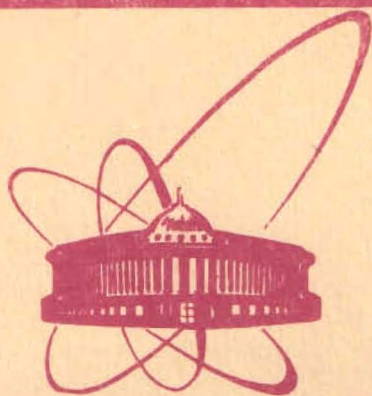


81-214



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

С 346.481

1-81-214

3250 / 1-81

А.И.Аношин, А.М.Балдин, В.Б.Любимов,
М.И.Соловьев, М.К.Сулейманов

СВОЙСТВА $\pi^{-12}\text{C}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ КУМУЛЯТИВНОГО ЧИСЛА π -МЕЗОНОВ,
ИСПУЩЕННЫХ В ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРУ
ЛАБОРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Направлено в ЯФ

1981

1. ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальные данные по кумулятивному рождению частиц ^{1/1} позволили обнаружить ряд универсальных характеристик этого интересного явления. Особого внимания заслуживают: масштабная инвариантность, универсальность зависимости сечений образования различных частиц от кумулятивного числа, очень слабая зависимость сечения от ароматов кумулятивных частиц. Эти характеристики находят естественное объяснение в теории жестких столкновений и представляют собой проявление кварковых степеней свободы ядер. Дальнейшее их изучение интересно с точки зрения построения теории жестких процессов на основе квантовой хромодинамики.

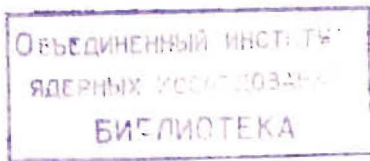
Целью настоящей работы является изучение корреляционных явлений, сопровождающих кумулятивное образование частиц.

Ранее было обнаружено ^{2/}, что характеристики множественного образования частиц на ядрах оказываются связанными с наличием или отсутствием среди продуктов столкновения кумулятивных пионов. Изучались следующие характеристики: средняя множественность (\bar{N}), средний угол испускания ($\bar{\theta}$) в лабораторной системе координат /л.с.к./, средний импульс в л.с.к. (\bar{P}) и средняя быстрота в системе центра масс /с.ц.м./ пион-нуклон (\bar{Y}^*) в зависимости от наибольшего кумулятивного числа пиона ($n_C^{\max} = \max\{n_{Ci}\}$) среди всех пионов, образовавшихся во взаимодействии, где

$$n_{Ci} = \frac{E_i(1 - \cos \theta_i)}{M_N} \quad /1/$$

Здесь: E_i , θ_i - энергия и угол испускания в л.с.к. i -го π -мезона соответственно, M_N - масса нуклона. Применявшийся в ^{2/} критерий отбора кумулятивных взаимодействий $n_C^{\max} \geq 0,6$ можно расширить. Дело заключается в том, что возникающий в результате жесткого столкновения быстрый кварк может адронизироваться не только в один кумулятивный пион, но и в кумулятивную струю. Поскольку кумулятивное число является аддитивным параметром, то представляет интерес изучить сечение кумулятивного эффекта и другие характеристики множественного рождения в зависимости от

$$n_C = \sum_{i=1}^{N_{\pi b}} n_{Ci}, \quad /2/$$



где N_{π_b} - число π -мезонов, испущенных в заднюю полусферу /ЗП/ л.с.к. / π_b -мезоны/.

При этом выполняется естественный признак по короткодействующим корреляциям в пространстве быстрот $\Delta Y = |Y_i - Y_j| < 2$ / Y_i и Y_j - продольные скорости i -го и j -го π_b -мезона/, который выделяет пионы, обязанные своим происхождением быстрому партону.

В настоящей работе изучение проводилось отдельно для событий с числом π_b -мезонов $N_{\pi_b} = 1$ и $N_{\pi_b} \geq 2$.

