

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P1-87-97

Д. Армутлийски, Р. Н. Бекмирзаев<sup>1</sup>, А. П. Гаспарян,  
Е. Н. Кладницкая, Д. К. Копылова, В. Б. Любимов,  
М. М. Муминов<sup>1</sup>, В. Ф. Никитина, В. М. Попова<sup>2</sup>,  
М. И. Соловьев, Р. Тогоо, У. Д. Шеркулов<sup>1</sup>

ОБРАЗОВАНИЕ  $\Lambda$ -ГИПЕРОНОВ  
И  $K^0$ -МЕЗОНОВ  
В КУМУЛЯТИВНЫХ  $pC$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 10 ГэВ/с

Направлено в журнал "Ядерная физика"

<sup>1</sup> Самаркандский государственный университет

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики  
МГУ, Москва

1987

## ВВЕДЕНИЕ

Существенную информацию о механизме кумулятивных адрон-ядерных взаимодействий дают исследования в них процессов множественного рождения частиц. К настоящему моменту достаточно полно изучены инклюзивные спектры самих кумулятивных адронов и начинают появляться данные об особенностях множественного образования адронов (в основном пионов и протонов) в этих столкновениях /1+7/. В данной работе впервые удалось получить сведения о рождении нейтральных странных частиц ( $\Lambda$  - гиперонов и  $K^0$ -мезонов) во взаимодействиях кумулятивного типа. Образование странных частиц исследовалось в двух группах кумулятивных рс-взаимодействий при 10 ГэВ/с. Это события, сопровождающиеся испусканием кумулятивных пионов (заряженных и нейтральных) и кумулятивных протонов. Получены сведения об угловых и энергетических характеристиках  $\Lambda$  - и  $K^0$ - частиц, данные по их множественности, изучены особенности самих кумулятивных взаимодействий, сопровождающихся испусканием странных частиц.

## МЕТОДИКА

Работа выполнена на стереофотоснимках с 2-метровой пропановой камеры, облученной пучком протонов с  $P_p=10$  ГэВ/с на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. На этих снимках просматривались все взаимодействия первичных протонов в пропане, и для последующего анализа отбирались три группы событий. В первую группу вошли взаимодействия, сопровождающиеся испусканием в заднюю полусферу (ЗП) лабораторной системы координат (ЛСК), ограниченную углами  $\theta \geq 135^\circ$  по отношению к первичному пучку,  $\Pi^\pm$ -мезонов с импульсом  $P_\pi > 200$  МэВ/с, во вторую - события с испусканием в этот же интервал углов ЗП протонов с импульсом  $P_p > 380$  МэВ/с.

Третья группа событий отбиралась по наличию в них хотя бы одного  $\gamma$ -кванта, испущенного из точки взаимодействия в полный интервал углов ЗП с  $E_\gamma > 100$  МэВ ( $\gamma$ -кванты регистрировались по  $e^+e^-$ -парам конверсии).

Окончательно для анализа отбирались взаимодействия, имеющие хотя бы один  $\Pi^\pm$ - мезон с углом испускания  $\theta \geq 135^\circ$  и значением величины  $\beta^\circ > 0,6$ , где  $\beta^\circ = (E - P \cos \theta) / m_N$  (здесь  $E$  и  $P$  - полная энергия и импульс в ЛСК рассматриваемого адрона,  $m_N$  - масса нуклона) /1/. В эту группу событий (назовем их мезонными кумулятивными взаимодействиями - МКВ) были включены события, имеющие в ЗП  $\gamma$ -квант с  $E_\gamma > 100$  МэВ, для  $-0,5 \leq \cos \theta_\gamma \leq 0$  удовлетворяющий до-

полнительному условию  $E_\gamma > (0,35 + 0,5 \cos \theta_\gamma)$  ГэВ. В предположении, что источником  $\gamma$  - квантов служат  $\Pi^0$  - мезоны, по этим условиям отбираются события с испусканием в ЗИ  $\Pi^0$ -мезонов с  $\beta^0 > 0,6/6$ . Таким образом в группу МКВ вошли события с испусканием заряженных и нейтральных кумулятивных  $\Pi$  - мезонов. Среди событий с испусканием в интервал углов  $\theta \geq 135^\circ$  протонов с  $P_p > 380$  МэВ/с выделена группа протонных кумулятивных взаимодействий (ПКВ) по наличию в них протона с  $\beta^+ > 1,3^k$ . Во всех событиях отрицательные вторичные частицы считались  $\Pi^-$ -мезонами, среди положительно заряженных частиц с импульсом  $P \leq 0,8$  ГэВ/с производилась визуальная (по ионизации) идентификация протонов и  $\Pi^+$  - мезонов. Остальные положительно заряженные частицы не идентифицировались.

