

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P - 391

Н.П. Богачев, С.А. Бунятов, Т. Вишки, Ю.П. Мереков,  
В.М. Сидоров, В.А. Ярба

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ П-МЕЗОНОВ  
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ  
С ЭНЕРГИЕЙ 9 БЭВ  
С ЯДРАМИ В ФОТОЭМУЛЬСИИ  
*ЖЭТФ, 1960, т 38, в. 2, с. 432-440.*

Дубна 1959 год

Н.П. Богачев, С.А. Бунятов, Т. Вишки, Ю.П. Мерехов,  
В.М. Сидоров, В.А. Ярба

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ П-МЕЗОНОВ  
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ  
С ЭНЕРГИЕЙ В БЭВ  
С ЯДРАМИ В ФОТОЭМУЛЬСИИ

Ученый центр по  
ядерным исследованиям  
БИБЛИОТЕКА

451/3

## А н н о т а ц и я

Изучались ядерные расщепления, которые образуются в фотоэмульсии протонами с энергией 9 Бэв и имеют не менее трех быстрых частиц /  $n_s \geq 3$ /. Приводится энергетический спектр заряженных  $\pi$ -мезонов, измеренный до 540 Мэв и экстраполированный в область больших энергий. Получены угловые распределения быстрых  $\pi$ -мезонов и протонов в лабораторной системе координат. Найдены средние числа  $\pi$ -мезонов и быстрых протонов на одно расщепление. Оценена доля энергии первичного протона, передаваемая  $\pi$ -мезонам. Получено отношение чисел заряженных  $\pi$  и К-мезонов в интервале скоростей  $\beta = 10,5 - 0,8$  /.



## 1. Условия эксперимента

После запуска синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований /1/ в работах /2-5/ были получены некоторые общие сведения о взаимодействии протонов с энергией 9 Бэв с ядрами в фотоэмульсии. В настоящей работе предпринята попытка изучения энергетического спектра и углового распределения  $\pi$ -мезонов, образующихся при взаимодействии протонов той же энергии с ядрами в фотоэмульсии.

Эмульсионная камера из 100 слоев эмульсии НИКФИ-Р толщиной  $450 \mu$  площадью  $10 \times 10 \text{ см}^2$  была облучена во внутренней пучке протонов. Эмульсионные слои просматривались на микроскопе вдоль следов первичных протонов при увеличении 630 х. Для изучения спектра  $\pi$ -мезонов, образующихся при взаимодействии первичных протонов со сложными ядрами в фотоэмульсии, отбирались ядерные расщепления с числом быстрых частиц  $N_s \geq 3$ . /Быстрыми считались частицы с ионизацией  $J \leq 1,4 J_0$ , где  $J_0$  - ионизация на следах первичных протонов; эта ионизация соответствует кинетической энергии  $\pi$ -мезонов больше 80 Мэв и кинетической энергии протонов больше 500 Мэв/. Такой выбор позволял выделить события, в которых имеет место образование нескольких  $\pi$ -мезонов. События, отнесенные к категории соударений протонов с нуклонами /6,7/, исключались.

Для отождествления вторичных частиц проводились измерения многократного кулоновского рассеяния и ионизации. Измерения многократного рассеяния выполнялись на следах с ионизацией  $J \leq 2J_0$  и длиной в одном эмульсионном слое  $l \geq 6 \text{ мм}$ . При построении спектра вводилась геометрическая поправка, связанная с конечной толщиной эмульсионного слоя и ограничением по углу погружения следов /условие  $l \geq 6 \text{ мм}$ /. Величина этой поправки вычислялась по формуле:

$$k = \pi / (\arcsin h_1 / l \sin \theta + \arcsin h_2 / l \sin \theta)$$

Здесь  $l$  постоянно и равно 6 мм;  $\theta$  - пространственный угол, образуемый данным следом с направлением движения первичного протона;  $h_{1,2}$  - расстояния от центра звезды до поверхности и до стекла, соответственно. Введенная таким образом поправка в предположении азимутальной симметрии углового распределения вторичных частиц относительно направления первичного протона

дает полное число частиц под заданным углом  $\Theta$ , т.е. учитывает и те следы, на которых рассеяние не измерялось из-за больших углов погружения.