Работа выполнена на основе экспериментальных данных, полученных при облучении 2-метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ. Использовано 8642 π^- -взаимодействий / $P_{\pi^-} = 40$ ГэВ/с/, отобранных по стандартным критериям, принятым для пропановой пузырьковой камеры /3/. Сюда не включались взаимодействия π^- -мезона с квазисвободными нуклонами ядра углерода*.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО π_b^\pm -МЕЗОНАМ

На рис. 1/а, б, в/ приведены зависимости значений \bar{P} , $\bar{\theta}$ и \bar{N} соответственно от p_C для π_b -мезонов отдельно для событий с $N_{\pi_b} = 1$ и $N_{\pi_b} \geq 2$. Как видно из рисунков, наименьшее значение p_C для случая $N_{\pi_b} \geq 2$ соответствует $p_C^{\min} \approx 0,4$, в отличие от случая $N_{\pi_b} = 1$, где $p_C = m_\pi / M_N / m_\pi$ - масса π -мезона/. Значение $\bar{\theta}$ возрастает с увеличением p_C в области $p_C < 0,6$ /область I/, при дальнейшем увеличении p_C величины $\bar{\theta} \approx \text{const}$ для всех случаев /область II/, причем в области II ($\bar{\theta}_{\pi_b^+} = \bar{\theta}_{\pi_b^-}$) $N_{\pi_b} \geq 2 \approx (\bar{\theta}_{\pi_b})_{N_{\pi_b}=1}$. В I области для событий с $N_{\pi_b} = 1$ разность $R_N = \bar{N}_{\pi_b^+} - \bar{N}_{\pi_b^-} \approx 0$, а во II-й области $R_N > 0$ и увеличивается при возрастании p_C до $p_C \leq 1,4$, при дальнейшем росте p_C величина R_N уменьшается. Для событий с $N_{\pi_b} \geq 2$ также наблюдаются две области по p_C для величины R_N / $R_N = 0$ и $R_N > 0$ /, но, в отличие от случая $N_{\pi_b} = 1$, соответствующие области по оси p_C сдвинуты на величину, равную 0,40, т.е. на величину p_C^{\min} для событий с $N_{\pi_b} \geq 2$. Для поведения значений \bar{P} характерно совпадение \bar{P}_{π_b} для событий с $N_{\pi_b} = 1$ величиной \bar{P}_{tot} для событий с $N_{\pi_b} \geq 2$, где

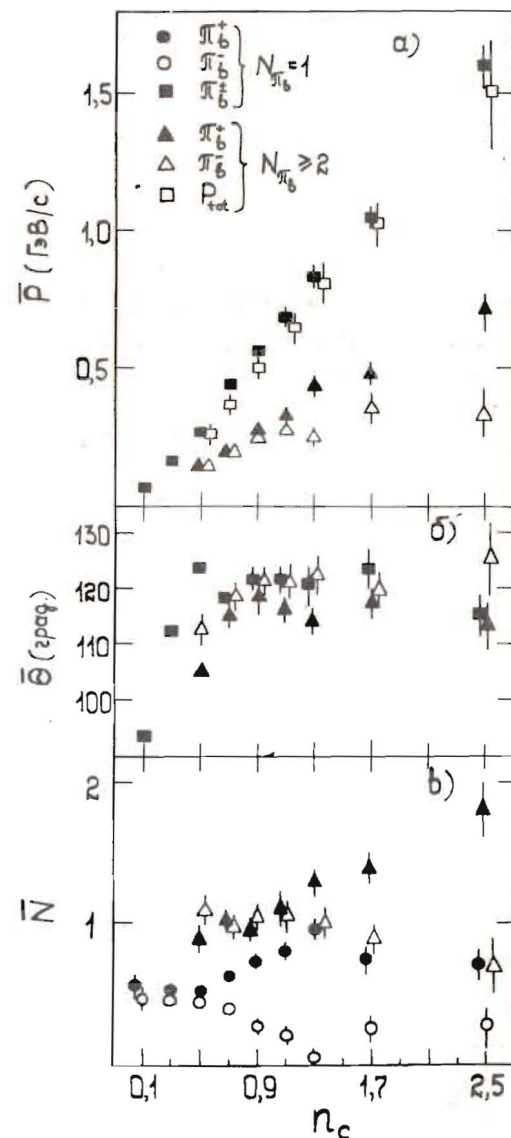


Рис.1. Зависимость средних импульсов \bar{P} /а/, средних углов вылета $\bar{\theta}$ /б/ и средних множественностей \bar{N} /в/ π_b -мезонов от значения величины p_C /см. текст/.