В отобранных событиях регистрировались все сопутствующие  $V^0$ -частицы, среди которых были выделены и проанализированы  $\Lambda$ -гипероны и  $K^0$ - мезоны по принятой для 2-метровой пропановой камеры методике /8/. Всего для анализа было использовано 37 событий с испусканием  $\Lambda$ -гиперонов (22 в ПКВ и 15 в МКВ) и 27 событий с испусканием  $K^0$ - мезонов (17 в ПКВ и 10 в МКВ), найденных среди общего числа 1018 МКВ и 1522 ПКВ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице I суммированы результаты по средним импульсам в ЛСК ( $\langle P \rangle$ ), средним поперечным импульсам ( $\langle P_\perp \rangle$ ), средним скоростям в ЛСК ( $\langle \beta \rangle$ ) и средним множественностям ( $\langle n \rangle$ )  $\Lambda$ - и  $K^0$ - частиц в отмеченных выше двух группах кумулятивных рс-взаимодействий при  $P_p = 10$  ГэВ/с. В таблице для сравнения приведены опубликованные данные /9/ для странных частиц, образованных в Ср-взаимодействиях при  $P_s = 4,2$  ГэВ/с на нуклон. Эти результаты получены также на 2-метровой пропановой камере с использованием идентичной с настоящей работой методикой обработки  $V^0$ -частиц. Из приведенных результатов следует отметить тенденцию к уменьшению средних импульсов  $K^0$ -мезонов в МКВ по сравнению с ПКВ, в которых общие характеристики странных частиц оказываются близкими к соответствующим результатам для Ср - взаимодействий. Множественности  $\Lambda$ -и  $K^0$ - частиц в кумулятивных взаимодействиях оказываются систематически больше множественностей этих частиц в Ср - столкновениях (множественность  $\Lambda$  - гиперонов в 6-8 раз,  $K^0$ - мезонов в 10-20 раз). Этот

Таблица I. Средние характеристики  $\Lambda$  - гиперонов и  $K^0$ - мезонов в кумулятивных рс-взаимодействиях при  $P_p=10$  ГэВ/с

Характеристика	ПКВ		МКВ		Ср-взаимодействия /9/	
	$\Lambda$	$K^0$	$\Lambda$	$K^0$	$\Lambda$	$K^0$
$\langle P \rangle$ (ГэВ/с)	$2,39 \pm 0,26$	$1,79 \pm 0,19$	$2,46 \pm 0,58$	$1,15 \pm 0,20$	$2,11 \pm 0,30$	$1,56 \pm 0,17$
$\langle P_\perp \rangle$ (ГэВ/с)	$0,46 \pm 0,05$	$0,43 \pm 0,05$	$0,49 \pm 0,07$	$0,27 \pm 0,04$	$0,39 \pm 0,03$	$0,39 \pm 0,04$
$\langle \beta \rangle$	$1,28 \pm 0,10$	$1,57 \pm 0,11$	$1,26 \pm 0,19$	$1,26 \pm 0,15$	$1,26 \pm 0,05$	$1,42 \pm 0,11$
$\langle n \rangle$	$0,037 \pm 0,011$	$0,038 \pm 0,010$	$0,030 \pm 0,009$	$0,018 \pm 0,006$	$0,005 \pm 0,002$	$0,002 \pm 0,001$

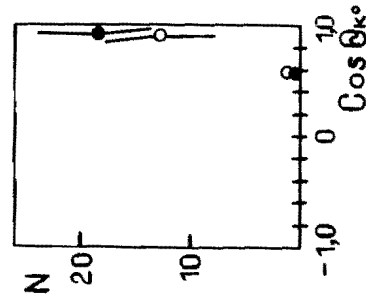


Рис. 1. Угловые распределения  $K^0$ - мезонов (● - ПКВ, ○ - МКВ).

х) Более подробно методика отбора МКВ и ПКВ изложена в /4,6/.

