

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



13/x-75

M-982

P1 - 9083

К.Мюллер, Я.Плюта, В.Пэрыт, З.С.Стругальский

3977/2-75

ИССЛЕДОВАНИЕ

ИНТЕНСИВНОСТИ ИСПУСКАНИЯ π^0 -МЕЗОНОВ

ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ БЫСТРЫХ π^\pm -МЕЗОНОВ

С АТОМНЫМИ ЯДРАМИ

1975

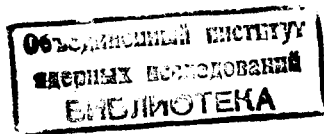
P1 - 9083

К.Мюллер*, Я.Плюта, В.Пэрыт,* З.С.Стругальский

ИССЛЕДОВАНИЕ

ИНТЕНСИВНОСТИ ИСПУСКАНИЯ π^0 -МЕЗОНОВ
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ БЫСТРЫХ π^\pm -МЕЗОНОВ
С АТОМНЫМИ ЯДРАМИ

Направлено в ЯФ



* Институт физики Варшавского технического университета.

В последние несколько лет внимание многих физиков привлекают распределения по кратностям частиц, испускаемых в реакциях при высоких энергиях. Разными группами экспериментаторов исследуются такие распределения как в элементарных взаимодействиях, так и во взаимодействиях быстрых частиц с атомными ядрами. Выявляются при этом корреляции между интенсивностями испускания разных продуктов реакций^{/1-5/}. Целью таких исследований является получение возможно более полной экспериментальной информации для выявления механизма рождения и эмиссии разных продуктов реакций в процессах соударений частиц и ядер при высоких энергиях.

Исследуя корреляции между интенсивностями испускания разных продуктов реакций, следует обращать внимание особенно на те продукты, которые удается регистрировать и идентифицировать в полном диапазоне их энергий и в полном телесном угле. Это обычно удается редко для заряженных продуктов, а для нейтральных такая возможность является свойственной лишь исключительно специальным детекторам. Однако, по мере разработки методики детекции и определения энергий гамма-квантов в ксеноновой пузырьковой камере, оказалось возможным регистрировать в этом приборе, при небольшом его объеме, π^0 -мезоны в полном телесном угле с эффективностью, близкой 100%, в диапазоне значений энергии E_{π^0} от 0 до максимальных встречающихся. Кроме того, в ксеноновой камере реакция происходит практически на химически однородной мишени - ксеноне. Содержание примесей в обычно применяемой рабочей смеси камеры следующее: 4% ядер водорода, 2% углерода и остальное количество -

чистый ксенон. Ядро ксенона является комплексом большого числа /131/ нуклонов. Это - исключительно хорошие условия для исследования процессов взаимодействия быстрых частиц с ядерным веществом, особенно для исследования характеристик рожденных в этих процессах π^0 -мезонов /6/.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований интенсивности рождения π^0 -мезонов в $\pi^- + \text{Xe}$ -взаимодействиях при 3,5 ГэВ/с. Для сравнения приводятся аналогичные данные реакций $\pi^+ + \text{Xe}$ при 2,34 ГэВ/с и $\pi^- + \text{Xe}$ при 9 ГэВ/с.

1. Метод исследования

В исследованиях использовались снимки 180-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ИТЭФ /7/, облученной в пучке π^- -мезонов с импульсом 3,5 ГэВ/с, и снимки 26-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 ГэВ/с. Просмотр снимков и отбор зарегистрированных событий для дальнейшего анализа проводился согласно определенным критериям, обычно использованным нами в наших прежних работах, выполняемых на ксеноновых пузырьковых камерах /3-6, 8-11/.

В отобранных при просмотре событиях были определены:

а/ полное число N_{ch} зарегистрированных вторичных заряженных частиц,

б/ число N_b коротких следов вторичных частиц - с длиной в плоскости снимка, не большей 5 мм; длине 5 мм в жидком ксеноне соответствует кинетическая энергия протонов $E_{\text{кр}} = 22 \text{ МэВ}$ и π -мезонов $E_{\text{кр}\pi} = 9 \text{ МэВ}$;

в/ число следов частиц, останавливающихся в камере без наблюдаемого следа ядерного взаимодействия этих частиц или их распада,

г/ число гамма-квантов, эмиттированных из точки исследуемого взаимодействия.

