

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-87-179

К.Миллер, Т.Павляк*, В.Пэрыт*, Я.Плюта,
З.Стругальски*

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТИЦ,
ИСПУСКАЕМЫХ В π^{\pm} -Xe СТОЛКНОВЕНИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСАХ (2,34;9,0) ГэВ/с

* Варшавский технический университет

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование распределений по множественности продуктов столкновений быстрых адронов с атомными ядрами позволяет получить сведения о механизме рождения и эмиссии испускаемых частиц.

В данной работе представлен анализ некоторых множественных характеристик частиц, испущенных в π^\pm -Xe соударениях при первичных импульсах заряженных пионов ($2,34 \div 9,0$) ГэВ/с.

Из всех реакций столкновений π^\pm -Xe можно выделить три класса:

1. Квазиэлементарные столкновения (Q), то есть такие, характеристики которых соответствуют характеристикам элементарных пион-нуклонных столкновений при тех же энергиях; они происходят в периферической области ядра $^1, 2/$.

2. Столкновения, в которых отсутствует испускание рожденных пионов, имеет место только эмиссия нуклонов (A) $^3/$.

3. Столкновения, в которых происходит как эмиссия нуклонов, так и испускание рожденных пионов.

В дальнейшем будут анализироваться реакции столкновений класса 3.

Число n_N испущенных нуклонов свидетельствует о прицельном параметре соударения; чем n_N больше, тем параметр соударения меньше $^4/$. Исследуя множественные характеристики в зависимости от числа нуклонов, испускаемых в соударении, мы изучаем их зависимость от степени "центральности" столкновения. Поскольку нейтроны в ксеноновой пузырьковой камере регистрируются с недостаточной эффективностью, средние множественности исследовались нами в зависимости от числа испускаемых протонов n_p , которые хорошо идентифицированы.

Выбор взаимодействий проводился согласно следующим критериям: класс A2:

$$n_{\pi^\pm} \geq 2 \text{ или } n_{\pi^0} \geq 1 \text{ и } n_p \geq 2; \quad (1)$$

класс A4:

$$n_{\pi^\pm} \geq 2 \text{ или } n_{\pi^0} \geq 1 \text{ и } n_p \geq 4; \quad (2)$$

здесь n_{π^\pm} , n_{π^0} , n_p — число заряженных пионов, нейтральных пионов и протонов в звезде соответственно. Этот выбор позволяет проследить поведение множественных характеристик с ростом "центральности" столкновений, одновременно достаточно обеспечивая результаты статистически.

Множественные характеристики столкновений, отобранных согласно вышеприведенным критериям, сравнивались с характеристиками квазиэлементарных столкновений.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Источником экспериментальной информации являлись снимки столкновений $\pi^\pm + \text{Xe}$, происходящих в 26-литровой и 180-литровой ксеноновых пузырьковых камерах. Просмотр снимков и обработка данных проводились в Институте физики Варшавского технического университета и в ЛВЭ ОИЯИ по идентичным правилам. В результате двухкратного независимого просмотра для дальнейшей обработки были отобраны 15872 случая. Общая характеристика экспериментального материала представлена в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика экспериментального материала

Класс столкновения	P, ГэВ/с	N _{ТОТ}	N _{A2}	N _{A4}	N _Q *	N _A **
$\pi^+ + \text{Xe}$	2,34	6110	2831	1321	1470	1809
$\pi^- + \text{Xe}$	3,5	6301	3461	1953	1610	1230
$\pi^+ + \text{Xe}$	5,0	1467	979	615	268	220
$\pi^- + \text{Xe}$	9,0	1944	1296	806	455	193

* N_Q — число квазиэлементарных взаимодействий, отобранных согласно следующим критериям: $n_p = 0,1$, $n_{\pi^\pm} \leq 6$, $n_{\text{пл}} = 0$.

** N_A — число взаимодействий без рождения пионов.

Методические вопросы, касающиеся обработки данных из ксеноновых пузырьковых камер, описаны в наших предыдущих работах, см., например, /5/.

3. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Доля разных классов столкновений во всех $\pi^\pm + \text{Xe}$ столкновениях в зависимости от импульса первичного пиона представлена в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2
Доля разных классов столкновений во всех $\pi^\pm + \text{Xe}$ столкновениях в зависимости от импульса первичного пиона

Класс столкновения	P, ГэВ/с	N _{A2} /N _{ТОТ} %	N _{A4} /N _{ТОТ} %	N _Q /N _{ТОТ} %	N _A /N _{ТОТ} %
$\pi^+ + \text{Xe}$	2,34	46,3 ± 0,6	21,6 ± 0,5	24,1 ± 0,5	29,6 ± 0,5
$\pi^- + \text{Xe}$	3,5	54,9 ± 0,6	30,8 ± 0,5	25,6 ± 0,5	19,5 ± 0,5
$\pi^+ + \text{Xe}$	5,0	66,7 ± 1,2	41,9 ± 1,3	18,3 ± 1,1	14,9 ± 1,2
$\pi^- + \text{Xe}$	9,0	66,7 ± 1,1	40,4 ± 1,1	23,4 ± 1,0	9,9 ± 1,2

Надо заметить, что во взаимодействия класса A2 включены взаимодействия класса A4. Как видно, доля столкновений класса A2 и A4 растет с ростом импульса первичного пиона, затем при значении импульса около 5,0 ГэВ/с выходит на плато. Доля квазиэлементарных столкновений составляет около 20% для всех значений начальных импульсов.

На рис. 2 для примера приведены распределения по множественности заряженных пионов, наблюдаемых в классе столкновений A2. Как видно, при $p_{\pi^+} = 2,34$ ГэВ/с распределение самое узкое, затем с ростом первичного импульса оно расширяется, средние множественности растут.

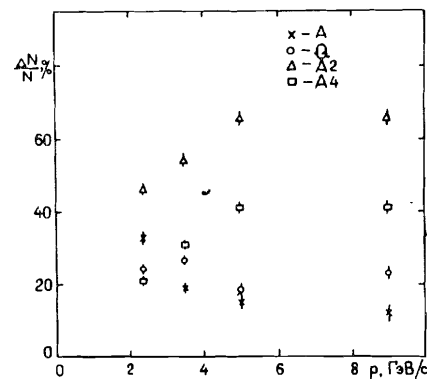


Рис. 1. Доля разных классов столкновений во всех столкновениях $\pi^\pm + \text{Xe}$.

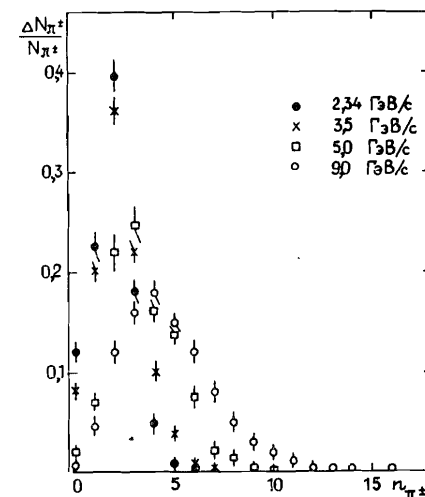


Рис. 2. Распределения по множественности заряженных пионов, испускаемых в столкновениях класса A2 при (2,34 ÷ 9,0) ГэВ/с.

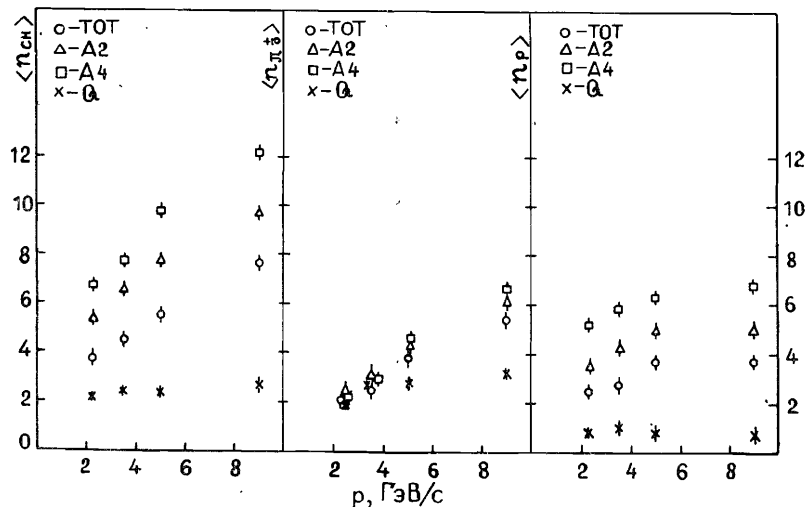


Рис. 3. Зависимость средних множественностей разных частиц, испускаемых в разных классах π^{\pm} -Xe столкновений, от начальных импульсов.

