

A-697

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



21/4-77

4562/2-77

1 - 10803

А.И.Аношин, В.Б.Любимов, М.И.Соловьев,
М.Сулейманов, Д.Тувдендорж

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ π - МЕЗОНОВ

С ЯДРОМ УГЛЕРОДА

ПРИ $P_{\pi} = 40$ ГЭВ/С

И ЭФФЕКТ "ЯДЕРНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ"

ДЛЯ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ АДРОНОВ

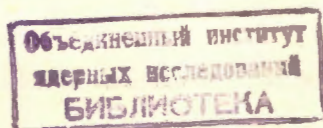
1977

1 - 10803

А.И.Аношин,¹ В.Б.Любимов, М.И.Соловьев,
М.Сулейманов,² Д.Тувдендорж

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ π - МЕЗОНОВ
С ЯДРОМ УГЛЕРОДА
ПРИ $P_{\pi} = 40$ ГЭВ/С
И ЭФФЕКТ "ЯДЕРНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ"
ДЛЯ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫХ АДРОНОВ

Направлено в ЯФ



¹ Московский государственный университет.

² Институт физики АН АзССР, г. Баку.

Аношин А.И. и др.

I - 10803

Взаимодействие π^- -мезонов с ядром углерода при $P_{\pi^-}=40$ ГэВ/с и эффект "ядерной прозрачности" для высокоэнергичных адронов

В настоящей работе проводились исследования эффекта "прозрачности" ядерной материи во взаимодействиях π^- -мезонов с ядрами углерода при $P_{\pi^-}=40$ ГэВ/с.

Найдено, что а) при всех выбранных значениях граничного угла $\theta_{\pi^{\pm}}(2,5^{\circ}, 8^{\circ}, 10^{\circ})$ средняя множественность π^{\pm} -мезонов внутреннего конуса не зависит от числа испущенных протонов (N_p) и при значениях $\theta_{\pi^{\pm}}=2,5^{\circ}; 8^{\circ}$ совпадает с данными для π^- взаимодействий; б) независимость средней множественности π^{\pm} -мезонов внутреннего конуса от числа испущенных из ядра углерода протонов (N_p) не означает полной "прозрачности" ядра для этих частиц, т.к. их средняя энергия уменьшается с ростом N_p .

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

ВВЕДЕНИЕ

Изучение взаимодействий высокоэнергичных адронов с ядрами дает информацию о пространственном и временном развитии процесса множественной генерации частиц. Анализ различных свойств ливневых частиц (Π_s), образующихся во взаимодействиях адронов с ядрами фотоэмульсии, показал, что степень влияния ядерной среды не одинакова для частиц, различающихся по своим импульсным и угловым характеристикам. В частности, имеется группа вторичных частиц, испущенных под углом $\theta < \theta_{1/2}$ (где $\theta_{1/2}$ - угол, который делит все вторичные частицы на две равные части, - "половинный" угол), для которых средняя множественность не зависит от числа выбитых из ядра медленных протонов и совпадает с данными для адрон-адронных взаимодействий. Этот эффект был назван "прозрачностью" ядерной материи для высокоэнергичных адронов [1,2].

В настоящей работе этот эффект исследован во взаимодействиях π^- -мезонов с ядрами углерода в 2-метровой пропановой пузырьковой камере ОИЯИ. Камера облучалась π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ, г.Серпухов.

Для анализа было использовано около 6000 π^- - ^{12}C -взаимодействий, отобранных по стандартным критериям, принятым для пропановой пузырьковой камеры [3].

