

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований

Дубна

C346.5a

T-325

23/11-79

P1 - 12138

П.П.Темников, А.А.Тимонина, Б.А.Шахбазян

1593/2-79

КУМУЛЯТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ Λ -ГИПЕРОНОВ
В π^- -С-И n C-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

1979

Р1 - 12138

П.П.Темников, А.А.Тимонина, Б.А.Шахбазян

КУМУЛЯТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ Λ -ГИПЕРОНОВ
В π -С- И n С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ



Кумулятивное образование Λ -гиперонов в π^-C - и nC -взаимодействиях

С помощью полуметровой пропановой камеры получены данные по рождению нейтральных странных частиц. Приводятся сечения образования Λ -гиперонов во взаимодействиях π^-C при $p_{\pi^-} = 4,0$ ГэВ/с и nC при $\langle p_n \rangle = 7$ ГэВ/с в кинематической области, запрещенной для реакции на свободном нуклоне. Обнаружено, что поведение поляризации гиперонов в функции угла вылета в пределах ошибок эксперимента не зависит от природы и энергии налетающих частиц. Дифференциальное сечение экспоненциально зависит от минимальной массы мишени, на которой возможно рождение Λ -гиперона с данным импульсом. Параметр наклона экспоненты одинаков для nC - и π^-C -взаимодействий.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Cumulative Production of Λ -Hyperons in π^-C and nC Interactions

By means of 0.5 m propane chamber the data on production of neutral strange particles are obtained. The cross sections of Λ -hyperon production in π^-C interactions at $p = 4$ GeV/c and in nC interactions at $\langle p_n \rangle = 7$ GeV/c outside the kinematical region for reactions on free nucleons are given. The behaviour of hyperon polarization as a function of emission angle does not depend in the error limits on the nature and energy of incident particles. The differential cross section depends exponentially on the minimum target mass, on which the production of a Λ -hyperon with a given momentum is possible. The slope parameters for nC and π^-C -interactions are the same.

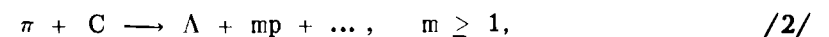
The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Появление гипотезы^{/1/} и затем открытие кумулятивного эффекта^{/2/} инициировало большое количество экспериментальных и теоретических работ^{/3/}. Открылась новая область исследований - релятивистская ядерная физика. Полученные экспериментальные данные позволили распространить понятие масштабной инвариантности на взаимодействия с ядрами /ядерный скейлинг^{/4/}, предельная фрагментация ядер^{/3/} /.

Существует большое количество основанных на различных физических предположениях теоретических моделей, которые описывают отдельные черты явления. В этой ситуации необходимо расширить набор изучаемых частиц и измеряемых величин. В большинстве экспериментальных работ изучалось рождение π -мезонов и протонов на ядрах в кинематической области, не достижимой для рождения на свободном нуклоне. Известны два эксперимента^{/5, 11/}, где изучалось кумулятивное рождение Λ -гиперонов, интересных по нескольким причинам: они являются барионами и, кроме того, имеют странность, которая сохраняется в сильных взаимодействиях. Несохранение пространственной четности в слабых распадах гиперонов позволяет просто определять их поляризацию.

В данной работе приводятся результаты для реакций



полученные при облучении полуметровой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ пучками нейтронов со средним импульсом 7 ГэВ/с и π^- -мезонов с импульсом 4 ГэВ/с. В реакции /1/ было найдено 3462 события, а в реакции /2/ - 1113. Предварительные данные описаны в работе^{/6/}.

