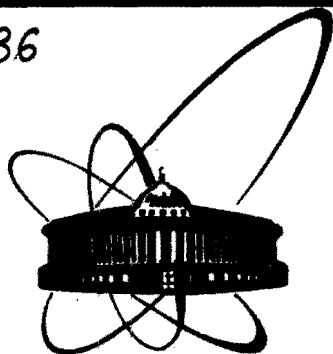


Ш 136



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P1-86-303

СПЕКТРЫ РЕЛЯТИВИСТСКИХ π^+ -МЕЗОНОВ
И ПРОТОНОВ В НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ЯДЕР ^{22}Ne С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,1 ГэВ/с НА НУКЛОН

1986

Г.С.Шабратова

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Н.П.Андреева, З.В.Анзон, А.Ш.Гайтинов, И.Я.Часников,
Ц.И.Шахова

Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

И.Б.Бободжанов, В.А.Лескин

Физико-технический институт АН ТаджССР, Душанбе

В.Г.Богданов, В.А.Плющев, З.И.Соловьева

Радиовый институт им.В.Г.Хлопина, Ленинград

ВВЕДЕНИЕ

Исследования взаимодействий релятивистских ядер с ядрами при-
обретают в последние годы все более широкий масштаб, с акцентом
на получении полной информации о каждом взаимодействии. Использо-
вание с этой целью методики ядерных фотоэмульсий имеет ряд
достоинств, позволяющих получать данные о свойствах всех вторич-
ных заряженных частиц, возникающих в результате столкновений
ядер.

При изучении неупругих взаимодействий ядер неона-22 с ядрами
фотоэмульсии при импульсе 4,1 А ГэВ/с были проанализированы об-
щие характеристики вторичных заряженных частиц ^{1,2/} традиционно
объединенных в широкие классы - s-, g- и b-частицы ^{3/2/}. Целью на-
стоящей работы является более детальное исследование в этих взаи-
модействиях релятивистских однозарядных частиц с $\beta > 0,75$ /s-ча-
стиц/ - изучение импульсных спектров релятивистских протонов
и π^{\pm} -мезонов, распределений этих частиц по поперечным импульсам
 P_{RT} , $P_{\pi T}$, пространственному углу вылета θ , скорости $u = 1/2 \ln(E_+ + P_{II}/E - P_{II})$, а также рассмотрение зависимости этих характе-
ристик от степени расщепления ядра-мишени и ядра-снаряда.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Для проведения анализа были использованы экспериментальные
данные из 452 звезд. В этих звездах были выбраны 1695 следов од-
нозарядных ливневых s-частиц с углами наклона к плоскости фото-
эмульсии $\alpha_0 < 5$ без ограничений по углу вылета θ . Выделение s-ча-
стиц проводилось по относительной ионизации следов, удовлетворяю-
щей условию $g/g_0 < 1,4 / g_0$ - ионизация на следе протона
с $p\beta \approx 4$ ГэВ/с, то есть в минимуме ионизационных потерь/. Приме-
нение этого критерия соответствует выделению частиц с $\beta > 0,75$ ^{4/}.
Для учета вклада следов с углами наклона больше граничного α_0
вводились геометрические поправки $W_i = \pi/2 \arcsin(\sin \alpha_0 / \sin \theta_i)$.
На выбранных следах были измерены величины $p\beta$ методом многократ-
ного кулоновского рассеяния; средняя ошибка отдельных измерений
 $\langle \Delta p\beta \rangle$ протонов и пионов при этом оказалась $\approx 15\%$. Полученный мас-
сив следов содержал все однозарядные s-частицы, включая фрагмен-
ты ядра-снаряда /ф.я.с./ - протоны, дейтроны, тритоны.

Анализ углового распределения однозарядных s-частиц во взаи-
модействиях ядер углерода с ядрами фотоэмульсии $^{12}\text{C} + \text{эм.}$ при
импульсе 4,5 А ГэВ/с ^{3/} показал, что подавляющее большинство