На базе этих данных для каждого случая определялись следующие характеристики процесса эмиссии вторичных частиц:

- а/ число N_{π^0} π^0 -мезонов,
- б/ число N_{π^\pm} π^\pm -мезонов,
- в/ число N_p испущенных протонов;
- г/ полное число N_{ch} зарегистрированных вторичных заряженных продуктов - $N_{\text{ch}} = N_p + N_{\pi^\pm}$.

2. Экспериментальные данные

В результате просмотра около 10000 снимков 180-литровой камеры было отобрано для дальнейшего анализа 2058 $\pi^- + \text{Xe}$ -взаимодействий при 3,5 ГэВ/с. Другая часть событий 2787 $\pi^+ + \text{Xe}$ -взаимодействий при 2,34 ГэВ/с была отобрана при просмотре снимков 26-литровой камеры.

2.1. Средние кратности испускаемых π^0 -мезонов $\langle n_{\pi^0} \rangle$

В табл. 1 приведены средние значения кратностей $\langle n_{\pi^0} \rangle$ π^0 -мезонов. Приведены также аналогичные данные для реакции $\pi^- + \text{Xe}$ при 5 и 9 ГэВ/с /4, 12/. Во втором столбце таблицы даны сведения, касающиеся полного экспериментального материала. В третьем столбце таблицы сведения относятся только к выделенным квазиэлементарным событиям из всех обрабатываемых. За квазиэлементарные принимались взаимодействия, удовлетворяющие условиям: $N_p = 0, 1$; $N_b = 0$. В работах, из которых приводились нами данные для сравнения, за квазиэлементарные принимались события с малыми числами N_{ch} : $N_{\text{ch}} \leq 3^{1/4}$ и $N_{\text{ch}} \leq 4^{1/2}$. При всех значениях импульса первичной частицы квазиэлементарные события составляли, согласно оценкам, около 25% всех изучаемых событий.

На рис. 1 показано сравнение экспериментальных значений средних кратностей π^0 -мезонов со значениями, полученными из расчета по модели внутриядерного каскада. Расчеты велись на основании работы В.С. Барашенкова и В.Д. Тонеева /13/ для реакций $\pi^- + {}^A\text{X}$, где ${}^A\text{X}$ - ядро из области массовых чисел A , близких массовому числу для ксенона, т.е. $A \approx 130$.

Таблица 1

Взаимодействие	$\langle n_{\pi^0} \rangle$ Все события	$\langle n_{\pi^0} \rangle$ квазиэлемент, соб.
$\pi^+ + \text{Xe}$ 2,34 ГэВ/с	$0,58 \pm 0,02$	$0,55 \pm 0,04$
$\pi^- + \text{Xe}$ 3,5 ГэВ/с	$0,96 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,05$
$\pi^- + \text{Xe}$ 5 ГэВ/с	$1,2 \pm 0,2 / 4/$	$1,2 \pm 0,2 / 4/$
$\pi^- + \text{Xe}$ 9 ГэВ/с	$1,5 \pm 0,2 / 4, 12/$	$1,5 \pm 0,2 / 4, 12/$

Таблица 2

Взаимодействие	Все события		Квазиэлемент, события	
	$\langle n_{\pi^0} \rangle$	f_2^{00}	$\langle n_{\pi^0} \rangle$	f_2^{00}
$\pi^+ + \text{Xe}$ 2,34 ГэВ/с	$0,77 \pm 0,02$	$-0,22 \pm 0,05$	$0,81 \pm 0,05$	$-0,20 \pm 0,08$
$\pi^- + \text{Xe}$ 3,5 ГэВ/с	$1,08 \pm 0,03$	$-0,29 \pm 0,05$	$1,11 \pm 0,05$	$-0,26 \pm 0,08$
$\pi^- + \text{p}$ 40 ГэВ/с/16/	$2,43 \pm 0,05$	$0,51 \pm 0,15$	-	-