§1. ЭКСПЕРИМЕНТ

В отобранных $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях анализировались свойства π^\pm -мезонов, испущенных под различными углами θ в лабораторной системе координат (л.с.к.) в зависимости от числа медленных протонов (N_p). Числа N_p непосредственно связаны с пробегом образовавшихся частиц в ядре. Анализ проводился по переменным \bar{n} (среднее число рожденных π^\pm -мезонов), $x = P/P_0$ (P - импульс π^\pm -мезона в л.с.к., P_0 - импульс первичного π^- -мезона), \bar{P}_\perp (средний перпендикулярный импульс π^\pm -мезонов), $\bar{\theta}$ (средний угол испускания π^\pm -мезонов). Образовавшиеся π -мезоны разделялись на две группы: с углом испускания $\theta \leq \theta_n$ (внутренний конус) и $\theta > \theta_n$ (внешний конус). В качестве граничного угла θ_n взяты значения $\theta_{n1} = 10^\circ$ (половинный угол для $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействий), $\theta_{n2} = 8^\circ$ (половинный угол для $\pi^- \text{P}$ -взаимодействий) и $\theta_{n3} = 2,5^\circ$. Отметим, что при вычислении значений \bar{n} мы не вводили поправок на неизмеримые следы, поэтому приведенные значения \bar{n} несколько меньше опубликованных в работе [4].

Рассмотрение проводилось нами для событий, имеющих протоны с импульсами P_p от 140 до 700 МэВ/с, а также с P_p от 300 до 700 МэВ/с (без испарительных протонов [5, 6]). Кроме этого, была выделена группа событий, в которых взаимодействие первичных π^- -мезонов происходит с несколькими нуклонами ядра углерода [7]. К этой группе событий были отнесены взаимодействия с суммарным зарядом, приходящимся на π^\pm -мезоны, $\Sigma Q \geq 1$.

§2. РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1а,б приведена зависимость \bar{n} от N_p ($140 \leq P_p \leq 700$ МэВ/с). Из рисунка видно, что для всех выбранных значений граничного угла θ_n величины \bar{n} для внешнего конуса растут линейно с увеличением N_p , причем приблизительно одинаково для π^+ , π^- -мезонов. Во внутреннем конусе значения \bar{n} не зависят от N_p и при