* Отобранные события соответствуют сечению $\sigma_{\text{in}} = 87,5 \pm 1,0$ мб.

$$\bar{P}_{tot} = (\bar{N}_{\pi_b^+} \bar{P}_{\pi_b^+} + \bar{N}_{\pi_b^-} \bar{P}_{\pi_b^-}) N_{\pi_b} \geq 2 \quad /3/$$

Отметим, что

$$\min\{(\bar{P}_{\pi_b})_{N_{\pi_b}=1}\} = \frac{m_{\pi} c}{2},$$

$$\min\{(\bar{P}_{\pi_b})_{N_{\pi_b} \geq 2}\} = m_{\pi} c. \quad /4/$$

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО π_a -МЕЗОНАМ

В число π_a -мезонов /т.н. мезонов "сопровождения"/ не включались π_b -мезоны, а также π -мезоны с наибольшим значением импульса в данном событии.

На рис.2 /а-г/ приведены зависимости от n_c средних значений \bar{P} , $\bar{\theta}$, \bar{N} и \bar{Y}^* соответственно для π_a -мезонов отдельно для событий с $N_{\pi_b}=1$ и с $N_{\pi_b} \geq 2$.

Из этих рисунков видно, что $\bar{N}_{\pi_a^+} > \bar{N}_{\pi_a^-}$ как для событий с $N_{\pi_b}=1$, так и $N_{\pi_b} \geq 2$, причем $(\bar{N}_{\pi_a})_{N_{\pi_b}=1} < (\bar{N}_{\pi_a})_{N_{\pi_b} \geq 2}$. Значение разности $R_p = \bar{P}_{\pi_a^-} - \bar{P}_{\pi_a^+} > 0$ при $n_c < 0,6$ ($N_{\pi_b}=1$) и при $n_c < 1$ ($N_{\pi_b} \geq 2$); $R_p \approx 0$ при $n_c \geq 0,6$ ($N_{\pi_b}=1$) и при $n_c \geq 1$ ($N_{\pi_b} \geq 2$). Разность $R_\theta = \bar{\theta}_{\pi_a^+} - \bar{\theta}_{\pi_a^-} > 0$ при $n_c < 0,6$ ($N_{\pi_b}=1$) и при $n_c < 1$ ($N_{\pi_b} \geq 2$); $R_\theta \approx 0$ при $n_c > 0,6$ ($N_{\pi_b}=1$) и при $n_c \geq 1$ ($N_{\pi_b} \geq 2$). Величина \bar{Y}^* соответствует области фрагментации нуклона, причем разность $R_{Y^*} = \bar{Y}_{\pi_a^-}^* - \bar{Y}_{\pi_a^+}^* > 0$ при $n_c \leq 1$ ($N_{\pi_b}=1$ и $N_{\pi_b} \geq 2$), а при $n_c > 1$ величина $R_{Y^*} \approx 0$. В первом приближении величины \bar{N}_{π_a} , \bar{P}_{π_a} , $\bar{\theta}_{\pi_a}$ и $\bar{Y}_{\pi_a}^*$ можно считать независимыми от n_c /см. по этому поводу /2/ /.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ЛИДИРУЮЩИМ π -МЕЗОНАМ

На рис.3/а,б/ представлены зависимости \bar{P} и $\bar{\theta}$, соответственно, от n_c при $N_{\pi_b} \geq 2$, для "лидирующих" π -мезонов. Лидирующими считались π_L -мезоны (π_L), которые одновременно удовлетворяли следующим двум условиям:

а/ $P_{\pi_L} = \max\{P_{\pi^+}, P_{\pi^-}\}$,

б/ $x_{\pi_L}^* > 0,2$, где $x_{\pi_L}^*$ - фейнмановская переменная, определяемая в с.ц.м. пион-нуклон.