В реакции /2/ Λ -частицы не могут быть рождены на покоящемся нуклоне, если $\cos \theta_{\Lambda} < 0,64$, где θ_{Λ} - угол вылета в лабораторной системе. Для реакции /1/, где импульс первичного нейтрона имеет примерно гауссово распределение со средним значением 7 ГэВ/с и дисперсией $2,8 \text{ ГэВ/с}$, мы взяли $(\cos \theta_{\Lambda})_{\max} = 0,637$, что соответствует импульсу нейтрона 11 ГэВ/с . При таких ограничениях выходы кумулятивных Λ -гиперонов из реакций /1/ и /2/ составили 177 и 143 события соответственно.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ Λ -ГИПЕРОНОВ

В работе /5/ была обнаружена поляризация Λ в реакции $\pi^- + A \rightarrow \Lambda + \dots$, $p_{\pi^-} = 2,9 \text{ ГэВ/с}$,

где в качестве мишени использовалась смесь ядер углерода и ксенона. Поляризация имеет максимум при угле вылета $\theta_{\Lambda} \approx 90^\circ$ в лабораторной системе. Такое поведение поляризации было объяснено в кварк-партонной модели с жестким соударением кварков /7/. Эта модель объясняет и наличие поляризации при рождении Λ с большим поперечным импульсом в столкновениях протонов с импульсом 300 ГэВ/с с ядрами Ве /8/. Одним из предсказаний модели является независимость поляризации от сорта и энергии налетающих частиц.

В данной работе приводится зависимость поляризации от угла вылета Λ для реакций /1/ и /2/. Известно, что угловое распределение протонов распада в системе покоя Λ имеет вид

$$W(\theta_p^*) = \frac{1}{2} (1 + \alpha P \cos \theta_p^*),$$

где $\cos \theta_p^* = \vec{p}_p^* \cdot \vec{n} / p_p^*$, $\vec{n} = \vec{p}_{\Lambda} \times \vec{p}_n / |\vec{p}_{\Lambda} \times \vec{p}_n|$, \vec{p}_p^* - импульс протона в системе покоя Λ . Мы использовали метод отношения моментов для вычисления поляризации: $\alpha P = \langle \cos \theta_p^* \rangle / \langle \cos^2 \theta_p^* \rangle$. Этот метод дает правильное значение поляризации без необходимости введения попра-

вок на эффективность регистрации, если последняя не зависит или является четной функцией $\cos \theta_p^*$ /9/. Для контроля мы вычислили поляризацию и с учетом эффективности регистрации по формуле

$$\alpha P = 3 \langle \cos \theta_p^* \rangle_{\epsilon} = 3 \frac{\sum_{i=1}^N \epsilon_i^{-1} \cos \theta_{pi}^*}{\sum_{i=1}^N \epsilon_i^{-1}},$$

где ϵ_i - эффективность регистрации данного события. Оба способа дали хорошо согласующиеся значения поляризации.

Результаты представлены на рис. 1. Видно, что для обеих реакций существует максимальная поляризация при $\theta_{\Lambda} \approx 90^\circ$, что согласуется с результатами работы /5/ и предсказаниями модели /7/.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ

Для кумулятивных протонов и пионов было обнаружено,

что инвариантное дифференциальное сечение $E \frac{d\sigma}{dp}$ хо-

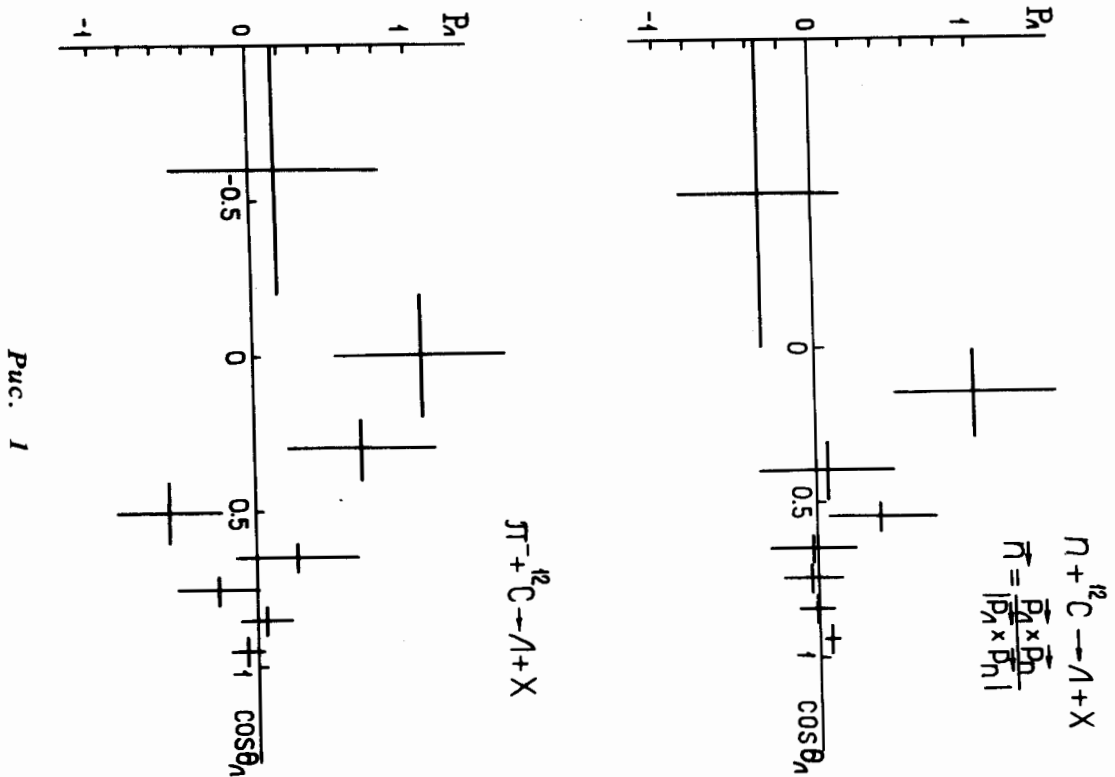
рошо описывается экспоненциальной зависимостью $A \exp(-T/T_0)^{1-4/}$. Аналогичная закономерность обнаружена и для Λ -гиперонов /5/. Параметр T_0 в этом случае сильно зависит от угла вылета Λ . На рис. 2 и 3 приведены инвариантные сечения для реакций /1/ и /2/ в разных угловых диапазонах. Ошибки на рисунках статистические, систематические погрешности в определении сечений не превышают 15%.

Результаты подгонки этих распределений зависимостью $A \exp(-BT)$ приведены в табл. 1. Параметр наклона B для реакции /2/ находится в хорошем соответствии с работой /5/. Видно, что для обеих реакций параметр B сильно зависит от угла и различие в значениях B для двух угловых диапазонов составляет примерно три стандартных отклонения. Из-за малого числа кумулятивных Λ -гиперонов нам приходится усреднять распределения по большим угловым интервалам. Такое усреднение при наличии сильной зависимости параметра наклона экспоненты от угла

Таблица 1

Результаты подгонки $\frac{1}{\Delta\Omega} \frac{1}{p_\Lambda} \frac{d\sigma}{dT_\Lambda}$ кривой Ae^{-BT_Λ} в интервале ΔT в разных угловых диапазонах.

	n + C → Λ + ...						π ⁻ + C → Λ + mp + ...					
cos θ _Λ	-1	0,637	0,5	0,637	-1	0,5	-1	0,64	0,5	0,64	-1	0,5
ΔT (МэВ)	30	710	60	710	40	510	30	290	10	240	40+200	
A (мкб/ГэВ ² ·ср)	525+86		1626+415		418±103		2098±396		4062±1210		3742±1200	
B (ГэВ ⁻¹)	11,1±1		7,7±1		13,1±1,6		18,0±1,7		11,8±2,6		26,5±3,7	
χ ² /N.D.F.	16,6/11		6,75/4		5,7/4		7,5/6		0,81/1		2,95/2	