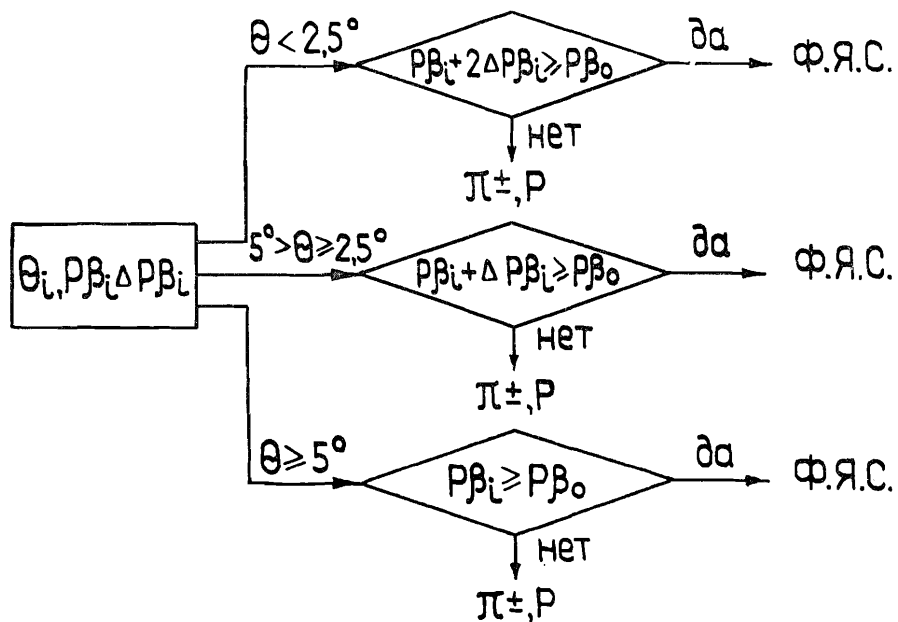


Рис.1. Алгоритм отделения ф.я.с. от π^\pm -мезонов и протонов-участников взаимодействия.

фрагментов ядра-снаряда сосредоточено в области углов испускания $\theta < 2,5^\circ$, с ростом θ число фрагментов быстро убывает к границе $\theta \approx 5^\circ$, однако наблюдались ф.я.с. с углами $\theta > 5^\circ$. Для выделения ф.я.с. в данной работе был применен алгоритм /схема дана на рис.1/, учитывающий свойства сильной коллимации фрагментов я.с. и сохранения импульса близким к начальному / $p\beta_0 \approx 4$ ГэВ/с на нуклон в пучковом ядре/ в сочетании с конкретными характеристиками рассматриваемой частицы: углом θ_i , величиной $p\beta_i$ и ошибкой $\Delta p\beta_i$ в ее измерении.

Полученное в результате вычитания фрагментов ядра-снаряда распределение релятивистских частиц-нефрагментов по $p\beta$ /суммарный спектр π^\pm -мезонов и протонов - участников взаимодействия/ дано на рис.2 сплошной линией /здесь и на рис.4, 5, 6 ордината представлена в относительных единицах/.

Для разделения нефрагментов на протоны и пионы были использованы известные зависимости ионизационных потерь заряженных частиц $I = g/g_0 = f(p\beta)^{1/4}$. При этом необходимо отметить, что применяемый критерий выделения s-частиц $g/g_0 < 1,4$ приводит к следующим условиям отбора следов π^\pm -мезонов и протонов соответственно: $p\beta_\pi > 120$ МэВ/с и $p\beta_p > 300$ МэВ/с. Видно, что частицы с $p\beta_i < 800$ МэВ/с соответствуют пионам. По кривым ионизационных потерь $g/g_0 = f(p\beta)$ частицы в интервале спектра

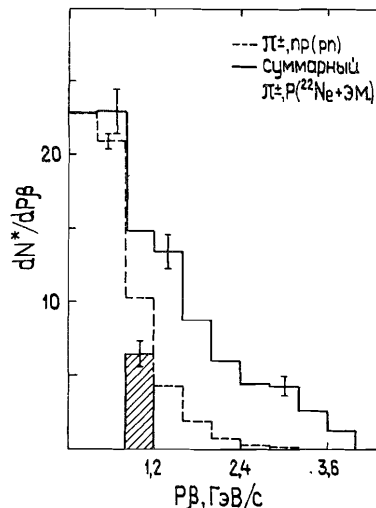


Рис.2. Суммарный $p\beta$ спектр релятивистских π^\pm и p, участвовавших во взаимодействии. Заштрихованный участок показывает идентифицированные протоны.