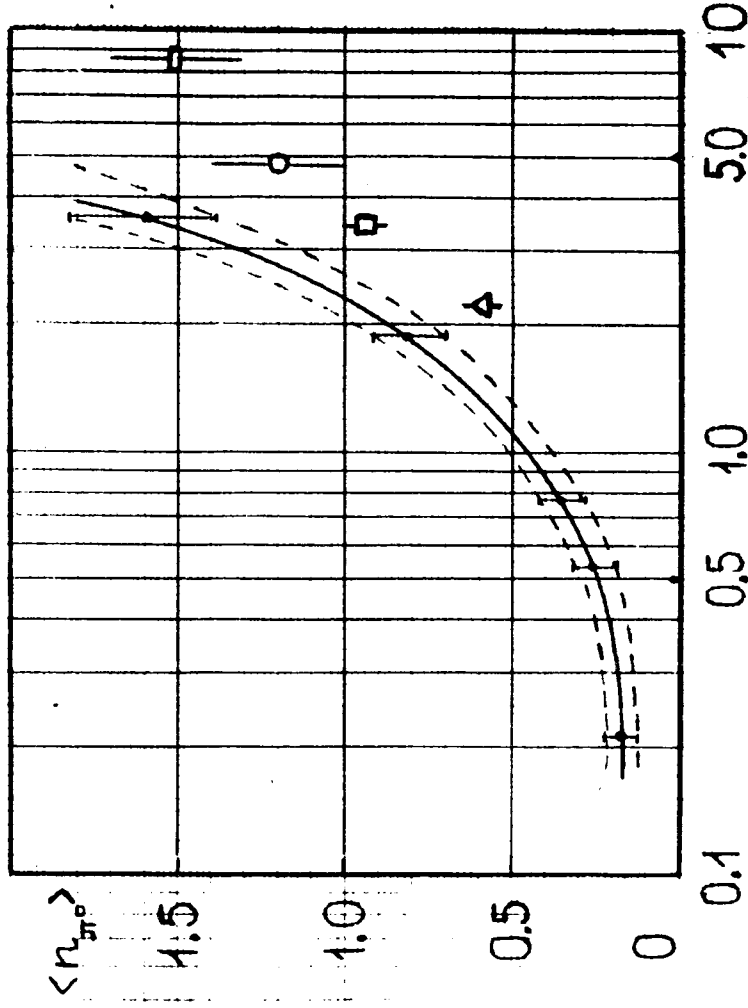


Рис. 1. Зависимость от энергии T среднего числа π^0 - мезонов $\langle n_{\pi^0} \rangle$, испускаемых в реакциях быстрых π^\pm - мезонов с ядрами ксенона. Δ , \square , \circ , \times - экспериментальные точки; — - предсказания теории внутреннего каскада.

2.2. Зависимость средней кратности π^0 -мезонов от кратности заряженных продуктов реакции

На рис. 2 показаны зависимости средней кратности $\langle n_{\pi^0} \rangle$ π^0 -мезона от числа заряженных продуктов реакции, испускаемых в сопровождении π^0 -мезонов. Приведены сведения для $\pi^- + \text{Xe}$ -взаимодействий при 3,5 ГэВ/с и для взаимодействий $\pi^+ + \text{Xe}$ при 2,34 ГэВ/с.

2.3. Форма распределения кратностей π^0 -мезонов

С целью проведения анализа формы распределения π^0 -мезонов по кратностям, из всего экспериментального материала были отброшены события, удовлетворяющие условиям: $N_{\pi^\pm} = 0,1$ и $N_\gamma = 0$. Таким образом, были устранены из рассмотрения события, в которых не испускались π -мезоны. Этих событий было около 10÷15% всех изучаемых случаев как при 2,34 ГэВ/с, так и при 3,5 ГэВ/с.

Распределение анализируемых событий по числам испускаемых в них π^0 -мезонов показано на рис. 3. Показаны распределения всех событий, а также тех из них, которые, согласно критериям, могут быть трактованы как события квазиэлементарные. Показана также форма наиболее подходящего для описания экспериментальных данных распределения Пуассона. Распределения взаимно нормированы.

2.4. Параметры распределения кратностей $\langle n_{\pi^0} \rangle$

Для распределения кратностей, показанных на рис. 3, была определена дисперсия D_{π^0} и параметр корреляции $f_2^{\pi^0} = D_{\pi^0}^2 - \langle n_{\pi^0} \rangle$. Полученные значения приведены в табл. 2. Там также приведен соответствующий результат для реакции $\pi^- + p$ при 40 ГэВ/с^{14/}.