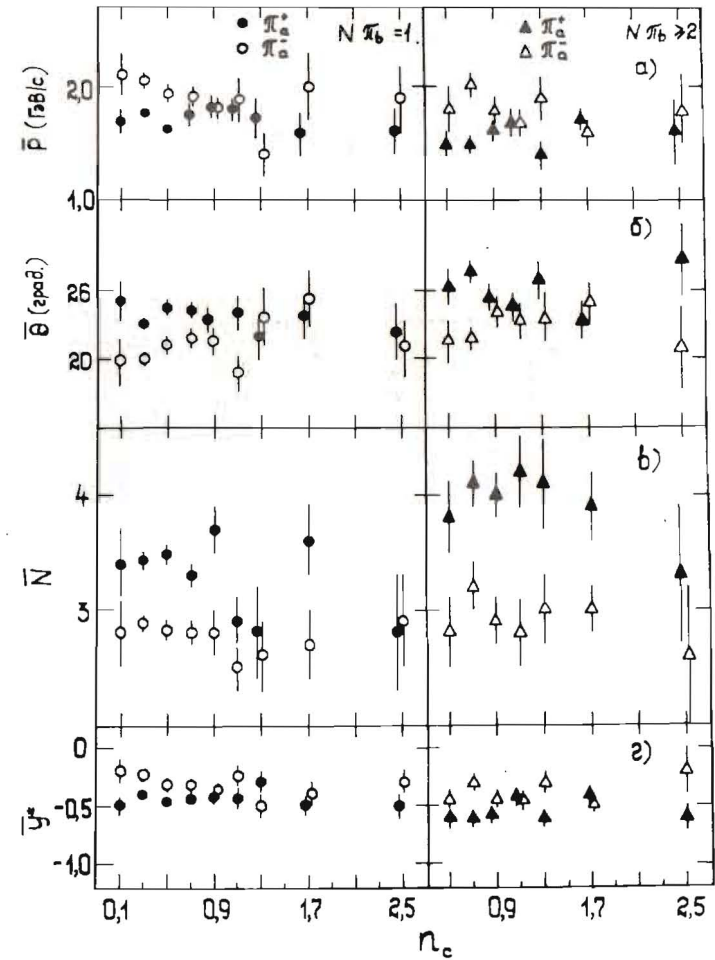


Рис.2. Зависимость \bar{P} /а/, $\bar{\theta}$ /б/, \bar{N} /в/ и \bar{Y}^* /г/ от n_c для π_a -мезонов.

Видно, что в первом приближении величины \bar{P}_{π_L} и $\bar{\theta}_{\pi_L}$ можно считать независимыми от n_c .

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ПРОТОНАМ

Зависимости \bar{P} , $\bar{\theta}$ и \bar{N} от n_c для протонов в событиях с разным числом π_b -мезонов представлены на рис.4/а,б,в/. /Импульс-

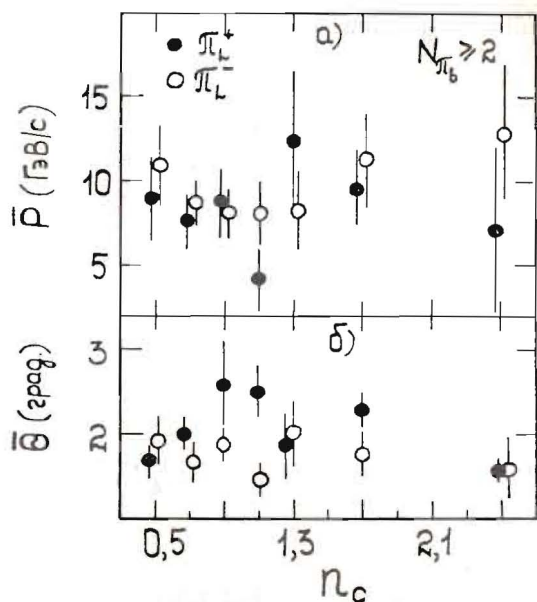


Рис.3. Зависимость \bar{P} /а/ и $\bar{\theta}$ /б/ лидирующих π -мезонов от n_c .

