83±0.02
$R(\bar{P}_{\pi^- \text{all}})$	0.80±0.03	0.83±0.02
$R(\bar{P}_{\pi^+ \text{all}})$	0.92±0.03	0.98±0.01
$R(\bar{P}_{\pi^- \text{all}})$	0.89±0.01	0.97±0.02

ния вероятностей испускания π^+ -мезона и π^- -мезона и одновременно π^+ и π^- -мезонов в ЗП имеем:

$$W(\pi_b^+ \pi_b^-) \cdot W(\pi_b^- \pi_b^+) / W(\pi_b^+ + \pi_b^-) = \begin{cases} 0.58 \pm 0.18 (\pi^-12\text{C}) \\ 0.6 \pm 0.1 (\pi^-p). \end{cases}$$

Одинаковы в пределах экспериментальных ошибок отношения средних импульсов и средних перпендикулярных импульсов π^+ и π^- -мезонов в событиях "ЗП" к этим значениям во всех $\pi^-12\text{C}$ и π^-p -взаимодействиях /табл. 5/.

В заключение отметим существенную разницу средних импульсов π^+ -мезонов, испущенных в ЗП из $\pi^-12\text{C}$ и π^-p -взаимодействий:

$$\bar{P}_{\pi^+} (\pi^-12\text{C}) / \bar{P}_{\pi^+} (\pi^-p) = 1.29 \pm 0.06,$$

в то время как средние импульсы всех π^+ -мезонов в π^-p -взаимодействиях систематически больше средних импульсов этих мезонов в $\pi^-12\text{C}$ -взаимодействиях.

Этот факт можно рассматривать как указание на существование в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях кумулятивных событий /см. рис. 2/, что подтверждается также ростом множественности испущенных в ЗП быстрых $P > 300 \text{ МэВ/с}$ протонов /табл. 5/.

§ 4. ВЫВОДЫ

Основные выводы работы можно сформулировать следующим образом:

1. Средняя множественность заряженных π^- -мезонов в событиях "ЗП" на $\approx 20\%$ больше, чем в обычных $\pi^{-12}\text{C}$ и π^-p -взаимодействиях.

2. Не обнаруживаются существенных корреляций между свойствами всех идентифицированных протонов в событиях "ЗП" и в обычных взаимодействиях, за исключением быстрых протонов с $P > 300 \text{ МэВ/с}$, доля которых в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях, сопровождающихся испусканием заряженных мезонов в ЗП, на $\approx 20\%$ больше, чем в обычных $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях.

3. Испускание π^+ и π^- -мезонов назад обусловлено единым механизмом, причем средние импульсы π^+ -мезонов, испущенных в "ЗП" в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях, больше, чем в π^-p -взаимодействиях, что, по-видимому, связано с существованием кумулятивных событий.

Авторы благодарны коллективу сотрудничества по обработке снимков с двухметровой пропановой камеры ОИЯИ за обсуждение и помощь в получении экспериментального материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сотрудничество: Бухарест-Дубна-Москва-София-Ташкент-Тбилиси-Улан-Батор. ЯФ, 1970, 22, с. 1026; Лексин Г.А. Труды ХУІІІ международной конференции по физике высоких энергий. т.1, А6-3, ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977; Ставинский В.С. Труды ХУІІІ международной конференции по физике высо-

- ких энергий, т. 1, А6-1, ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977; Будагов Ю.А. и др. ЯФ, 1976, 23, с. 982; Азимов С.А. и др. ЯФ, 1975, 22, с. 750.
2. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Р1-11302, Дубна, 1978.
3. Балдин А.М. ЭЧАЯ, 1977, т. 8, с. 429.
4. J. Benecke et al., Phys. Rev., 1969, 188, p. 2159.
5. В-В-С-D-H-S-T-T-UB-W-Collaboration, Phys.Lett., 38B (1972), p. 371.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 октября 1978 года.