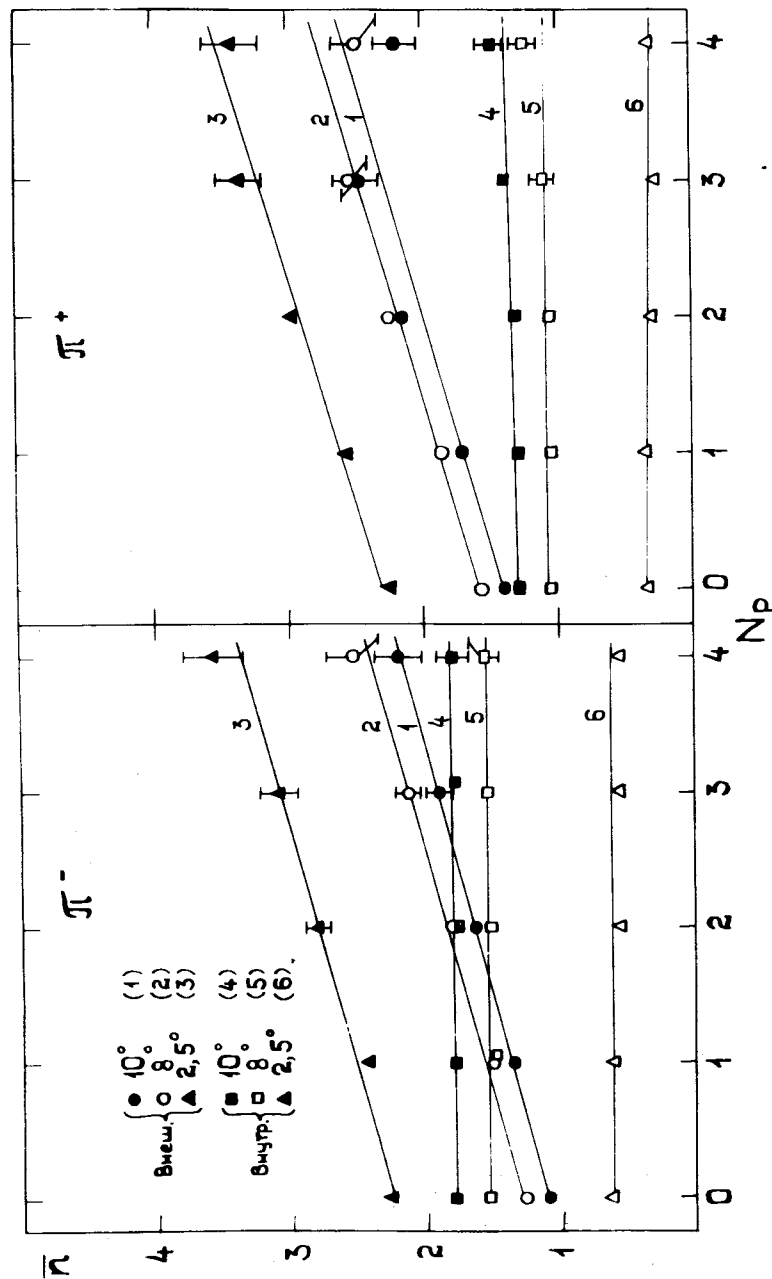


Рис. 1а,б. Зависимость средней множественности π^\pm -мезонов от числа испущенных протонов в $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях (прямые проведены от руки).

значениях $\theta_n = 2,5^\circ; 8^\circ$ совпадают в пределах ошибок с данными для π^- -P-взаимодействий*. Аналогичный результат получается для средних углов вылета этих мезонов (рис. 2а,б). Это, однако, не означает, что ядро оказывается полностью "прозрачным" для этой группы частиц. Из рис. 3а,б, где приведены распределения величин \bar{x} , видно, что с ростом N_p наблюдается уменьшение средней энергии π^- -мезонов внутреннего конуса, что указывает на "непрозрачность" ядра для этих частиц. Энергии π^- -мезонов внешнего конуса остаются при этом постоянными.

Распределения величин \bar{n}, \bar{x} были получены для взаимодействий, не имеющих испарительных протонов ($P_p < 300$ МэВ/с), в том числе и для событий с $\Sigma Q < 1$ и с $\Sigma Q \geq 1$ (многоуклонные взаимодействия). Полученные результаты показаны на рис. 4а,б и 5а,б. Из этих рисунков видно, что общий характер распределений остается таким же, как и для взаимодействий, имеющих протоны с $P_p < 300$ МэВ/с, причём нет никакой разницы между событиями с $\Sigma Q < 1$ и $\Sigma Q \geq 1$, за исключением, может быть, распределения по \bar{n} π^- -мезонов внутреннего конуса в событиях с $\Sigma Q \geq 1$.

На рис. 6а,б приведены значения среднего перпендикулярного импульса (\bar{P}_\perp) для π^\pm -мезонов внутреннего и внешнего конусов ($\theta_n = 10^\circ$) для событий с $\Sigma Q < 1$ и с $\Sigma Q \geq 1$. Величины \bar{P}_\perp остаются постоянными для разных взаимодействий при всех значениях N_p , за исключением \bar{P}_\perp для π^+ -мезонов внешнего конуса в событиях с $\Sigma Q < 1$. Для наглядности результаты, показанные на рис. 4,5,6, суммированы в таблице, где приведены отношения $\bar{n}_3/\bar{n}_0, \bar{x}_3/\bar{x}_0, \bar{P}_{\perp 3}/\bar{P}_{\perp 0}$. Здесь $\bar{n}_3, \bar{n}_0, \bar{x}_3, \bar{x}_0, \bar{P}_{\perp 3}, \bar{P}_{\perp 0}$ - значения средних множественностей, средней энергии и среднего перпендикулярного импульса для событий с $N_p = 3$ и $N_p = 0$ соответственно.

*При тех же критериях отбора следов при исследовании π^- -P-взаимодействий для π^- -мезонов внутреннего конуса было получено: $\bar{n}(\theta_n = 8^\circ) = 2,52 \pm 0,01, \bar{n}(\theta_n = 2,5^\circ) = 0,96 \pm 0,01$.