Из распределения звезд, которым принадлежат отобранные следы, по числу быстрых частиц  $n_s$  в звезде с учетом указанной здесь геометрической поправки было найдено, что средняя множественность  $\bar{n}'_s$  для выбранного класса звезд равна  $4,60 \pm 0,14$ . Заметим, что полученная таким образом величина  $\bar{n}'_s$  должна быть несколько больше соответствующей величины  $\bar{n}_s$ , определенной непосредственно из распределения по  $n_s$  звезд, найденных при просмотре вдоль следа, а именно  $\bar{n}'_s = \bar{n}_s + \frac{\mathcal{D}}{\bar{n}_s}$ , где  $\mathcal{D}$  - дисперсия распределения звезд по  $n_s$ . Величина  $\bar{n}'_s$ , полученная для звезд с  $n_s \geq 3$  по данным работы <sup>12/</sup>, оказалась равной  $4,78 \pm 0,10$ . Как видно, это значение в пределах ошибок согласуется со значением средней множественности для нашей выборки. Это показывает, что при отборе следов с  $\ell \geq 6$  мм из звезд с  $n_s \geq 3$  не было дискриминации звезд и релятивистских следов.

## 2. Измерение рассеяния и ионизации. Отождествление частиц

Отождествление частиц производилось методом измерения многократного кулоновского рассеяния и ионизации. Рассеяние измерялось на микроскопе  $M\mathcal{S}$  - 2 фирмы Користка. Шумы столика были измерены методом многолучевой интерференции и составляли  $0,03 \mu$ ;  $0,07 \mu$ ;  $0,04 \mu$  для ячеек  $100 \mu$ ,  $500 \mu$  и  $1000 \mu$ , соответственно. Измерения рассеяния проводились координатным методом <sup>18/</sup>. Ложное рассеяние <sup>19/</sup> при различных длинах ячеек было измерено на нескольких слоях. Средняя величина ложного рассеяния  $\mathcal{D}_l$  на ячейке  $400 \mu$  оказалась равной  $0,29 \mu$ , что соответствует кулоновскому рассеянию однозарядной частицы с  $\rho\beta = 1$  Бэв/с. Поэтому количественный расчет энергии выполнялся только для частиц, у которых величина  $\rho\beta$  после поправки на ложное рассеяние не превышала 650 Мэв/с; при этом максимальная поправка на ложное рассеяние была меньше 15%.

На каждом следе делались предварительные измерения /20 отсчетов с ячейкой  $250 \mu$  /, по которым определялась оптимальная величина ячейки  $t$  /требовалось, чтобы  $\mathcal{D}_t / \mathcal{D}_w \geq 2$ ; среднее значение шума измерений  $\mathcal{D}_w$  равнялось примерно  $0,2 \mu$  /. Окончательные измерения проводились с ячейкой  $t/2$  вдвое меньшей оптимальной для того, чтобы исключить шумы измерений /шум зерен и шум отсчета/. Величина  $\rho\beta$  рассчитывалась по формуле

$$\rho\beta = \frac{k}{\mathcal{D}_{100} \cdot 0,573}, \quad M \text{ эв/с},$$

где

$$\mathcal{D}_{100} = \sqrt{\frac{(\mathcal{D}_t^2 - \mathcal{D}_{t\Delta}^2) - (\mathcal{D}_{t/2}^2 - \mathcal{D}_{t/2\Delta}^2)}{t^2 - (t/2)^2}} \text{ в } \mu$$

Константа рассеяния в зависимости от скорости частицы и величины ячейки выбиралась согласно работе /10/ и в описываемых измерениях варьировала слабо:  $K = 24 - 25$ . Для исключения искажений следов проводился расчет третьих, а в необходимых случаях - четвертых разностей. Статистическая ошибка в измерении рассеяния, подсчитанная по формуле  $\sigma = 0,75/\sqrt{N}$ , где  $N$  - число ячеек, не превышала 13%. На нескольких следах величины  $\rho\beta$  с учетом ложного рассеяния были вычислены по методу наибольшего правдоподобия, описанному в работе /11/; при этом значения  $\rho\beta$  не отличались в пределах ошибок от результатов, полученных методом, описанным выше.