На рис. 4 полученные в опыте значения параметров распределений кратностей π^0 -мезонов сравнены с предсказаниями феноменологической модели^{15/}. Данные из

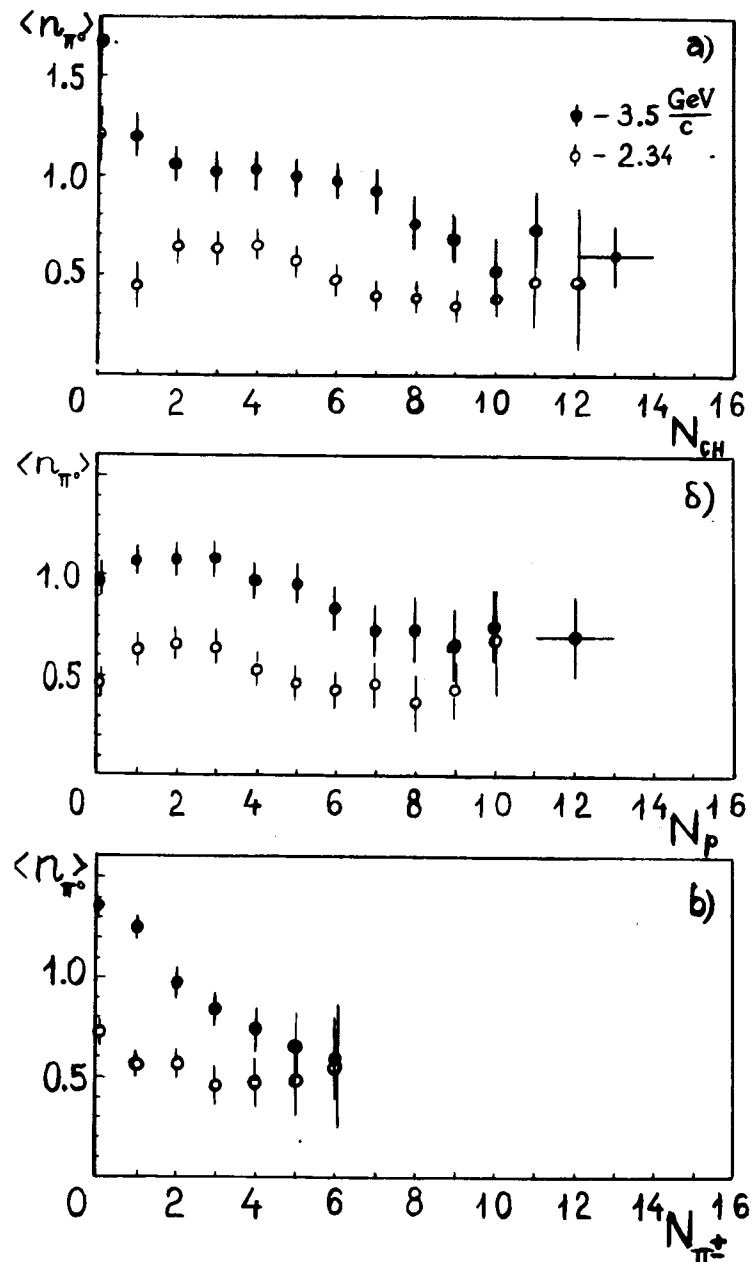


Рис. 2. Зависимости средних кратностей эмиссии π^0 -мезонов $\langle n_{\pi^0} \rangle$ во взаимодействиях $\pi^- + \text{Xe}$ при 3,5 ГэВ/с и $\pi^+ + \text{Xe}$ при 2,34 ГэВ/с от числа: а/ всех заряженных продуктов реакции N_{ch} ; б/ протонов N_p ; в/ заряженных π^\pm -мезонов N_{π^\pm} .