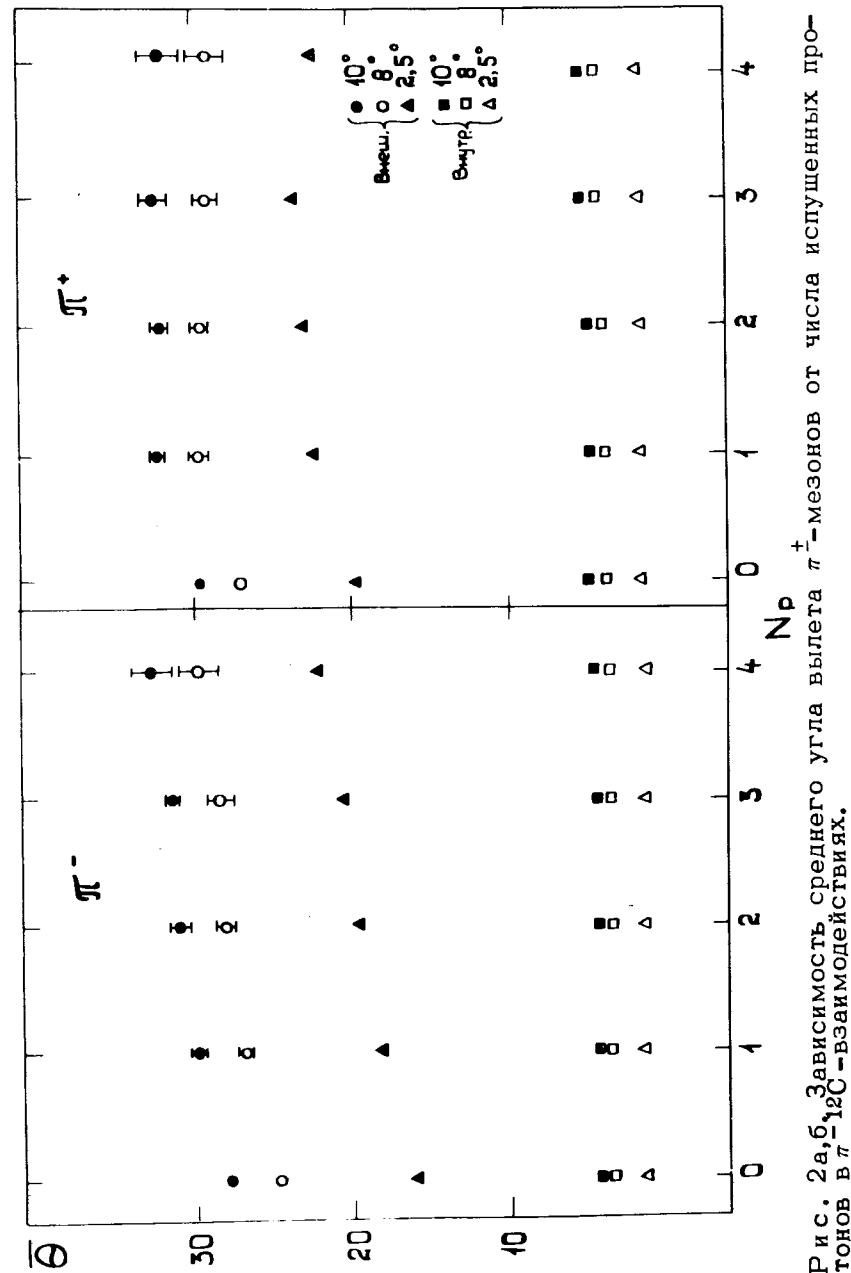


Рис. 2а,б. Зависимость среднего угла вылета π^\pm -мезонов от числа испущенных протонов в π^- - ^{12}C -взаимодействиях.