Таблица 2. Средние характеристики вторичных частиц в кумулятивных pC-взаимодействиях при  $E_p = 10$  ГэВ/с с испусканием странных частиц

Тип взаимодействия	ПКВ		МКВ	
	С испусканием $\Lambda$	С испусканием $K^0$	С испусканием $\Lambda$	С испусканием $K^0$
$\langle P \rangle_{\pi^-}$ (ГэВ/с)	0,61±0,07	1,16±0,30	0,40±0,08	0,77±0,11
$\langle \cos \theta_{\pi^-} \rangle$	0,72±0,05	0,62±0,10	0,72±0,13	0,60±0,11
$\langle n \rangle_{\pi^-}$	1,51±0,21	1,06±0,12	1,28±0,14	1,25±0,23
$\langle n \rangle_{\pi^+}$	0,97±0,18	1,03±0,22	0,72±0,32	1,00±0,31
$\langle n \rangle_p$	1,94±0,23	2,57±0,27	1,85±0,36	2,62±0,64
$\langle n \rangle_{\text{лидер}}$	0,09±0,06	0,12±0,07	0,13±0,11	0,12±0,12
				С испусканием $K^0$ и $\Lambda$ в кумулятивном /4/

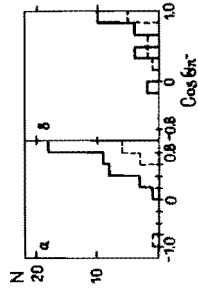


Рис. 2. Угловые распределения  $\Pi^-$ -мезонов в ПКВ (сплошная гистограмма) и МКВ (пунктир): а) события с рождением  $\Lambda$ -гиперонов, б) события с рождением  $K^0$ -мезонов.

результат может быть связан с ростом сечения рождения странных частиц в интервале энергий 4–10 ГэВ. Так, по данным для сечений образования  $\Lambda$  - и  $K^0$  - частиц в pp-взаимодействиях /10/ в области энергий 4–12 ГэВ следует ожидать роста множественности  $\Lambda$ -гиперонов в 10–12 раз,  $K^0$  - мезонов в 20–30 раз.

На рис. 1 приведены угловые распределения  $K^0$ -мезонов для разного типа кумулятивных pC-взаимодействий. Видно, что они существенно анизотропны. Это говорит о том, что в отобранных pC-событиях образование  $K^0$ -мезонов нельзя связывать с распадом какого-либо термализованного источника, как это делается, например, для ядро-ядерных соударений /11/. То же самое можно заключить из угловых распределений  $\Pi^-$ -мезонов (они приведены на рис. 2), испущенных из кумулятивных pC-взаимодействий с рождением странных частиц.

В таблице 2 приведены импульсные и угловые характеристики вторичных  $\Pi^-$ -мезонов, образующихся в кумулятивных pC-взаимодействиях с рождением странных частиц, в также средние множественности этих  $\Pi^-$ -мезонов, идентифицированных  $\Pi^+$ -мезонов, протонов и лидирующих положительно заряженных адронов<sup>x)</sup>. В качестве лидирующего рассматривался адрон с наибольшим импульсом среди всех положительных частиц каждого события, имеющий значение переменной  $\chi^* = 2P_{||}^* / \sqrt{s} > 0,2$ , вычисленной в системе центра инерции сталкивающихся нуклонов (СЦИ) в предположении, что положительная частица - протон ( $P_{||}^*$  - продольный импульс рассматриваемого адрона в СЦИ,  $\sqrt{s}$  - полная энергия в СЦИ). В этой же таблице для сравнения приведены опубликованные данные /4/ для ПКВ и МКВ без рождения странных частиц и с испусканием только кумулятивного адрона при той же энергии первичного протона. Как видно из таблицы, в кумулятивных взаимодействиях с рождением странных частиц резко падает вероятность образования лидирующего адрона в сравнении с "обычными" кумулятивными столкновениями, остальные же характеристики вторичных частиц в этих группах кумулятивных взаимодействий оказываются близкими друг к другу. Следует при этом отметить тенденцию к уменьшению средних импульсов вторичных  $\Pi^-$ -мезонов в кумулятивных взаимодействиях с рождением  $\Lambda$ -гиперонов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализированы средние характеристики  $\Lambda$ -гиперонов и  $K^0$ -мезонов, образующихся в протонных и мезонных кумулятивных pC-взаимодействиях при 10 ГэВ/с. Проведено сравнение с имеющимися данными по х) При получении средних характеристик вторичных адронов кумулятивные частицы не учитывались.