$0,8 \leq p\beta < 1,2$ ГэВ/с можно разделить на пионы, каоны и протоны /точность измерений ионизации на следах в этом интервале $p\beta$ составляла около 3%. Учитывая относительно малый выход K^\pm -частиц, в дальнейшем рассмотрении мы исключили идентифицированные каоны и пренебрегли неидентифицированными. В области спектра $p\beta \geq 1,2$ ГэВ/с вследствие сближения кривых ионизационных потерь для пионов и протонов идентификация частиц

оказалась затруднительной. Для разделения таких частиц был использован импульсный спектр π^\pm -мезонов в $p\pi(pn)$ -взаимодействиях, полученный для условий, близких к нашим, в работах /5-7/. Соответствующий спектр $p\beta$ показан на рис.2 пунктиром. Оказалось, что вклад пионов с $p\beta > 1,2$ ГэВ/с в нем составляет менее 13%. Уравняв основную часть /87%/ этого спектра с экспериментальным "эмульсионным" распределением π^\pm -мезонов по $p\beta$ до границы $p\beta < 1,2$ ГэВ/с /площадь на рис.2 под сплошной линией без заштрихованной части, соответствующей идентифицированным протонам/, получим возможность оценить вклад пионов и протонов в области $p\beta \geq 1,2$ ГэВ/с и провести их разделение статистически. Для каждой частицы с данным $p\beta_i$ определялся вес, соответствующий отношению площадей в данном интервале $p\beta$ под пунктирной и сплошной линиями, с которым частица приписывалась к группе пионов, и дополнительный до единицы вес, с которым частица относилась к группе протонов. При этом как "пиону", так и "протону" приписывали угол θ_i , равный углу наблюдения исходной частицы, полагая, что угловые характеристики пионов и протонов в этой области $p\beta$ отличаются несущественно. Угловые /по θ / распределения π^\pm -мезонов и p, идентифицированных в области $0,8 \leq p\beta < 1,2$ ГэВ/с, дали следующие средние значения: $\langle \theta_\pi \rangle = 24 \pm 2^\circ$; $\langle \theta_p \rangle = 27 \pm 2^\circ$. По нашим оценкам, используемая процедура разделения не приведет к заметным искажениям угловых и энергетических характеристик протонов и пионов, поскольку применяется для выделения ~ 13% пионов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл.1 представлено соотношение в процентах релятивистских однозарядных частиц в неупругих взаимодействиях ^{22}Ne с ядрами фотоэмульсии. Разделение фрагментов ядра-снаряда - протонов,

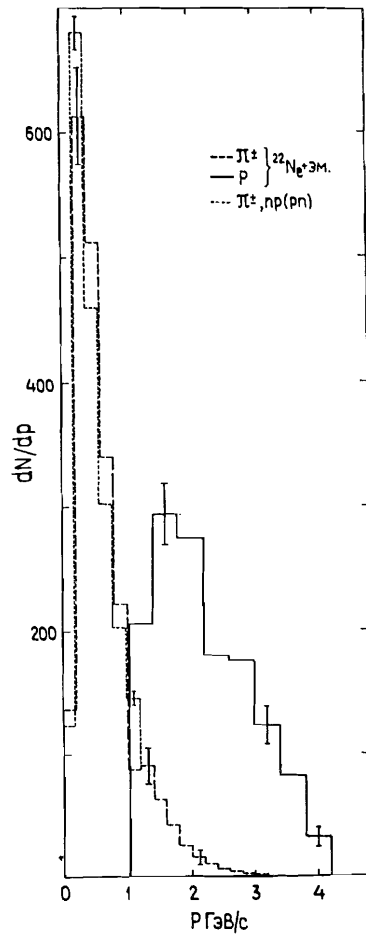


Рис.3. Импульсные спектры π^\pm -мезонов и протонов для 452 неупругих столкновений $^{22}\text{Ne} + \text{ядра эмульсии}$.

Рис.4. Распределения π^\pm -мезонов и протонов по углу вылета.