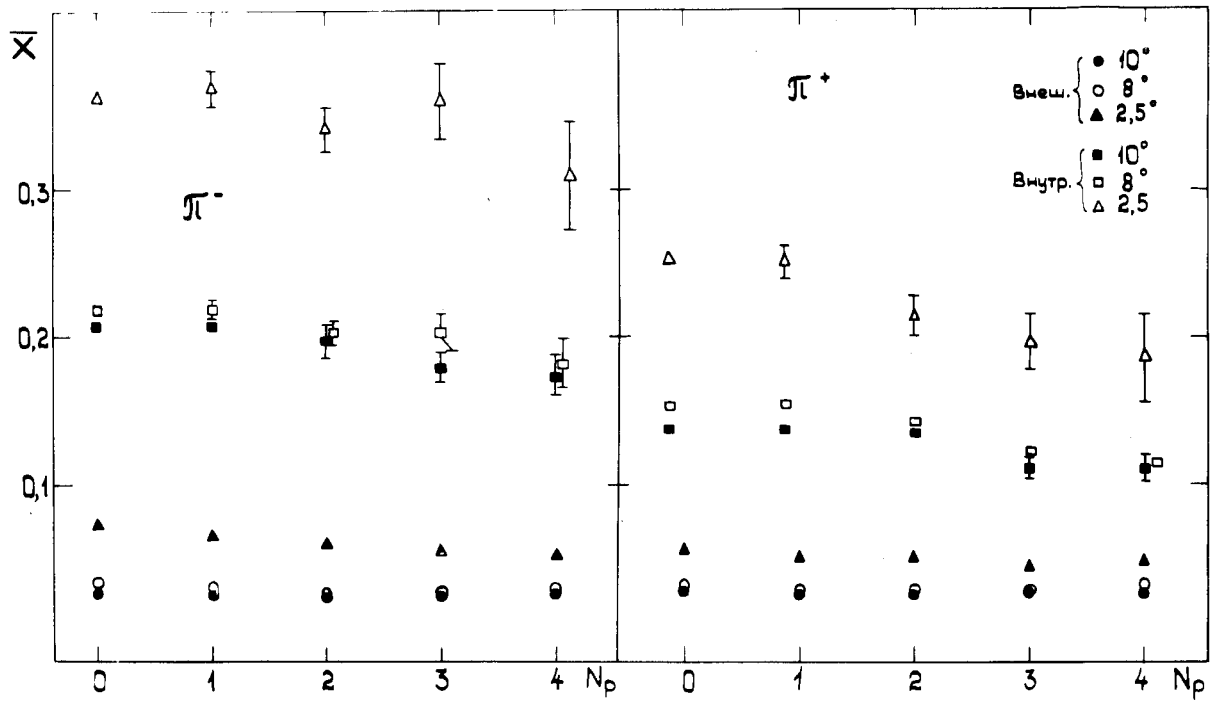


Рис. 3а,б. Зависимость средней энергии π^{\pm} -мезонов от числа испущенных протонов в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях.