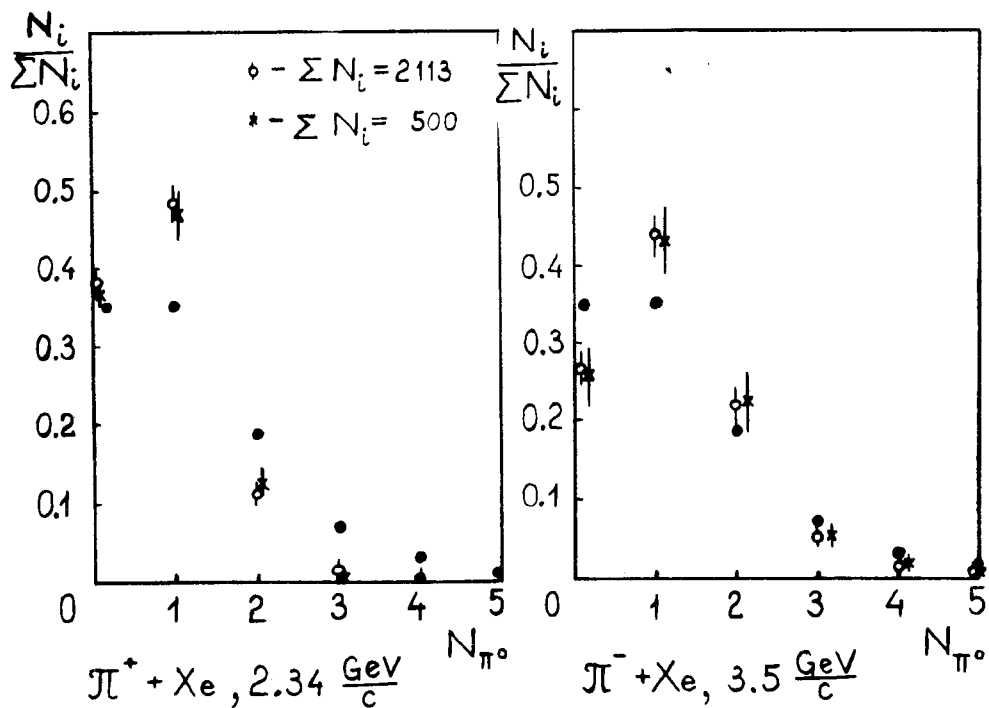


Рис. 3. Форма распределения кратности π^0 -мезонов: \circ - для всех обрабатываемых событий; $*$ - для квазиэлементарных событий; \bullet - распределение Пуассона. Распределения нормированы.

расчета относятся к реакции $\pi^- + p$. Модель опирается на предположение, что форму распределений всех частиц, излучаемых в реакциях, можно описать формулой, данной Чижевским и Рыбickим^{/16/}, а кратности соответствующих зарядовых состояний определяются согласно гипотезе изоспиновой независимости. Результаты модели, касающиеся распределений кратностей π^0 -мезонов, остаются в согласии с линейной зависимостью дисперсии распределения. Аналогичное согласие было указано ранее для заряженных продуктов реакции^{/17/}. Для сравнения приведены также соответствующие данные для $\pi^- + p$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с^{/14/}. Через экспериментальные

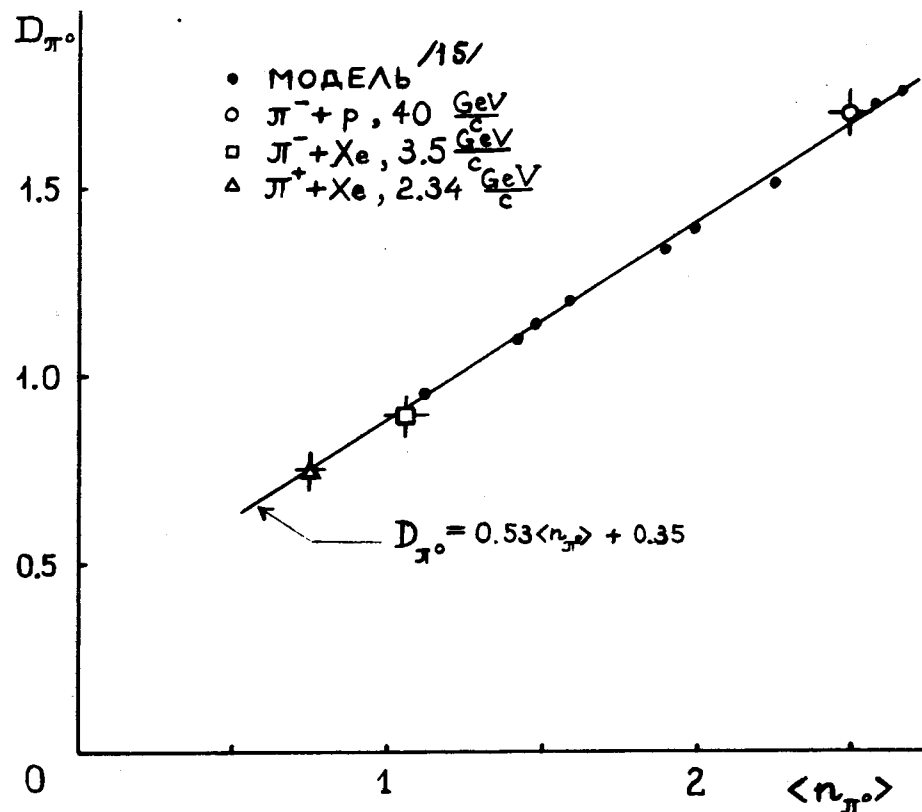


Рис. 4. Параметры распределения кратностей π^0 -мезонов, излучаемых в $\pi^- + Xe$ -взаимодействиях в сравнении с соответствующими данными для $\pi^- + p$ взаимодействий и с результатами модели^{/15/}.