В результате измерений рассеяния на отобранных 204 следах оказалось, что 78 следов имеют  $\rho\beta \leq 650$  Мэв/с и 126 -  $\rho\beta > 650$  Мэв/с. Ионизация измерялась методом счета сгустков и разрывов больше определенной длины на данном следе /12/. Статистическая ошибка в измерении относительной ионизации не превышала 7%.

Зависимость  $\rho\beta$  от ионизации, полученная в данной работе, показана на рис. 1. Кружками отмечены  $\tilde{\pi}$ -мезоны, останавливающиеся в эмульсионной камере. Величина их энергии, найденная по многократному рассеянию, согласуется с энергией, определенной по пробегу. Кривые для К-мезонов и протонов построены по кривой для  $\tilde{\pi}$ -мезонов. Видно, что экспериментальные точки группируются около этих кривых. Среди частиц с  $\rho\beta \leq 650$  Мэв/с

и  $\mathcal{J} \leq 2 \mathcal{J}_0$  отождествлены 69  $\mathcal{K}$ -мезонов, 4 протона и 5 К-мезонов. Данные относительно К-мезонов и их родительских звезд приведены в таблице 1. С целью обнаружения ассоциативного рождения заряженных странных частиц были прослежены все черные и серые следы /  $\mathcal{J} > 1,4 \mathcal{J}_0$  / из звезд, в которых идентифицированы К-мезоны. Среди прослеженных следов странных частиц не найдено.

Т а б л и ц а 1

Данные о К-мезонах, образующихся в соударениях протон-ядро при энергии 9 Бэв

	$\theta$ град.	$\zeta$	$\mathcal{J}/\mathcal{J}_0$	$p\beta, \text{ Мэв}/c$	$T, \text{ в Мэв}$	Тип родительской звезды	
						$n_s$	$N_h$
1	32	22,5	1,4	$475 \pm 46$	$290 \pm 34$	4	3
2	35	24,0	1,3	$506 \pm 58$	$315 \pm 44$	4	4
3	26	18,3	1,3	$490 \pm 57$	$300 \pm 42$	5	6
4	3	2,0	2,0	$222 \pm 26$	$121 \pm 16$	6	6
5	27	19,0	1,3	$546 \pm 45$	$345 \pm 35$	7	6

$N_h$  - число частиц с ионизацией  $\mathcal{J} > 1,4 \mathcal{J}_0$  в звезде,  $T$  - кинетическая энергия К-мезона.

Частицы с  $p\beta > 650 \text{ Мэв}/c$  и  $\mathcal{J} \leq 1,4 \mathcal{J}_0$  не отождествлялись; принималось, что эта группа частиц состоит только из  $\mathcal{K}$ -мезонов и протонов, а частицы с  $p\beta > 650 \text{ Мэв}/c$  и ионизацией в пределах  $1,4 \mathcal{J}_0 \leq \mathcal{J} \leq 2 \mathcal{J}_0$  считались протонами. После введения геометрических поправок получены следующие эффективные числа частиц:  $\mathcal{K}$ -мезонов - 1326; протонов - 266; К-мезонов - 86; неотожествленных частиц - 879.

При прослеживании лучей с ионизацией  $\mathcal{J} > 2 \mathcal{J}_0$  среди следов, оканчивающихся в камере, найден один случай распада  $\Sigma^-$ -гиперона. Гиперон образовался в родительской звезде типа 4 + 2р. Угол вылета гиперона  $29^\circ$ . Ионизация  $\mathcal{J} = 6,5 \mathcal{J}_0$ , энергия, определенная по ионизации и рассеянию, равна примерно 60 Мэв. Гиперон проходит до распада 7,7 мм и распадается на лету по схеме:  $\Sigma^\pm \rightarrow n + \mathcal{K}^\pm$ ; ионизация  $\mathcal{K}^\pm$ -мезона  $\mathcal{J} = 1,1 \mathcal{J}_0$ ; энергия около 100 Мэв. Угол вылета  $\mathcal{K}$ -мезона в с.ц.и.  $\theta_{\mathcal{K}}^* = 65^\circ$ .