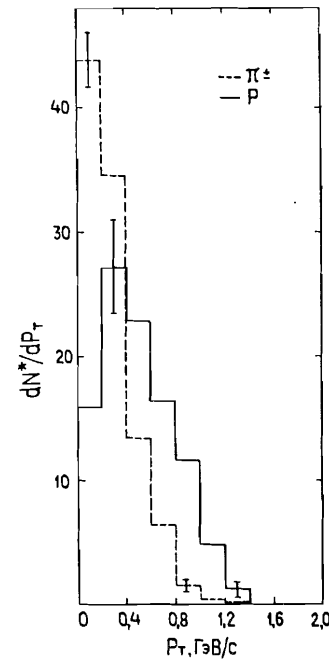
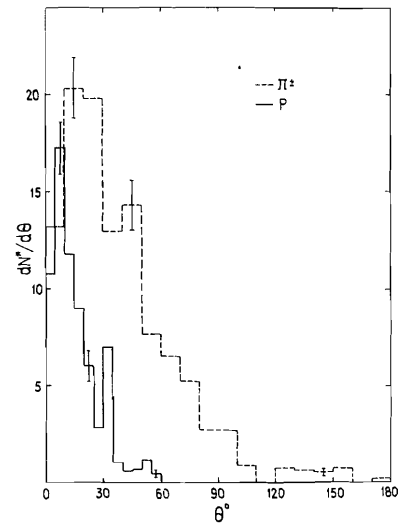


Рис.5. Спектры поперечных импульсов π^\pm -мезонов и p. Площади спектров отнормированы.

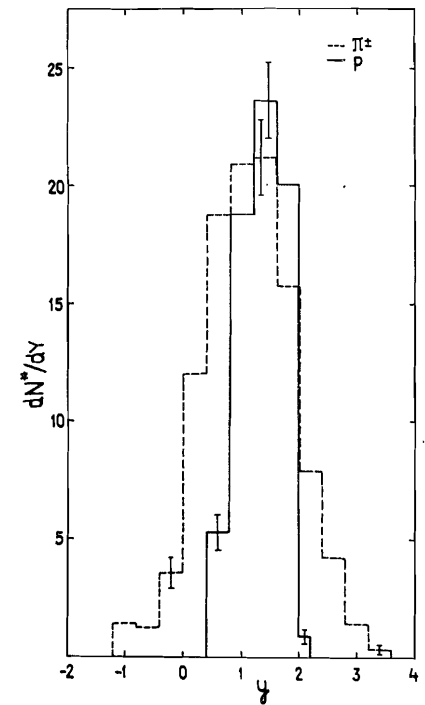


Рис.6. Распределения π^\pm -мезонов и p по быстроте.

Соотношение в процентах релятивистских π^\pm -мезонов и протонов, участвовавших во взаимодействии, а также фрагментов ядра-снаряда протонов, дейтронов, тритонов

Таблица 1

π^\pm -мезоны	p	Фрагменты ядра-снаряда		
		p	d	t
50 ± 2	$31,7 \pm 2$	12 ± 1	$4,8 \pm 1$	$1,5 \pm 0,4$

дейтронов, тритонов проводилось с учетом величин $p\beta_1$ и $p\beta_0$ так же, как в ^{3/}. На рис.3-6 представлены распределения пионов и протонов по импульсу, поперечному импульсу, углам испускания и быстротам, которые обнаруживают существенные различия для этих частиц. Средние величины, характеризующие спектры, а также величины $\langle N_\pi/N_p \rangle$ /среднее число рожденных π^\pm -мезонов на один взаимодействовавший протон, частицы с $\beta > 0,75$ даны в табл.2 как для всех взаимодействий, так и для групп событий с $N_h \leq 7$ и $N_h > 7$, для групп, где $Q = 7 \div 10$ и $Q = 0 \div 2$. N_h - число сильно-ионизирующих частиц, испущенных ядром-мишенью, Q - величина суммарного заряда фрагментов ядра-снаряда в событии. События с $N_h \leq 7$ соответствуют взаимодействиям на легких ядрах фотоэмульсии H, C, N, O и периферическим взаимодействиям на тяжелых ядрах Ag и Br, а с $N_h > 7$ - на тяжелых ядрах. События с $Q = 7 \div 10$ соответствуют периферическим взаимодействиям, а с $Q = 0 \div 2$ - центральным.

Средние характеристики спектров π^{\pm} -мезонов и р

Средние значения	Все события	$N_{\pi} \leq 7$	$N_{\pi} > 7$	G	
				0 + 2	7 + 10
P_{π} МэВ/с	650 ± 20	740 ± 30	620 ± 30	600 ± 40	690 ± 40
P_p МэВ/с	2190 ± 50	2390 ± 60	2070 ± 60	2020 ± 90	2340 ± 70
θ_{π} град	38 ± 1	27 ± 2	43 ± 2	44 ± 2	32 ± 2
θ_p град	16 ± 1	12 ± 1	18 ± 1	$18 \pm 1,6$	12 ± 1
U_{π}	$1,14 \pm 0,03$	$1,45 \pm 0,05$	$1,02 \pm 0,04$	$0,99 \pm 0,06$	$1,3 \pm 0,06$
U_p	$1,36 \pm 0,02$	$1,5 \pm 0,03$	$1,29 \pm 0,03$	$1,27 \pm 0,05$	$1,49 \pm 0,03$
$P_{\pi T}$	280 ± 10	240 ± 10	290 ± 10	280 ± 15	245 ± 15
P_{pT}	500 ± 20	430 ± 20	540 ± 25	530 ± 30	410 ± 30
N_{π}/N_p	$1,6 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,2$