пункты проведена наиболее точно подобранная прямая $D_{\pi^0} = A \langle n_{\pi^0} \rangle + B$ с коэффициентами $A = 0,53 \pm 0,04$ и $B = 0,35 \pm 0,03$.

3. Обсуждение экспериментальных результатов

Результаты этой работы указывают, что в диапазоне импульсов P_{π^-} -взаимодействующих с ядром пионов, 2

$2 < P_{\pi} < 10$ ГэВ/с, не наблюдается влияния вторичных процессов в ядре на распределение кратностей π° -мезонов. Характеристики кратностей π° -мезонов, испускаемых в исследованных ядерных взаимодействиях, остаются в согласии с феноменологической моделью, касающейся рождения частиц в элементарных взаимодействиях^{/15/}. Эта модель предвидит отрицательные корреляции в распределении средних кратностей π° -мезонов в зависимости от числа заряженных вторичных частиц в исследуемом диапазоне значений энергий. Существование таких корреляций было обнаружено в нашей настоящей работе, особенно корреляций между π° и π^{+} -мезонами.

Сравнение полученных на опыте средних кратностей рождения π° -мезонов с предсказаниями модели внутриядерного каскада указывает на существенные расхождения. Одновременно наблюдается сильная зависимость угловых и энергетических распределений π° -мезонов от числа испущенных заряженных частиц^{/8/}. Уже при 2,34 ГэВ/с средний импульс π° -мезонов, испускаемых в квазиэлементарных взаимодействиях, больше 600 МэВ/с, что существенно превосходит пороговое значение для реакции рождения π -мезонов. Наблюдаемый факт отсутствия или присутствия слабой эмиссии вторичных π° -мезонов указывает на существование механизма, ведущего к торможению процесса продукции пионов в ядре.

Литература

1. Y. Goldschmidt-Clermont. *Acta Physica Polonica*, B4, No. 6, 805 (1973).
2. E. M. Friedländer, M. Marcu, R. Nitu. *Lett. Nuovo Cim.*, 9, 341 (1974).
3. Z. S. Strugalski, T. Siemiarczuk. *Phys. Lett.*, 11, 170 (1964).
4. Б. Словинский, З. С. Стругальский. *ОИЯИ*, P1-6408, Дубна, 1974.
5. Б. Словинский, З. С. Стругальский. *ОИЯИ*, P1-6557, Дубна, 1972.
6. М. Дашкевич, Б. Словинский, З. С. Стругальский. *ЯФ*, 5, 341 /1967/.
7. Е. В. Кузнецов, А. Н. Розанов, Ю. В. Бардюков, И. Н. Виноградов, В. В. Бармин, В. М. Голубчиков, А. Г. Долго-

ленко, И. С. Коноплин, А. Г. Мешковский, В. А. Шебанов. *ПТЭ*, №2, 56 /1970/.

8. Я. Плюта, З. С. Стругальский. *ОИЯИ*, P1-7398, Дубна, 1973.
9. Я. Плюта, З. С. Стругальский. *ОИЯИ*, P1-7399, Дубна, 1973.
10. Б. Словинский, З. С. Стругальский. *ОИЯИ*, P1-7439, Дубна, 1973.
11. З. С. Стругальский, Я. Плюта. *ЯФ*, 20, 504 /1974/.
12. Z. S. Strugalski, T. Siemiarczuk. *Phys. Lett.*, 13, 347 (1964).
13. В. С. Барашенков, В. Д. Тонеев. *Взаимодействие высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами*, Москва, Атомиздат, 1972.
14. Н. Ангелов, В. Г. Гришин, П. Керачев. *ОИЯИ*, P1-7844, Дубна, 1974.
15. M. Bardadin-Otwinowska, H. Biatkowska, J. Gajewski, R. Gokeili, S. Otwinowski, W. Wójcik. *Acta Physica Polonica*, B4, 561 (1973).
16. O. Czyżewski, K. Rybicki. *Nucl. Phys.*, B47, 633 (1972).
17. A. Wróblewski. *Preprint, Warsaw University*, IFD-72/2.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июля 1975 года.