сы P_p заключены в интервале $0,140 < P_p < 1,000$ ГэВ/с/. Отметим, что в области $n_c < 0,6$ для событий с $N_{\pi_b} = 1$ с ростом n_c значения \bar{N} увеличиваются, а $\bar{\theta}$ и \bar{P} несколько уменьшаются. В области $n_c \geq 0,6$ величины $\bar{N} \approx \text{const}$ и $\bar{P} \approx \text{const}$, а $\bar{\theta}$ можно считать не зависящими от n_c лишь в первом приближении, причем в этой области значения \bar{P} , $\bar{\theta}$ и \bar{N} для протонов, испущенных из событий с $N_{\pi_b} = 1$ в пределах ошибок совпадают с аналогичными для протонов из событий с $N_{\pi_b} \geq 2$. На рис.5/а,б/ показаны угловые распределения протонов с импульсами $0,200 \leq P_p \leq 0,700$ ГэВ/с отдельно для событий с $n_c \geq 0,6$ /рис.5а/ и с $n_c < 0,6$ /рис.5б/.

Для событий первой группы в угловых распределениях протонов наблюдается нерегулярность с пиком в районе $\theta \approx 60^\circ$.

6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Совокупность полученных результатов указывает на существование по крайней мере двух различных механизмов, ответственных

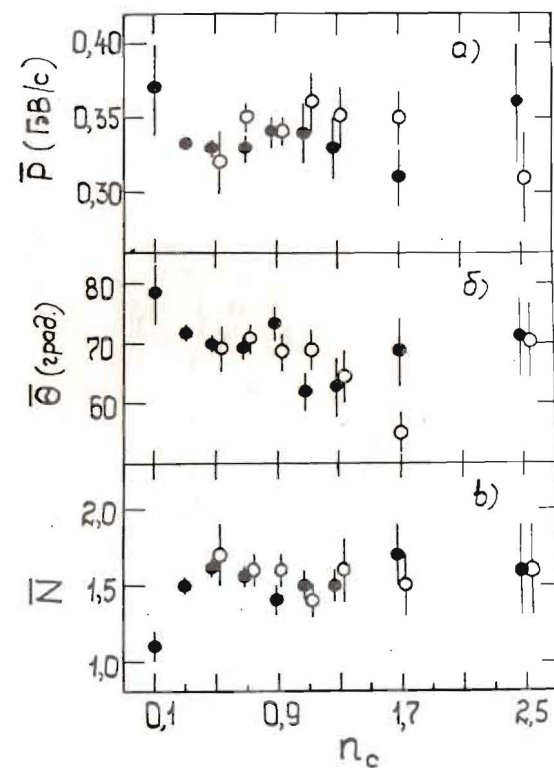


Рис.4. Зависимость \bar{P} /а/, $\bar{\theta}$ /б/ и \bar{M} /в/ протонов от n_c /• для событий с $N_{\pi_b} = 1, 0 - N_{\pi_b} \geq 2$).

за испускание π_b -мезонов. Роль этих механизмов различна в I и II областях, где

$$(n_c < 0,6, N_{\pi_b} = 1) \quad \text{I область,}$$

$$(n_c < 1,0, N_{\pi_b} \geq 2)$$

$$(n_c \geq 0,6, N_{\pi_b} = 1) \quad \text{II область.}$$

$$(n_c \geq 1,0, N_{\pi_b} \geq 2)$$

Характер зависимости $\bar{\theta}$ для π_b -мезонов от n_c в I области указывает на то, что на объяснение механизмов, действующих в ней, еще могут претендовать представления о перерассеянии и каскад-