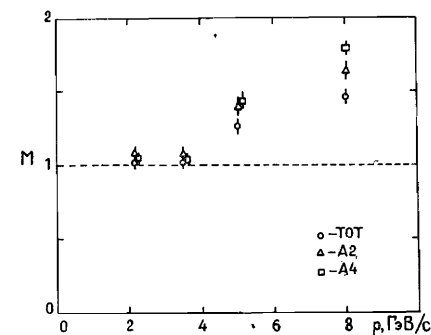
На рис. 3 представлены средние множественности $\langle n_{CH} \rangle$, $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle$ и $\langle n_p \rangle$ в выбранных классах взаимодействий в зависимости от импульса первичного пиона. Средние множественности всех заряженных частиц $\langle n_{CH} \rangle$ растут с ростом импульса. Этот рост самый большой для $\langle n_{CH} \rangle_{A4}$; до $\sim 5,0$ ГэВ/с $\langle n_{CH} \rangle$ растет быстро, затем значительно слабее. $\langle n_{CH} \rangle_{A2}$, $\langle n_{CH} \rangle_{A4}$ и $\langle n_{CH} \rangle_Q$ растут приблизительно линейно. Видно, что для $p_{\pi^+} = 2,34$ ГэВ/с средние множественности пионов одинаковы во всех классах взаимодействий:

$$\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{TOT} \approx \langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_Q \approx \langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{A2} \approx \langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{A4}$$

С ростом импульса первичного пиона растет разность между $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_Q$ и $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{TOT}$, $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{A2}$ и $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{A4}$. Подобным образом ведут себя эти зависимости и для $\langle n_{p^+} \rangle$. Средняя множественность протонов в классах столкновений A2 и A4 заметно растет в диапазоне импульсов (2,34 ÷ 5,0) ГэВ/с, затем этот рост замедляется, указывая тенденцию выхода на плато. Представленные зависимости свидетельствуют о том, что при небольших импульсах первичных пионов рост множественности заряженных частиц с ростом "центральности" столкновения происходит из-за увеличения числа испускаемых протонов, с ростом начальных импульсов — из-за увеличения множественности рождаемых пионов.

Рис. 4 и табл. 3 демонстрируют зависимость коэффициента размножения от импульсов первичных пионов в исследуемых классах столкновений. Коэффициент размножения здесь определен как отношение средней множественности пионов, образованных в классах tot, A2 и

Рис. 4. Зависимость коэффициента размножения в разных классах π^{\pm} -Xe столкновений от начальных импульсов.



A4, к средней множественности пионов, образованных в квазиэлементарных столкновениях.

Видно, что для всех классов столкновений при малых начальных импульсах коэффициент размножения близок к единице. При высших импульсах он увеличивается как с ростом импульса, так и с ростом "центральности" столкновения.

В табл. 4 показаны отношения средних множественностей протонов, испускаемых в столкновениях класса A2 и A4, к средней множественности протонов из всех взаимодействий (tot).

Наблюдается увеличение интенсивности испускания протонов с ростом "центральности" столкновения, но для данного класса взаимодействий она не зависит от начального импульса. Этот факт, а также увеличение коэффициента размножения пионов с ростом импульса первичного пиона, за исключением самых небольших импульсов, и с ростом "центральности" столкновения подтверждают, что на увеличе-

Таблица 3

Значения коэффициентов размножения в разных классах столкновений при разных импульсах первичных пионов

Класс столкновения	$\pi^+ + \text{Xe}$	$\pi^- + \text{Xe}$	$\pi^+ + \text{Xe}$	$\pi^- + \text{Xe}$
P, ГэВ/с	2,34	3,5	5,0	9,0
$M_{TOT} = \frac{\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{TOT}}{\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_Q}$	$1,00 \pm 0,02$	$1,05 \pm 0,02$	$1,27 \pm 0,04$	$1,48 \pm 0,04$
$M_{A2} = \frac{\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{A2}}{\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_Q}$	$1,18 \pm 0,02$	$1,14 \pm 0,02$	$1,39 \pm 0,05$	$1,66 \pm 0,04$
$M_{A4} = \frac{\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_{A4}}{\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle_Q}$	$1,12 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,02$	$1,41 \pm 0,05$	$1,76 \pm 0,05$