### 3. Энергетический спектр $\pi^-$ -мезонов

Энергетический спектр  $\pi^-$ -мезонов показан на рис. 2. Как отмечалось выше, измерение энергии частиц было ограничено величиной  $\rho\beta \leq 650$  Мэв/с /соответствующая энергия  $\pi^-$ -мезонов равна 540 Мэв/. Кроме того рассеяние измерялось только для следов с  $\mathcal{J} \leq 2\mathcal{J}_0$ , что ограничивало спектр со стороны низких энергий. Для определения числа медленных  $\pi^-$ -мезонов из звезд с  $N_s \geq 3$  в части звезд были продолжены все следы с ионизацией большей  $2\mathcal{J}_0$ . Из числа  $\pi^-$ -мезонов с  $\mathcal{J} \geq 2\mathcal{J}_0$ , найденных в этой части звезд, было определено полное число медленных  $\pi^-$ -мезонов в спектре.

По экспериментальным точкам спектра в измеренной области энергий была подобрана эмпирическая формула  $N(E_k) = \frac{E_k}{a + b E_k^\alpha}$ , где  $E_k$  - кинетическая энергия  $\pi^-$ -мезона в Мэв. Коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $\alpha$  определены методом наименьших квадратов<sup>х/</sup> и равны соответственно:  $a = 0,17 \pm 0,07$ ;  $b = 1,2 \pm 1,4 \cdot 10^{-6}$ ;  $\alpha = 2,60 \pm 0,35$  /см. кривую  $a$  на рис. 2/. Сведения о спектре в области энергий мезонов, больших 540 Мэв, были получены путем экстраполяции найденной эмпирической зависимости до энергии 7,6 Бэв.

/Максимальная энергия, которую может иметь  $\pi^-$ -мезон в нуклон-нуклонных соударениях / $N-N$ / при рождении трех  $\pi^-$ -мезонов, если энергия налетающего нуклона 9 Бэв/. Спектр  $\pi^-$ -мезонов, измеренный до 2 Бэв в космических лучах в работе<sup>13/</sup> при энергии первичных частиц около 10 Бэв имеет такую же форму. Число  $\pi^-$ -мезонов с  $\rho\beta > 650$  Мэв/с, полученное при экстраполяции спектра, оказалось равным 400, откуда число протонов с  $\rho\beta > 650$  Мэв/с равно 479.

Оценка средней полной энергии  $\pi^-$ -мезонов с учетом неточности в экстраполяции приводит к величине  $\bar{E} = 10,7 \pm 0,2$  Бэв для всего спектра и  $10,8 \pm 0,2$  Бэв для быстрых мезонов. Оценки средней энергии  $\pi^-$ -мезонов, приводимые в работах<sup>4,5/</sup>, согласуются с этими результатами.

---

х/ Расчеты выполнены на счетной машине "Урал". Авторы благодарят Н.Н. Говоруна за проведение этих расчетов, а также В.А. Мещерякова за помощь при обработке результатов измерений.



Отношение числа быстрых  $\pi$ -мезонов к числу быстрых протонов оказалось равным  $3,2 \pm 1,9$ , а средняя множественность быстрых частиц  $n_s = 4,37 \pm 0,10$ . Отсюда можно определить средние числа быстрых  $\pi$ -мезонов /  $n_\pi$  / и быстрых протонов /  $n_p$  / на одно взаимодействие. Эти числа для рассматриваемого класса звезд равны:  $n_\pi = 3,3 \pm 0,5$ ;  $n_p = 1,0 \pm 0,5$ . Число  $\pi$ -мезонов с  $E_k \leq 80$  Мэв на одно взаимодействие, определенное из спектра, равно  $0,6 \pm 0,2$ . Число всех заряженных  $\pi$ -мезонов  $N_\pi$  / быстрых и медленных / на одно взаимодействие равно  $3,9 \pm 0,5$ . С целью определения средней энергии  $\pi$ -мезонов отдельно для легких и тяжелых ядер, все  $\pi$ -мезоны были разбиты на две группы:  $\pi$ -мезоны из звезд с  $N_h > 8$  /60% от полного числа  $\pi$ -мезонов/; и из звезд с  $N_h \leq 8$  /40%/. Оказалось, что в измеренной области спектра средняя энергия  $\pi$ -мезонов из тяжелых ядер /  $N_h > 8$  / примерно на 100 Мэв меньше, чем из группы ядер с  $N_h \leq 8$ .