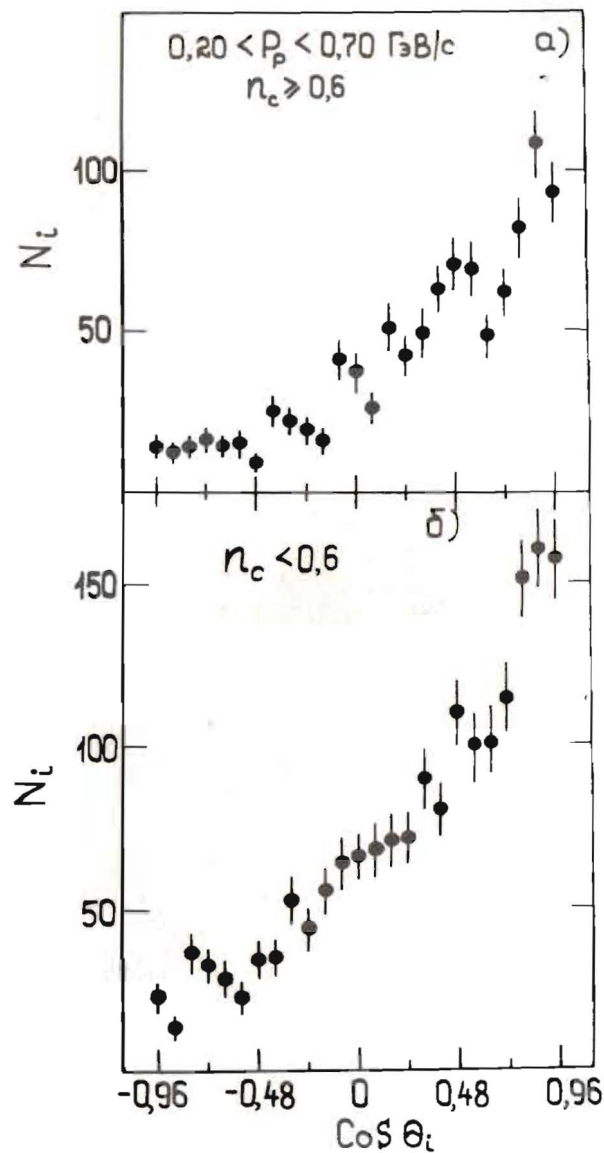


Рис.5. Угловые распределения протонов в л.с.к. для событий с $n_c \geq 0,6/a/$ и $n_c < 0,6/b/$.

ном размножении частиц, в то время как в области II эти представления неприменимы. Для поведения \bar{P} характерно то, что величины \bar{P}_{π_b} для событий с $N_{\pi_b} = 1$ совпадают со значе-

нием $\bar{P}_{tot} = (\bar{N}_{\pi_b^+} \bar{P}_{\pi_b^+} + \bar{N}_{\pi_b^-} \bar{P}_{\pi_b^-})$ для событий с $N_{\pi_b} \geq 2$, т.е. со значением импульса сообщаемой группы π_b -мезонов при заданной величине n_c .

В наших работах [2,4,6] было показано, что в кумулятивных $\pi^- 12C$ -взаимодействиях значения средних множественностей, углов испускания вторичных заряженных частиц больше, а значения их средних импульсов меньше, чем во всех остальных событиях. Это может быть объяснено тем, что в кумулятивных событиях взаимодействие осуществляется с мишенью, масса которой больше массы нуклона /флуконом, кластером и т.д./.

Увеличение множественности π_b -мезонов приводит к увеличению множественности π_a -мезонов, что указывает на возрастание вклада фрагментации мишени в генерацию π_a -мезонов.

Независимость свойств π_a - и лидирующих мезонов от n_c может служить указанием на то, что взаимодействует лишь один из валентных кварков налетающего π -мезона с мишенью, другой является кварк-спектатором.

Данные настоящей работы согласуются с выводом, сделанным ранее [2,5] об анизотропии в угловом распределении протонов /наличие максимума под углом $\theta \approx 60^\circ$ /. Это явление заслуживает тщательного изучения, т.к. анизотропия может быть обусловлена движением в ядерном веществе цветного заряда того кварка из налетающего пиона, который не участвовал в жестком столкновении, обусловившем кумулятивный эффект.