Таблица 4

Отношения $\langle n_p \rangle_{A2}$ и $\langle n_p \rangle_{A4}$ к $\langle n_p \rangle_{TOT}$

Класс столкновения	$\pi^+ + Xe$	$\pi^- + Xe$	$\pi^- + Xe$	$\pi^- + Xe$
P, ГэВ/с	2,34	3,5	5,0	9,0
$W_{A2} = \frac{\langle n_p \rangle_{A2}}{\langle n_p \rangle_{TOT}}$	$1,32 \pm 0,02$	$1,30 \pm 0,02$	$1,31 \pm 0,04$	$1,35 \pm 0,04$
$W_{A4} = \frac{\langle n_p \rangle_{A4}}{\langle n_p \rangle_{TOT}}$	$1,78 \pm 0,02$	$1,69 \pm 0,03$	$1,68 \pm 0,05$	$1,78 \pm 0,06$

ние множественности $\langle n_{CH} \rangle$ при малых начальных импульсах влияет эмиссия протонов, с ростом начального импульса — более интенсивное рождение пионов.

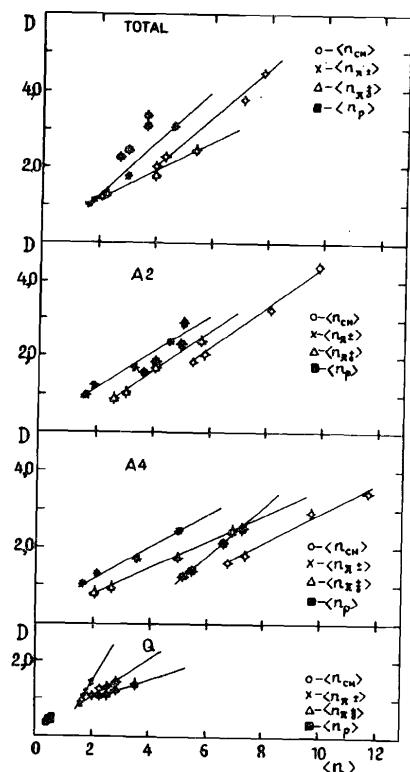


Рис. 5 иллюстрирует зависимость дисперсии распределений от средней множественности различных вторичных частиц в выбранных классах столкновений. В общем можно констатировать, что для пионов эти зависимости похожи на зависимости, наблюдаемые в элементарных столкновениях. Для протонов обращает на себя внимание быстрый рост значения дисперсии в то время, как рост средней множественности протонов $\langle n_p \rangle$ невелик для всех взаимодействий (tot) и взаимодействий класса A2. Этот факт может свидетельствовать об изменении характера эмиссии протонов с ростом импульсов первичных пионов. Для столкновений класса A4 зависимость D от

Рис. 5. Зависимость D от $\langle n \rangle$ для разных сортов испускаемых частиц в разных классах $\pi + Xe$ столкновений при разных начальных импульсах. Линии проведены "на глаз".

$\langle n \rangle$ прямолинейна, но отношение $\langle n_p \rangle / D$ значительно больше, чем при рождении пионов и всех заряженных частиц. Эта зависимость указывает на возможные изменения характера эмиссии протонов, когда столкновения происходят с большим участием ядра (более "центральные").

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В $\pi^+ + Xe$ взаимодействиях при 2,34 ГэВ/с не наблюдается увеличение интенсивности эмиссии рожденных пионов с ростом "центральности" столкновения — они происходят так, как столкновения π^\pm -мезона с одним нуклоном.

2. С увеличением импульса первичного пиона растет доля столкновений с интенсивным испусканием протонов и рождением пионов (более центральных), проявляя тенденцию выхода на плато при $P_{\pi^-} = 5,0$ ГэВ/с.