В пр(рп) - взаимодействиях $\langle P_{\pi} \rangle = 620 \pm 5$ (Мэв/с)

ВЫВОДЫ

1. Распределения релятивистских пионов и протонов по углу испускания, импульсу, поперечному импульсу и быстротам обнаруживают существенные различия для этих частиц.

2. По результатам, представленным в табл.2, видно, что с уменьшением геометрического перекрытия сталкивающихся ядер и возрастанием роли периферических взаимодействий, а также при переходе от столкновений с тяжелой к столкновениям с легкой компонентой эмульсии наблюдаются следующие общие свойства рассматриваемых в работе π^{\pm} -мезонов и р :

а/ средние импульсы частиц незначительно возрастают;

б/ наблюдается усиление коллимации частиц;

в/ возрастают средние скорости частиц;

г/ уменьшаются величины средних поперечных импульсов частиц, что связано с усилением их коллимации;

д/ наблюдается уменьшение среднего числа рожденных π^{\pm} -мезонов на один протон - N_{π}/N_p .

3. Наблюдается близость средних импульсов пионов в центральных столкновениях $^{22}\text{Ne} + \text{эм.}$ и в элементарном акте пр(рп), в то время как в периферических взаимодействиях средние импульсы пионов несколько выше. В целом средний импульс пионов при переходе от пр(рп) - к $^{22}\text{Ne} + \text{эм.}$ -взаимодействиям практически не изменяется.

Авторы выражают благодарность К.Д.Толстову за постановку задачи, стимулирование работы и участие в обсуждениях, а также лаборантам, принявшим участие в измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вокалова А. и др. В сб.: "Краткие сообщения ОИЯИ", № 12-85, Дубна, 1985, с.15.
2. Вокалова А. и др. ОИЯИ, P1-86-8, Дубна, 1986.
3. Марин А. и др. ЯФ, 1979, 29, с.105.
4. Ритсон Д. Экспериментальные методы в физике высоких энергий. "Наука", М., 1964.
5. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-83-437, Дубна, 1983.
6. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-82-507, Дубна, 1982.
7. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-8565, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 мая 1986 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Шабратова Г.С. и др. .

P1-86-303

Спектры релятивистских π^{\pm} -мезонов и протонов в неупругих взаимодействиях ядер ^{22}Ne с ядрами фотоэмульсии при импульсе 4,1 ГэВ/с на нуклон

Релятивистские однозарядные частицы, испущенные в неупругих столкновениях ^{22}Ne с ядрами фотоэмульсии при импульсе 4,1 ГэВ/с, разделены на π^{\pm} -мезоны; протоны, испытавшие взаимодействие, и спектры ядра-снаряда - протоны, дейтроны, тритоны. Получены соотношения выходов π^{\pm} -мезонов и протонов - участников взаимодействий, спектры импульсов, быстрой и углов вылета. Проанализированы средние характеристики спектров частиц в группах событий с разной степенью расщепления ядра-мишени и ядра-снаряда. Импульсный спектр π^{\pm} -мезонов сравнивается со спектром π^{\pm} -мезонов в нейтрон-протонных взаимодействиях.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Shabratova G.S. et al.

P1-86-303

Spectra of Relativistic π^{\pm} -Mesons and p in Inelastic ^{22}Ne Interactions with Photoemulsion Nuclei at 4.1 GeV/c per Nucleon

Momentum, emission angle, transverse momentum and rapidity spectra and their average characteristics of relativistic π^{\pm} -mesons and participant protons in collisions of ^{22}Ne nuclei with nuclear emulsion at $P_0=4.1$ GeV/c per nucleon are obtained. The same values have been obtained for events with different degree of disintegration of a target-nucleus and a projectile. The spectrum of π^{\pm} is compared with a similar one for nucleon-nucleon interactions. The yield of relativistic π^{\pm} , participant protons and p, d, t - spectators is obtained as well.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986