рождению странных частиц в  $Sr$  - взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон /9/. Импульсные и быстротные характеристики нейтральных странных частиц оказались близкими для кумулятивных  $pC$ -столкновений и неупругих  $Sr$  - взаимодействий. При этом наблюдаются значительно большие средние множественности этих частиц в кумулятивных взаимодействиях. Этот результат, по-видимому, нельзя связывать только с аномально большим увеличением множественности  $\Lambda$ - и  $K^0$  - частиц в кумулятивных взаимодействиях по сравнению с "обычными" адрон-ядерными столкновениями, так как существенного увеличения множественности странных частиц в интервале энергий от 4 до 10 ГэВ следует ожидать, например, по данным для  $pp$ -взаимодействий.

Получены результаты по средним характеристикам вторичных заряженных частиц в кумулятивных  $pC$ -взаимодействиях, сопровождающихся испусканием  $\Lambda$  - и  $K^0$ - частиц, и проведено сравнение их с кумулятивными  $pC$ -столкновениями без рождения этих частиц. В пределах имеющейся статистической точности не обнаружено существенных различий разных групп кумулятивных взаимодействий по импульсным, угловым характеристикам вторичных  $\Pi^-$ - мезонов, множественностям  $\Pi^+$ - мезонов, идентифицированных  $\Pi^+$  - мезонов и протонов. При этом наблюдается существенное уменьшение вероятности образования лидирующего положительно заряженного адрона в кумулятивных  $pC$ -взаимодействиях с рождением странных частиц, т.е. эти столкновения характеризуются существенно большей неупругостью.

Авторы благодарны Н.В.Матасовой, Т.А.Журавлевой, Л.И.Злобиной, проделавшим большую работу по просмотру и записи событий на ленту суммарных результатов, а также другим лаборантам, участвовавшим в просмотре стереофотоснимков. Авторы также благодарны участникам сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры за полезные обсуждения.

## ЛИТЕРАТУРА

- I. Аношин А.И и др. ОИЯИ, PI-80-716, Дубна, 1980; ОИЯИ, I-81-214, Дубна, 1981; ОИЯИ, E1-32-352, Дубна, 1982; ЯФ, 1982, т. 36, с. 409.
2. Армутлийски Д. и др. ОИЯИ, PI-83-327, Дубна, 1983.
3. Баатар Ц. и др. ОИЯИ, PI-85-698, Дубна, 1985.
4. Армутлийски Д. и др. ОИЯИ, PI-85-939, Дубна, 1985; ЯФ, 1986, т. 44, с. 1495.
5. Копылова Д.К. и др. ОИЯИ, PI-86-141, Дубна, 1986; ОИЯИ, PI-86-251, Дубна, 1986.
6. Армутлийски Д. и др. ОИЯИ, PI-86-459, Дубна, 1986.
7. Асатурян В.М. и др. ЯФ, 1986, т. 44, с. 1006.
8. Йовчев К.И., Кладницкая Е.Н. ОИЯИ, PI-86-166, Дубна, 1986.
9. Армутлийски Д. и др. ОИЯИ, PI-85-220, Дубна, 1985; ЯФ, 1986, т. 43, с. 366.
10. Louttit R.I. et al. Phys. Rev., 1961, v.123, p.1465; Jager K. et al. Phys. Rev. D, 1975, v.11, p.1756.
11. Оконов Э.О. ОИЯИ, PI-86-312, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 февраля 1987 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
Д10,11-84-818	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.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д3,4,17-86-747	Труды У Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.

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

Армутлијски Д. и др.  
Образование  $\Lambda$  - гиперонов и  $K^0$  - мезонов  
в кумулятивных pC-взаимодействиях  
при 10 ГэВ/с

P1-87-97

При помощи 2-метровой пропановой камеры исследовалось образование  $\Lambda$  - гиперонов и  $K^0$  - мезонов в кумулятивных pC-взаимодействиях при  $P_p = 10$  ГэВ/с. Получены данные о характеристиках как странных частиц в этих событиях, так и самих кумулятивных взаимодействий, сопровождающихся образованием  $\Lambda$ - и K- частиц.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Armutlijski D., et al.  
Production of  $\Lambda$ -Hyperons and K-Mesons  
in Cumulative pC-Interactions at 10 GeV/c

P1-87-97

Production of  $\Lambda$ -hyperons and K-mesons in cumulative pC-interactions at  $P_p = 10$  GeV/c was investigated by means of 2 m propane bubble chamber. The data on characteristics of strange particles in these events and on cumulative interactions themselves accompanied by the  $\Lambda$ - and K-particle production have been obtained.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987