3. Множественные характеристики частиц, испускаемых в столкновениях с интенсивной эмиссией протонов при низких импульсах первичных пионов, не отличаются от квазиэлементарных столкновений (столкновений с одним нуклоном). С увеличением начального импульса становится заметным рост интенсивности рождения пионов относительно квазиэлементарных столкновений при постоянной интенсивности эмиссии протонов. Эти факты свидетельствуют о том, что на увеличение $\langle n_{CH} \rangle$ при низких начальных импульсах влияет увеличение интенсивности эмиссии протонов, а при высших импульсах — увеличение интенсивности рождения пионов.

4. Изменение характера распределений по множественности при импульсах первичных пионов между 2,34 и 5,0 ГэВ/с может свидетельствовать об изменении механизма столкновений адронов с ядрами в области этих импульсов.

Полученные нами экспериментальные результаты согласуются с результатами анализа одно- и многонуклонных взаимодействий, проведенного при помощи данных из пропановой пузырьковой камеры, облученной в пучке адронов с импульсами в диапазоне $(2,3 \div 9,9)$ ГэВ/с $^{6-9/}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miller K., Peryt W., Strugalski Z. — In: *Europh. Conf. Abstract, Cracow, 1976.*
2. Miller K. Thesis, Warsaw Technical University, Institute of Phys., 1979.; Strugalski Z., Miller K. JINR, E1-81-781, Dubna, 1981.
3. Strugalski Z. JINR, E1-12522, Dubna, 1979; Strugalski Z., Pawlak T., Pluta J. JINR, E1-83-234, Dubna, 1983; Strugalski Z., Pawlak T., Pluta J. JINR, E1-85-888, Dubna, 1985.

4. Strugalski Z., Pawlak T. JINR, E1-81-378, Dubna, 1981;
Strugalski Z. JINR, E1-84-195, Dubna, 1984;
Strugalski Z. JINR, E1-84-853, Dubna, 1984.
5. Стругальски З. и др. ОИЯИ, P1-83-68, Дубна, 1983.
6. Ахабабян Н.О., Гришин В.Г., Симич Л. ОИЯИ, P1-80-108, Дубна, 1980.
7. Ахабабян Н.О., Гришин В.Г., Симич Л. ОИЯИ, P1-80-405, Дубна, 1980.
8. Баатар Ц. и др. ОИЯИ, 1-80-111, Дубна, 1980.
9. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, P1-80-168, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 марта 1987 года.

Миллер К. и др.

P1-87-179

Множественные характеристики частиц,
испускаемых в π^{\pm} -Xe столкновениях при импульсах $(2,34 \pm 9,0)$ ГэВ/с

Исследовались средние множественности частиц, испускаемых в π^{\pm} -Xe столкновениях при начальных импульсах $(2,34 \pm 9,0)$ ГэВ/с. Отбирались случаи с интенсивной эмиссией протонов с целью анализа поведения множественных характеристик в зависимости от параметра столкновения и начального импульса. Столкновения с небольшим прицельным параметром сравнивались с квазиэлементарными столкновениями. Полученные нами результаты указывают на то, что при начальном импульсе 2,34 ГэВ/с множественности пионов, рожденных в столкновениях более "центральных" и квазиэлементарных, не отличаются друг от друга. С ростом начального импульса растет доля столкновений с интенсивной эмиссией протонов и увеличивается интенсивность испускания рожденных пионов. Изменение характера распределений по множественности при начальном импульсе ~ 5,0 ГэВ/с может свидетельствовать об изменении механизма столкновений адронов с ядрами в этой области импульсов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод авторов

Miller K. et al.

P1-87-179

Multiplicity Characteristics of Particles Emitted
in π^{\pm} -Xe Collisions at $(2,34 \pm 9,0)$ GeV/c

Multiplicity characteristics of different particles emitted in π^{\pm} -Xe collisions at $(2,34 \pm 9,0)$ GeV/c have been investigated. The events with intensive proton emission were selected with the aim to analyse the multiplicity distribution characteristics on dependence of the impact parameter. Comparison of these characteristics and quasidelementary ones was made. Average pion multiplicity from quasidelementary and "central" collisions are the same at 2,34 GeV/c. One can see rise of the proton emission and pion production with rise of both the incident beam momentum and "centrality" of interaction. The change of the multiplicity characteristics at about 5,0 GeV/c can be considered as the indication of the change of interactions mechanism at this momentum region.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987