Для выяснения зависимости средней энергии  $\pi$ -мезонов от числа быстрых частиц в звезде, все звезды были разбиты на две группы:  $n_s = 3,4$  и  $n_s > 4$ . Число звезд в группах оказалось примерно одинаковым. Средние энергии  $\pi$ -мезонов для этих групп в измеренной области спектра в пределах ошибок не различаются.

#### 4. Угловые распределения быстрых $\pi$ -мезонов и протонов

Угловое распределение быстрых  $\pi$ -мезонов /  $\mathcal{J} \leq 1,4 \mathcal{J}$  / в лабораторной системе приведено на рис. 3.  $\pi$ -мезоны с энергией, большей 540 Мэв, включены в первый интервал /1,0 - 0,8/ на основании зависимости угол-энергия для  $\pi$ -мезонов, представленной на рис. 4. Точки на рис. 4 получены усреднением данных по всем углам вылета  $\pi$ -мезонов в каждом интервале энергий. Угол полуразлета быстрых  $\pi$ -мезонов  $\theta_{1/2}^\pi = 36,5 \pm 8,8^\circ$ . Угловое распределение быстрых протонов в л.с. дано на рис. 5. Так как все быстрые протоны имеют  $\rho\beta > 650$  Мэв/с и не отождествлены, то для построения их углового распределения из углового распределения всех быстрых неотождествленных частиц вычитались быстрые  $\pi$ -мезоны с  $\rho\beta > 650$  Мэв/с /все они на основании зависимости угол энергия вычитались из интервала /1,0-0,8//.

Угол полуразлета быстрых протонов  $\theta^p \sim 29^\circ$ . Угол полуразлета всех быстрых частиц для звезд с  $n_s \geq 3$   $\theta_{\pi^{\pm}}^{1/2} = 30,5 \pm 5,0^\circ$ .

### 5. Обсуждение результатов

1. Сравнение полученного энергетического спектра /рис. 2/ со спектром  $\pi$ -мезонов, полученным в космических лучах в работе /13/ показывает, что спектры в пределах ошибок измерений не различаются. Спектр, измеренный в настоящей работе, имеет максимум в области 100 Мэв; спектры вторичных  $\pi$ -мезонов из столкновений  $\pi$ -мезонов с энергиями 1,5 и 4,2 Бэв с ядрами в фотоэмульсии, полученные в работах /15/, /16/, имеют также максимум в области 100-150 Мэв. Таким образом, независимо от природы налетающей частицы и в широкой области энергий положение максимума в спектре не изменяется. Это, по-видимому, указывает на то, что значительная часть  $\pi$ -мезонов, по крайней мере, в области энергий 100-150 Мэв, образуется, в основном, в результате вторичных соударений внутри ядра. Об этом свидетельствует также сравнение полученного спектра со спектром  $\pi$ -мезонов, рассчитанным в работе /14/ для соударений нуклон-нуклон по статистической теории множественного образования частиц с учетом изобары /см. кривую  $\sigma$  на рис. 2/. Видно, что наблюдаемый на опыте энергетический спектр смещен в сторону более низких энергий. Естественно полагать, что отличие наблюдаемого спектра  $\pi$ -мезонов, испускаемых в соударениях протон-ядро, от теоретического спектра  $\pi$ -мезонов в нуклон-нуклонных соударениях связано со вторичными процессами внутри ядра /хотя статистическая теория и не совсем точно описывает спектр  $\pi$ -мезонов из  $N-N$ -соударений/.

Как уже отмечалось выше, средняя энергия  $\pi$ -мезонов из звезд с  $N_h > 8$  в измеренной части спектра примерно на 100 Мэв меньше, чем для группы звезд с  $N_h \leq 8$ . Кроме того, если  $\pi$ -мезоны с  $\rho_B < 650$  Мэв/с вылетают примерно одинаково часто из звезд с  $N_h > 8$  и с  $N_h \leq 8$ , то частицы с  $\rho_B > 650$  Мэв/с вылетают из звезд с  $N_h \leq 8$  в три раза чаще, чем из звезд с  $N_h > 8$ . Эти результаты могут быть объяснены большим числом соударений в тяжелых ядрах, по сравнению с числом соударений в легких ядрах. Действительно, если предположить, что число столкновений в ядре пропорционально радиусу ядра, то число столкновений