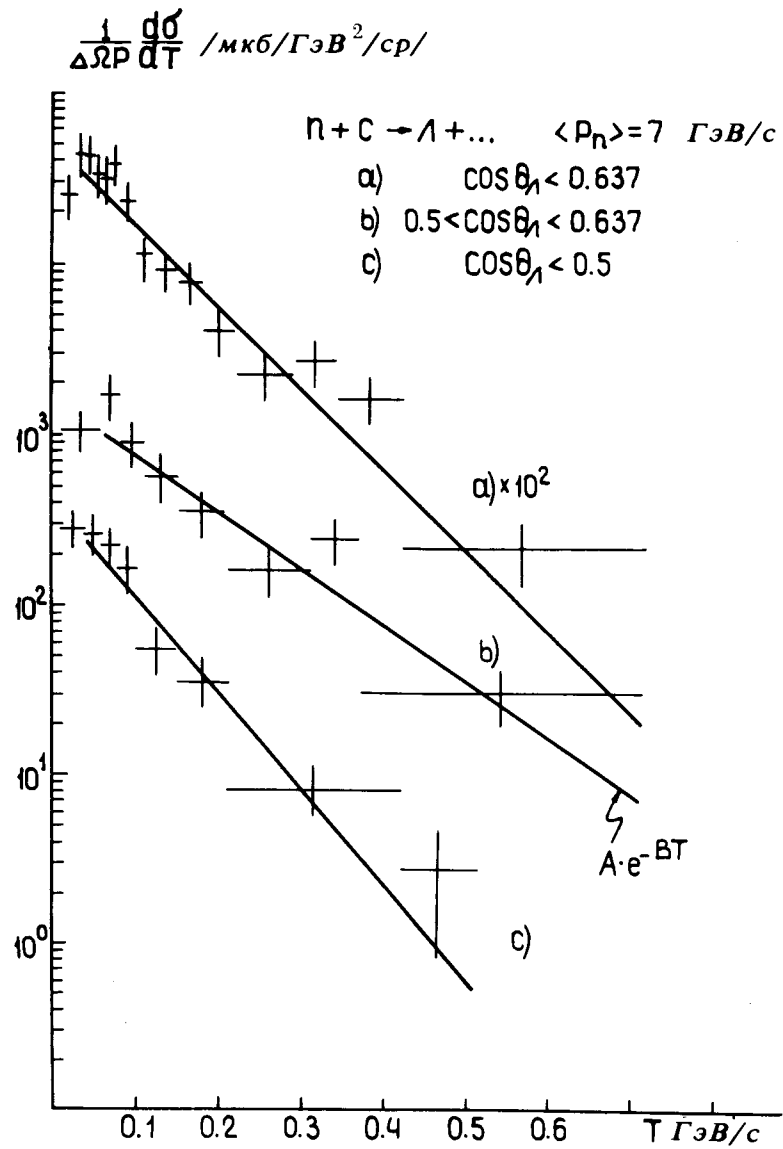


Рис. 2

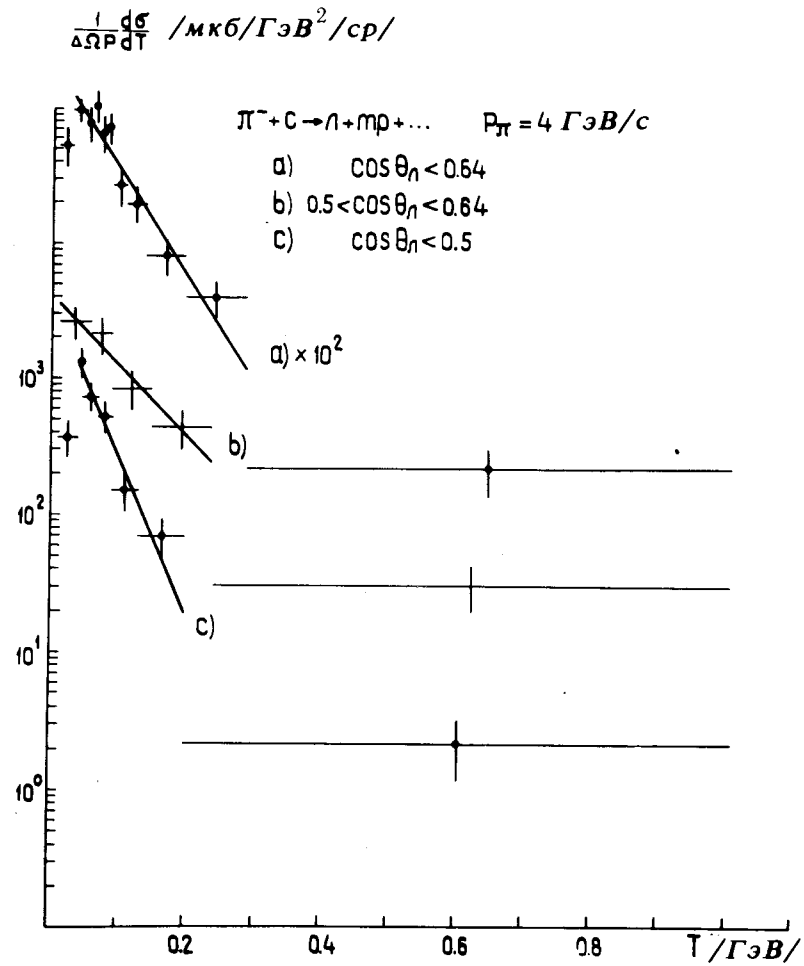


Рис. 3

приводит к искажению предполагаемой экспоненциальной формы распределения по кинетической энергии. Кроме того, в реакции /1/, где отбор кумулятивных Λ по углу производился по границе, соответствующей максимально возможному импульсу нейтрона, потеряна часть событий, близких к границе рождения на свободном нуклоне. Эти обстоятельства затрудняют сравнение распределений по T для реакций /1/ и /2/. Более удобной в этом отношении является переменная Q , имеющая смысл минимальной массы мишени /в единицах массы протона/, на которой возможно рождение частицы с данным импульсом и углом /10/. Для рождения частицы s в инклюзивной реакции $a + A \rightarrow s + X$ выражение для Q можно записать в явно релятивистски-инвариантном виде

$$Q = \frac{M^2 - (p_a - p_c)^2}{(p_a - p_c) \cdot p_A - M m_A} \frac{m_A}{2m_p}, \quad M = m_x^{\min} - m_p,$$

где p - четырехвектор энергии-импульса, m_p - масса протона, а m_x^{\min} - минимальная сумма масс частиц, которые могут сопровождать частицу s . Для рождения Λ в реакции /1/ $M = m_{k_0}$, а в реакции /2/ $M = m_{k_0} - m_p$. Условие $Q=1$ дает выражение для кинематической границы рождения на покоящемся протоне в переменных $p_\Lambda - \cos\theta/\Lambda$. При больших энергиях налетающей частицы $Q \approx (E - p \cos\theta)/m_p$.

Дифференциальные сечения $\frac{d\sigma}{dQ}$ представлены на рис. 4 и 5. Результаты подгонки этих распределений экспонентой приведены в табл. 2. Хорошее согласие экспериментальных распределений с экспоненциальной зависимостью от Q говорит о том, что эта переменная хорошо передает и угловое, и импульсное распределения кумулятивных Λ -гиперонов. Параметр наклона B в пределах ошибок одинаков для реакций /1/ и /2/. На рис. 6 показана угловая зависимость сечения в кумулятивной области для обеих реакций. Полные сечения образования Λ с углом вылета больше максимального в реакциях /1/ и /2/ равны 207 ± 47 мкб и 344 ± 81 мкб соответственно.