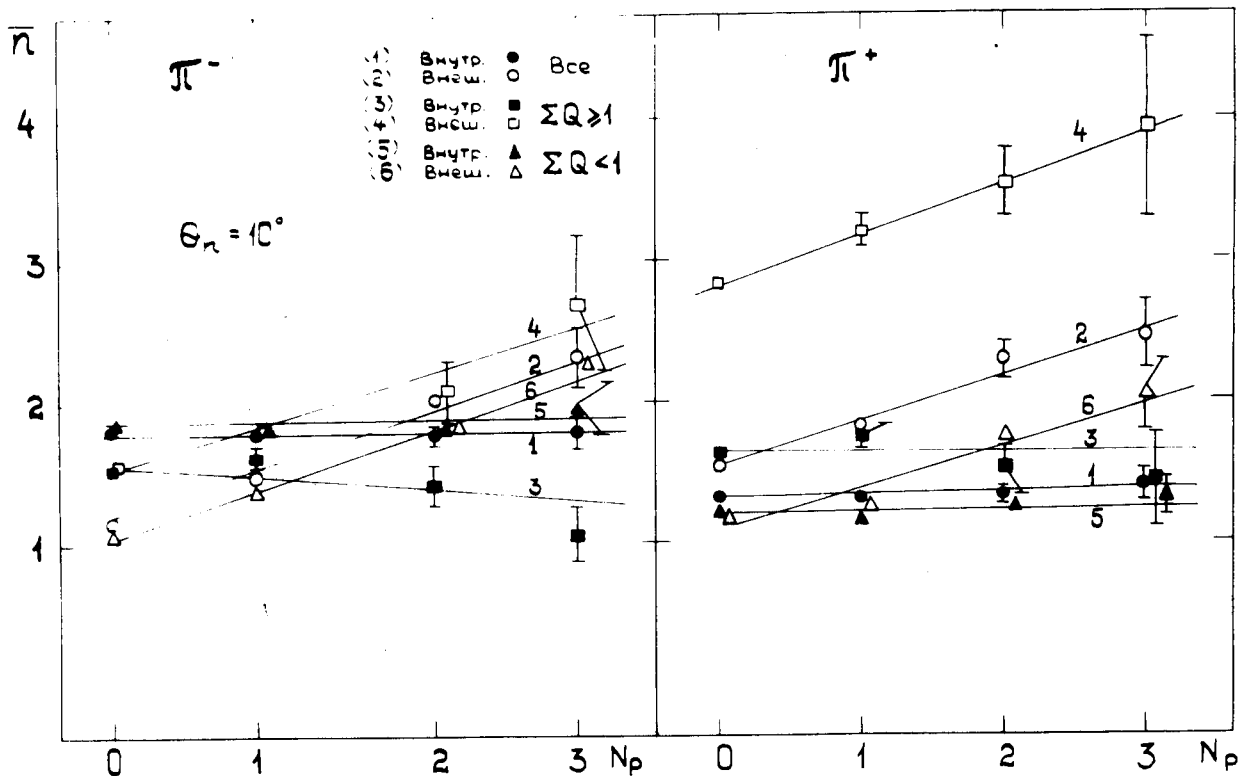


Рис. 4а,б. Зависимость средней множественности π^{\pm} -мезонов от числа испущенных протонов в $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях для событий с разным суммарным зарядом, приходящимся на π^{\pm} -мезоны ($\Sigma Q \geq 1$ и $\Sigma Q < 1$).

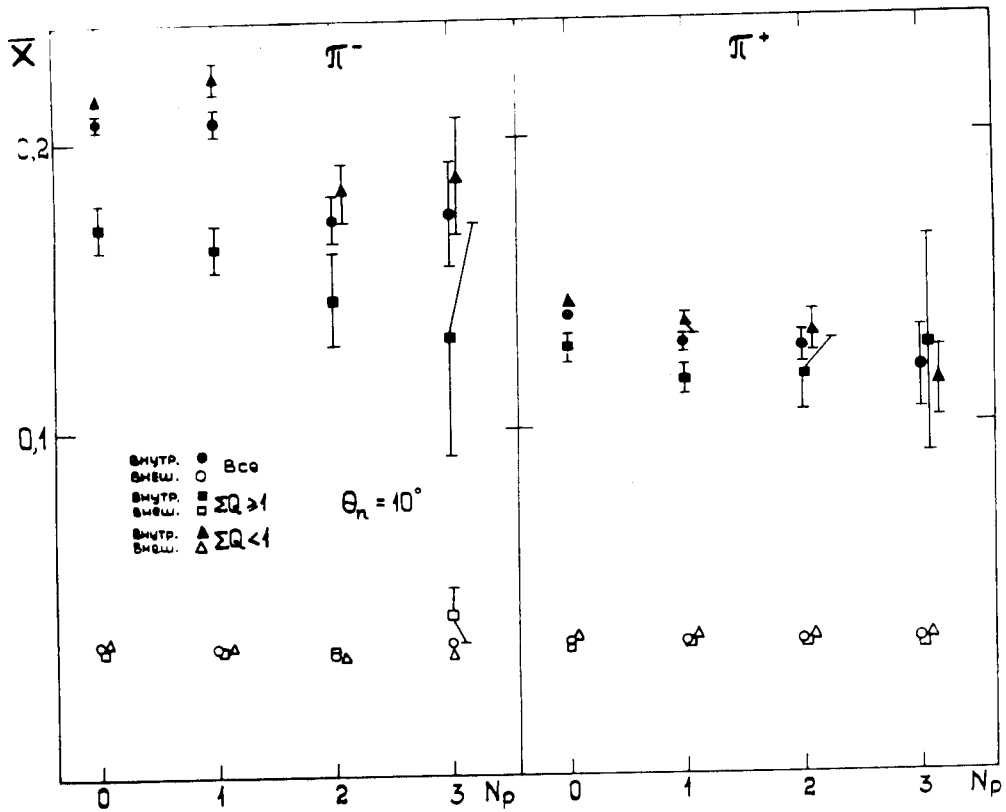


Рис. 5а,б. Зависимость средней энергии π^\pm -мезонов от числа испущенных протонов в π^- ^{12}C -взаимодействиях с $\Sigma Q \geq 1$ и $\Sigma Q < 1$.