в тяжелых ядрах фотоэмульсии должно быть в два раза больше, чем в легких ядрах. С другой стороны, средние числа быстрых частиц в рассматриваемых группах звезд различаются слабо. Так для звезд с  $N_k \leq 8$  и  $N_k > 8$  эти числа равны  $4,24 \pm 0,13$  и  $4,47 \pm 0,16$ , соответственно. Это может быть объяснено тем, что по мере развития каскада в тяжелых ядрах быстро уменьшается множественность релятивистских частиц, рожденных во вторичных столкновениях.

2. Результаты, полученные в описываемой работе, позволяют найти среднюю энергию, расходуемую на образование  $\pi$ -мезонов при столкновении протона с энергией 9 Бэв с ядрами. Используя величину средней энергии  $\pi$ -мезонов в спектре и среднее число  $N_{\pi}$  заряженных  $\pi$ -мезонов на одно взаимодействие, для выбранного класса звезд, можно найти, что на мезообразование в среднем расходуется энергия  $E_{\pi} = \frac{3}{2} \bar{E} \cdot N_{\pi} = \frac{3}{2} 0,7 \cdot 3,9 = 4,1 \pm 1,3$  Бэв, что составляет  $45 \pm 14\%$  от энергии первичного протона /здесь предполагалось, что  $\pi^0$ -мезоны уносят половину энергии, передаваемой заряженным  $\pi$ -мезонам/.

В работах /4,5,3/, выполненных на синхрофазотроне при энергии протонов 9 Бэв, доля энергии, передаваемая быстрым  $\pi$ -мезонам, равна  $27-33 \pm 8\%$ ;  $33 \pm 9\%$ ;  $44 \pm 9\%$ , соответственно.

Следует отметить, что величина энергии, передаваемой  $\pi$ -мезонам, полученная в данной работе, должна быть больше, чем в среднем для всех расщеплений, найденных при просмотре вдоль следа, так как отбирались события с  $N_s \geq 3$ , в которых рождается большее число  $\pi$ -мезонов. Используя долю энергии на мезообразование, полученную в данной работе, и энергию на расщепление ядер из работы /3/ получим для доли энергии, уносимой протоном после столкновения с ядрами, величину  $0,43 \pm 0,14$ . Для нуклон-нуклонных соударений доля энергии, уносимой протоном, в среднем равна  $0,65/7$ .

Из этих результатов следует, что первичный протон испытывает примерно два соударения со средним ядром фотоэмульсии.

3. Проведенные измерения величин  $\rho\beta$  и ионизации на следах частиц, образующихся при взаимодействии первичного протона с ядрами, позволили идентифицировать 5  $K^{\pm}$ -мезонов в области ионизации  $1,2 \mathcal{I} \leq \mathcal{I} \leq 2 \mathcal{I}$ . /соответствующий интервал скоростей  $\beta = 0,8-0,5$ /. Энергетический интервал

для  $\bar{K}$ -мезонов с такими скоростями равен 22-95 Мэв. Используя эффективные числа  $K$ -мезонов /86/ и рассчитанные по спектру числа  $\bar{K}$ -мезонов /409/, в указанном интервале энергий получаем для отношения  $n_{\bar{K}}/n_K$  значение  $5,0 \pm 2,5$ . Отметим, что в работе /17/ для этого отношения в области  $\beta \leq 0,67$  дается величина равная 6.

### В ы в о д ы

1. Энергетический спектр заряженных  $\bar{K}$ -мезонов из взаимодействий протонов с энергией 9 Бэв с ядрами в фотоэмульсии с числом заряженных частиц  $n_s \geq 3$  описывается эмпирической формулой:

$$N(E_k) = \frac{E_k}{a + b E_k^\alpha}$$

, где  $a = 0,17 \pm 0,07$   
 $b = 1,2 \pm 1,4 \cdot 10^{-6}$   
 $\alpha = 2,60 \pm 0,35$ .

2. Средняя полная энергия  $\bar{K}$ -мезона равна  $\bar{E} = 0,7 \pm 0,2$  Бэв. Средняя полная энергия быстрого  $\bar{K}$ -мезона равна  $0,8 \pm 0,2$  Бэв.