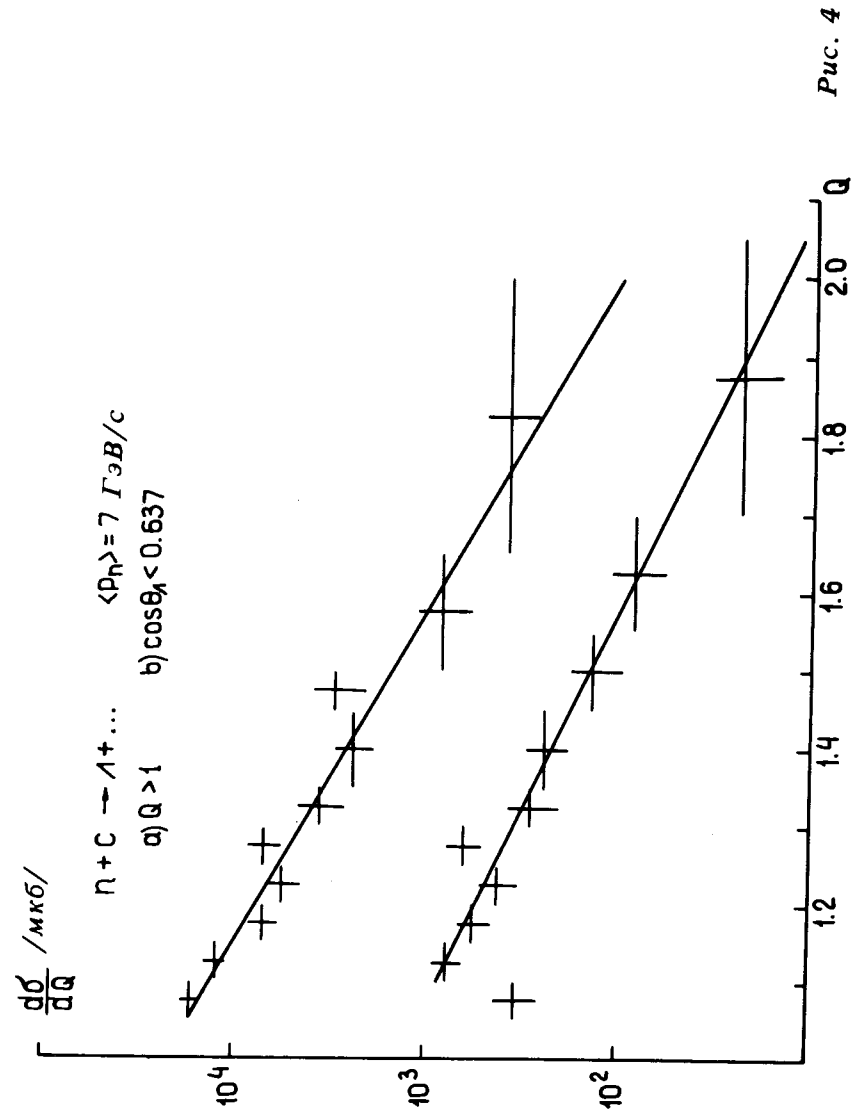


Рис. 4

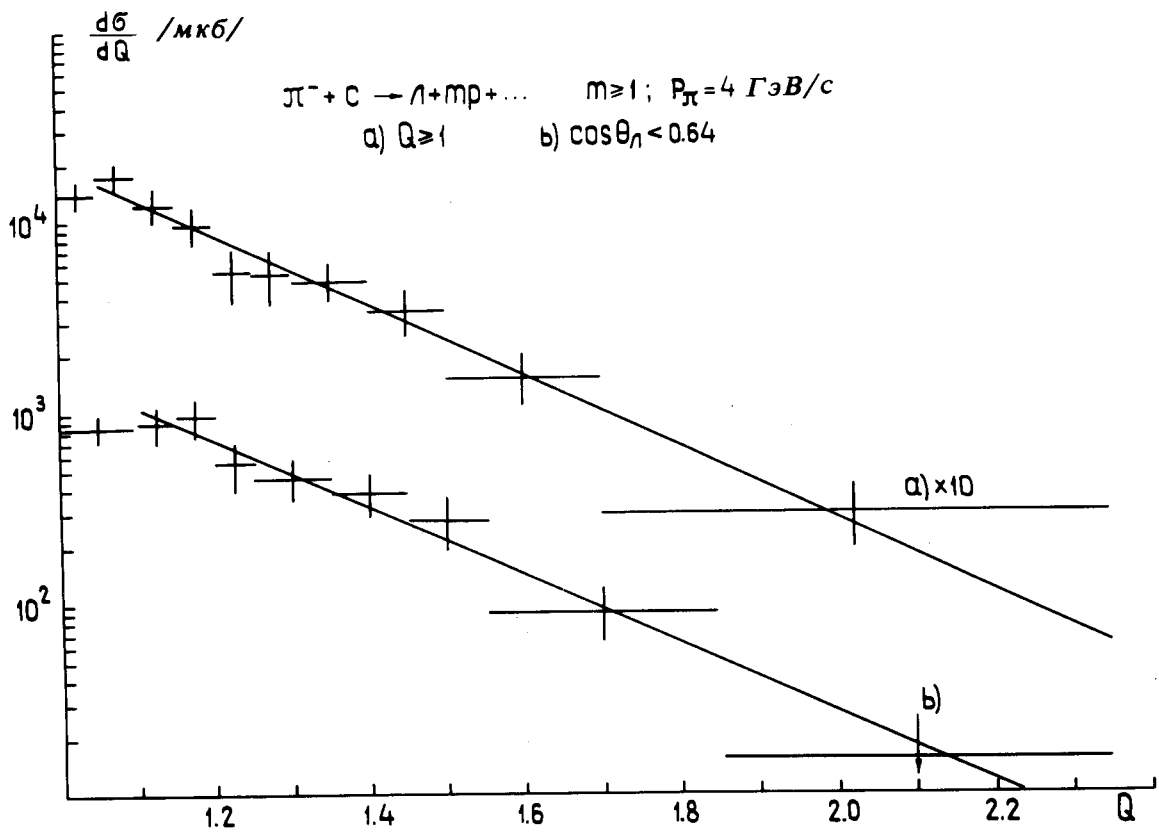


Рис. 5

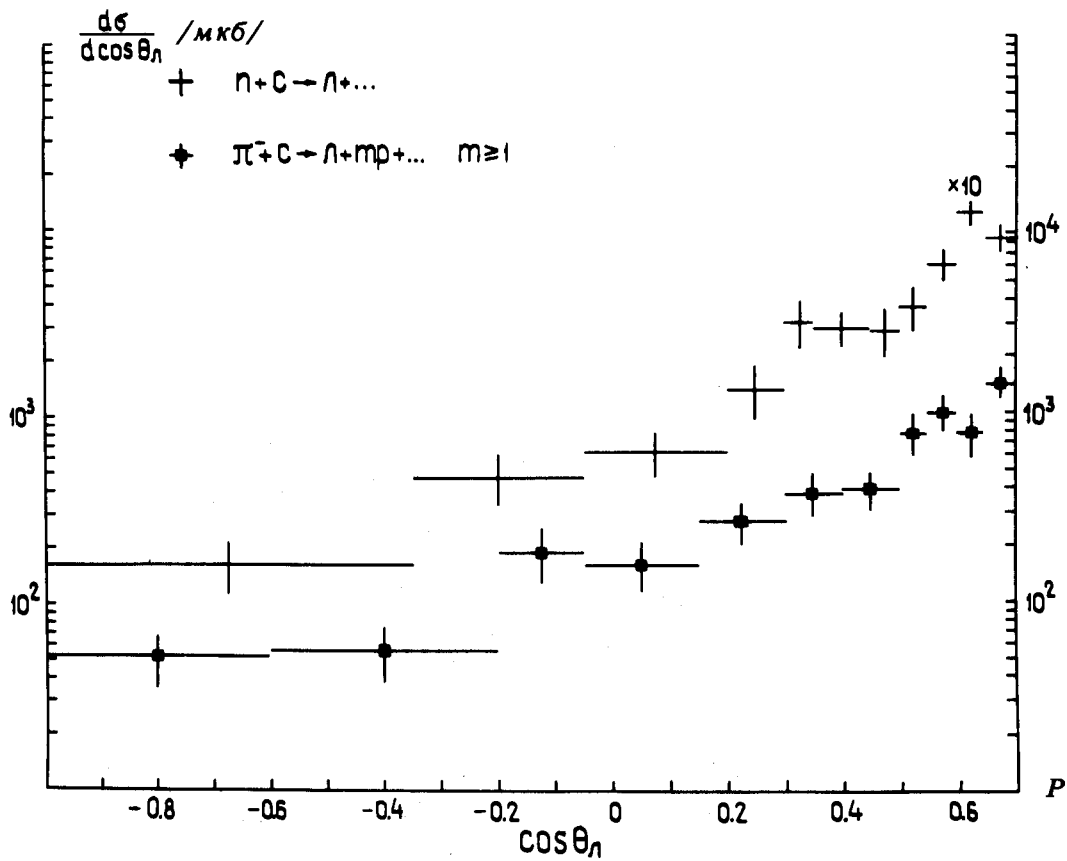


Рис. 6

Таблица 2

Результаты подгонки $\frac{d\sigma}{dQ}$ кривой Ae^{-BQ} в интервале ΔQ при отборе событий с условиями $Q > 1$ и $\cos \theta_{\Lambda} < \cos \theta_{\max}$.

	$n + C \rightarrow \Lambda + \dots$		$\pi + C \rightarrow \Lambda + n p + \dots$	
	$Q > 1$	$\cos \theta < 0,637$	$Q > 1$	$\cos \theta < 0,64$
ΔQ	1,05 2	1,1 2,05	1,05 2,35	1,1 2,35
A (мб)	512 \pm 248	122 \pm 66	150 \pm 74	96 \pm 55
B	5,4 \pm 0,4	4,5 \pm 0,4	4,3 \pm 0,4	4,1 \pm 0,4
$\chi^2/N.D.F.$	8,97/7	4,6/6	3,5/6	2,1/5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные экспериментальные данные для реакций /1/ и /2/ позволяют сделать следующие выводы:

1. Существует максимальная поляризация Λ -гиперонов в кумулятивной области. Зависимости поляризации от угла вылета Λ сходны для обеих реакций, что согласуется с предсказанием кварк-партоновой модели /7/.

2. Показатель наклона экспоненты в зависимости инвариантного дифференциального сечения от кинетической энергии сильно зависит от угла вылета Λ .

3. Зависимость сечения от минимально возможной массы мишени Q имеет простой экспоненциальный вид с одинаковыми наклонами для реакций /1/ и /2/.

4. Зависимости сечения от угла вылета Λ в лабораторной системе отсчета в кумулятивной области подобны для обеих реакций.

Авторы признательны профессору А.М.Балдину за интерес к работе и поддержку, В.С.Ставинскому - за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. Краткие сообщения по физике. АН СССР, 1971, № 1, с. 35.
2. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, P1-5819, Дубна, 1971. Baldin A.M. Contribution to the XIX Int. Conf. on High Energy Physics, Tokyo, 1978. Leksin G.A. Proceedings of the XVIII Int. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, 1976.
5. Воробьев И.И. и др. Письма в ЖЭТФ, 1975, 22, с. 390. Leksin G.A., Smirnitsky A.V. ITEP-IU, Moscow, 1977. Лексин Г.А., Смирницкий А.В. Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, с. 97.
6. Shahbazian B.A. et al. JINR. E1-11519, 1978.
7. Ефремов А.В. Ядерная физика. 1978, 28, с. 166.
8. Bunce G. et al. Phys. Rev. Letters, 1976, 36, p. 113.
9. Bangerter R.O. UCRL-19244, Berkeley, 1969.
10. Ставинский В.С. ОИЯИ, P2-9528, Дубна, 1976.
11. Горнов М.Г. и др. Ядерная физика, 1978, 27, с. 1578.