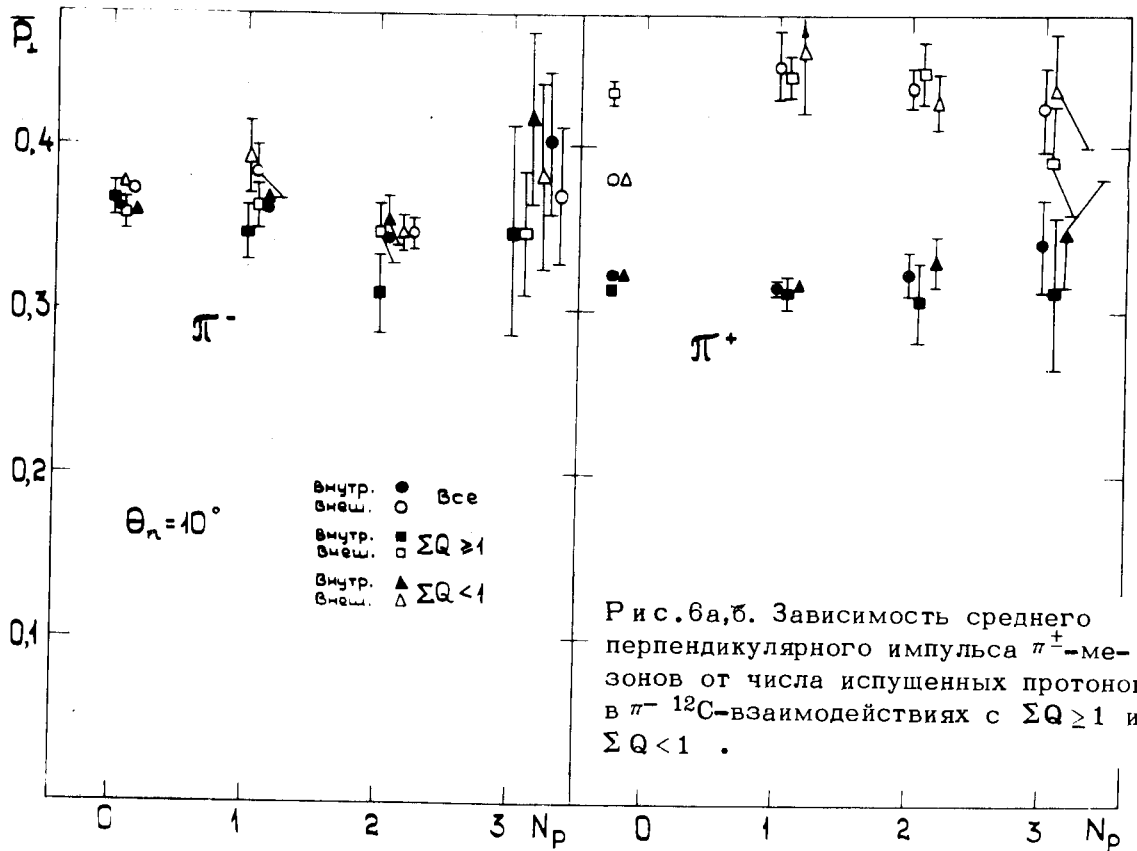


Рис. 6а,б. Зависимость среднего перпендикулярного импульса π^\pm -мезонов от числа испущенных протонов в π^- ^{12}C -взаимодействиях с $\Sigma Q \geq 1$ и $\Sigma Q < 1$.