3. Средние числа быстрых  $\bar{K}$ -мезонов и протонов на акт равны  $3,3 \pm 0,5$  и  $1,0 \pm 0,5$ , соответственно. Среднее число  $\bar{K}$ -мезонов с энергией меньше 80 Мэв на акт равно  $0,6 \pm 0,2$ .

4. Доля энергии, передаваемая  $\bar{K}$ -мезонам /с учетом  $\bar{K}^0$ -мезонов/, равна  $45 \pm 14\%$ .

5. Отношение чисел заряженных  $\bar{K}$ -мезонов и  $K$ -мезонов в интервале скоростей  $\beta = 0,5-0,8$  равно  $5,0 \pm 2,5$ .

6. Полученные экспериментальные данные не противоречат предположению о том, что взаимодействие протонов с энергией 9 Бэв со сложными ядрами представляет собой для рассматриваемого класса расщеплений ряд последовательных столкновений.

Авторы признательны профессорам В.П.Джелепову и Х.Хулубею за интерес и внимание к работе, а также лаборантам Г.И.Богоровской, Л.Ф.Захаровой, К.Д.Свердлиной и Д.А.Флягиной за помощь при проведении измерений.

Один из авторов /Т.В./ благодарит И.Ауслендера и Э.Фридлендера за обсуждения.

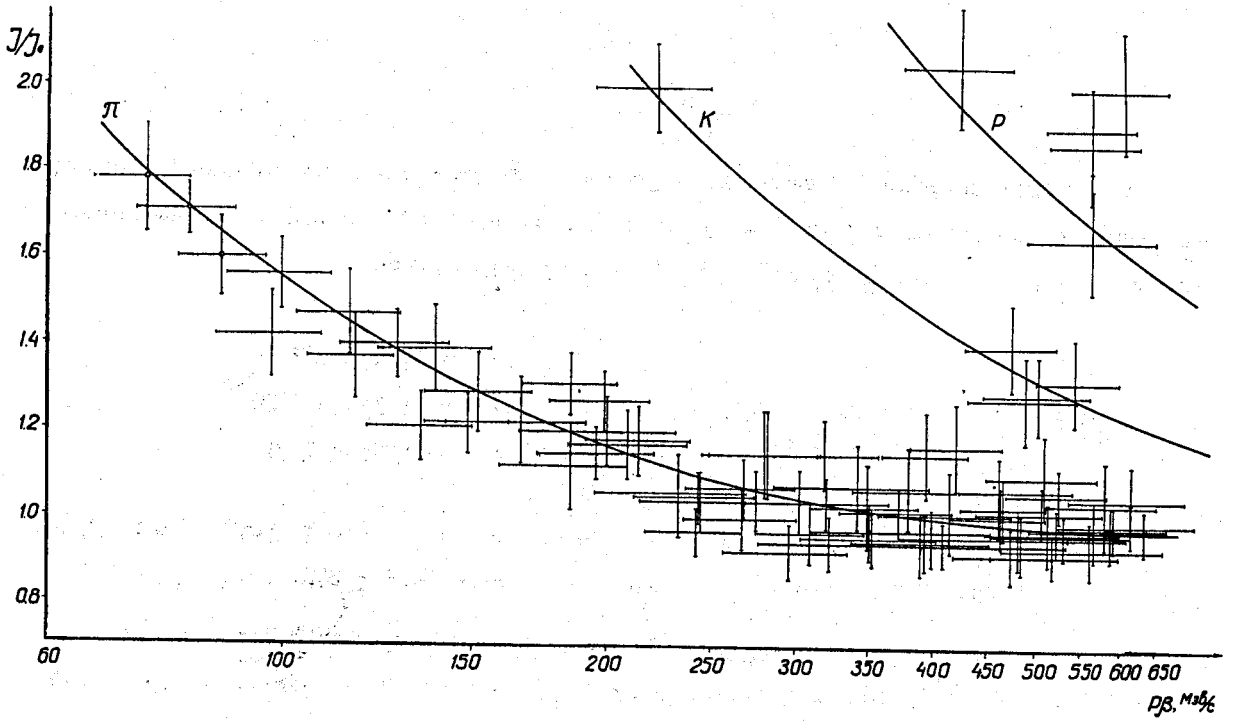


Рис. 1. Зависимость  $P_{\beta}$  -ионизация для эмульсии НИКФИ-Р.