Авторы благодарны коллективу сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ за помощь в получении и обработке экспериментального материала и обсуждения, а также Б.Н.Калинкину за полезные обсуждения и замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. Краткие сообщ. по физике, 1971, №1, с.35; Балдин А.М. ЭЧАЯ, 1977, т.8, в.3, с.429; Ставинский В.С. ЭЧАЯ, 1979, т.10, в.5, с.449; Балдин А.М. и др. IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-9224, Дубна, 1975.
2. Аношин А.И. и др. ОИЯИ, Р1-80-716, Дубна, 1980.
3. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1972, т. 16, с. 989; Ангелов Н. и др. ЯФ, 1977, т. 25, с. 1013.
4. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1979, т.29, в.5, с.1227.
5. Аношин А.И. и др. ОИЯИ, Р1-80-332, Дубна, 1980.
6. Аношин А.И. и др. ЯФ, 1980, т.31, в.3, с.668.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 марта 1981 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
D-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
D9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
D2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	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.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
P18-12147	Труды III Совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народно-хозяйственных задач. Дубна, 1978.	2 р. 20 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
P2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
D-12831	Труды Международного симпозиума по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики. Дубна, 1979.	4 р. 00 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	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

Аношин А.И. и др. Свойства $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий 1-81-214
в зависимости от кумулятивного числа π^{-} -мезонов,
испущенных в заднюю полусферу лабораторной системы координат

На снимках с 2-метровой пропановой камеры, облученной π^{-} -мезонами с $P_{\pi^{-}}=40$ ГэВ/с, отобраны $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействия и изучены различные характеристики этих взаимодействий в зависимости от аддитивного порядка кумулятивности n_C для π_b^{-} -мезонов, испущенных в заднюю полусферу лабораторной системы координат. Изучение проводилось отдельно для случаев с числом этих мезонов $N_{\pi_b^{-}}=1$ и $N_{\pi_b^{-}}\geq 2$. Оказалось, что по всем исследуемым характеристикам /таким, как средние импульсы в л.с.к., средние углы вылета в л.с.к., средние быстроты в с.ц.м. пион-нуклон и средние множественности/ выделяются две области по n_C ; / $n_C < 0,6$, $N_{\pi_b^{-}}=1$ / , / $n_C < 1$, $N_{\pi_b^{-}}\geq 2$ / - I область и / $n_C \geq 0,6$, $N_{\pi_b^{-}}=1$ / , / $n_C \geq 1,0$, $N_{\pi_b^{-}}\geq 2$) - II область. При росте n_C во II области наблюдается постоянство изучаемых характеристик π^{\pm} -мезонов и протонов. В угловых распределениях протонов в событиях с $n_C \geq 0,6$ наблюдается нерегулярность /пик под углом $\theta \approx 60^\circ$ /.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1981

Anoshin A.I. et al. Properties of $\pi^{-12}\text{C}$ -Interactions 1-81-214
Versus the Cumulative Number of π^{-} -Mesons Emitted
into the Backward Hemisphere the Laboratory System

Pictures from 2 m propane bubble chamber exposed in the beam of π^{-} mesons with 40 GeV/c momentum have been scanned and different characteristics of $\pi^{-12}\text{C}$ -interactions have been studied versus the additive order of cumulativity n_C for π_b^{-} -mesons emitted into the backward hemisphere in the laboratory system (l.s.). The study has been performed individually for $N_{\pi_b^{-}}=1$ and $N_{\pi_b^{-}}\geq 2$. According to the characteristics studied (such as average momenta in the l.s., average emission angles in the l.s., average rapidities in the pion-nucleon c.m.s. and average multiplicities), two n_C regions are separated: region I ($n_C < 0,6$, $N_{\pi_b^{-}}=1$), ($n_C < 1,0$, $N_{\pi_b^{-}}\geq 2$) and region II ($n_C \geq 0,6$, $N_{\pi_b^{-}}=1$), ($n_C \geq 1,0$, $N_{\pi_b^{-}}\geq 2$). Constancy of the investigated characteristics of π^{\pm} -mesons and protons is observed as n_C increases in region II. Some structure (peak at an angle of $\theta \approx 60^\circ$) is observed in the angular distributions of protons for the events with $n_C \geq 0,6$.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1981