Таблица

Конус	События	Тип рас- пада	\bar{n}_3/\bar{n}_0	\bar{x}_3/\bar{x}_0	\bar{P}_{13}/P_{10}
Внешн.	Все	π^+	$1,60 \pm 0,14$	$1,00 \pm 0,08$	$1,11 \pm 0,07$
		π^-	$2,00 \pm 0,18$	$1,00 \pm 0,12$	$0,99 \pm 0,11$
	$\Sigma Q \geq 1$	π^+	$1,37 \pm 0,23$	$1,00 \pm 0,13$	$0,91 \pm 0,08$
		π^-	$1,75 \pm 0,31$	$1,50 \pm 0,38$	$0,97 \pm 0,11$
	$\Sigma Q < 1$	π^+	$1,73 \pm 0,20$	$0,96 \pm 0,11$	$1,14 \pm 0,09$
		π^-	$2,15 \pm 0,23$	$0,81 \pm 0,07$	$1,01 \pm 0,15$
Внутр.	Все	π^+	$1,08 \pm 0,12$	$0,86 \pm 0,10$	$1,06 \pm 0,08$
		π^-	$0,97 \pm 0,08$	$0,84 \pm 0,09$	$1,11 \pm 0,12$
	$\Sigma Q \geq 1$	π^+	$0,88 \pm 0,20$	$1,00 \pm 0,29$	$0,99 \pm 0,14$
		π^-	$0,70 \pm 0,13$	$0,77 \pm 0,24$	$0,95 \pm 0,17$
	$\Sigma Q < 1$	π^+	$1,09 \pm 0,12$	$0,80 \pm 0,08$	$1,07 \pm 0,10$
		π^-	$1,05 \pm 0,10$	$0,87 \pm 0,09$	$1,16 \pm 0,14$

§3. ВЫВОДЫ

Результаты работы могут быть сформулированы следующим образом:

1. При всех выбранных значениях граничного угла $\theta_n (2,5^\circ; 8^\circ; 10^\circ)$ средняя множественность π^\pm -мезонов внутреннего конуса не зависит от числа протонов N и при значениях $\theta_n = 2,5^\circ; 8^\circ$ совпадает с соответствующими данными для π^-P -взаимодействий.

2. Независимость средней множественности π^\pm -мезонов внутреннего конуса от числа выбитых из ядра углерода протонов (N_p) не означает полной "прозрачности" ядра для этих частиц, так как их средняя энергия уменьшается с ростом N_p .

3. Множественность π^\pm -мезонов внешнего конуса растет с N_p , причём с увеличением N_p от 0 до 4 множественность возрастает почти в 2 раза.

4. Средний угол вылета π^\pm -мезонов внешнего конуса растет при изменении N_p от 0 до 1, а в случае $N_p > 1$ остается постоянным.

5. Ограничение на импульс протона ($P_p \geq 300$ МэВ/с) не меняет характера исследованных распределений.

6. Не наблюдается различия между распределениями для "многоуклонных" взаимодействий ($\Sigma Q \geq 1$) и всех остальных событий, за исключением распределений по \bar{n} для π^- -мезонов внутреннего конуса из событий с $\Sigma Q > 1$, для которых наблюдается тенденция к уменьшению \bar{n} с ростом N_p .

7. Средние перпендикулярные импульсы остаются постоянными во всех случаях, кроме случая π^\pm -мезонов внешнего конуса ($\theta = 10^\circ$) в событиях с $\Sigma Q < 1$. (см. рис. 66).

В заключение авторы выражают благодарность участникам Сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jain P.L. e.a. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, 660.
2. Cohen J.I.e.a.Lett.Al.Nuovo Cim., 1974, 9, 337.
3. Будапешт-Бухарест-Дубна-Краков-София-Тбилиси-Ташкент-Улан-Багор-Ханой. Сотрудничество, ЯФ, 1977, 25, 1013.
4. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, P1-6326, Дубна, 1972.
5. Ангелов Н.С. и др. ЯФ, 1975, 22, 1026.
6. Азимов С.А. и др. ЯФ, 1975, 22, 1168.
7. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, P1-10324, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 июля 1977 года.