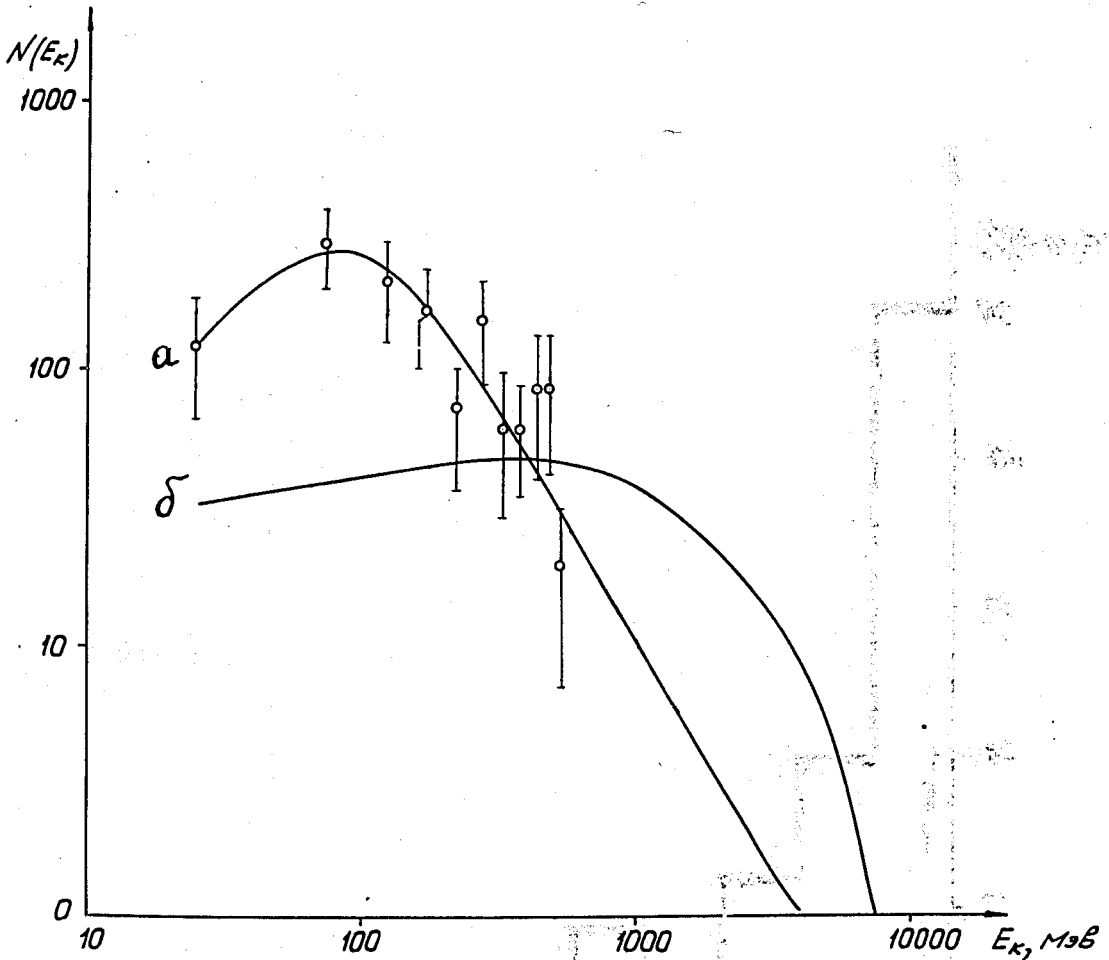


Рис. 2. Энергетический спектр  $\tilde{\pi}$ -мезонов, образующихся в соударениях протон-ядро при энергии 9 Бэв.

$a$  - эксперимент; кривая соответствует эмпирической зависимости

$$N(E_k) = \frac{E_k}{a + b \cdot E_k^2}$$

$\delta$  - теоретическая кривая для спектра  $\tilde{\pi}$ -мезонов из  $|N-N|$ -соударений<sup>/14/</sup>,

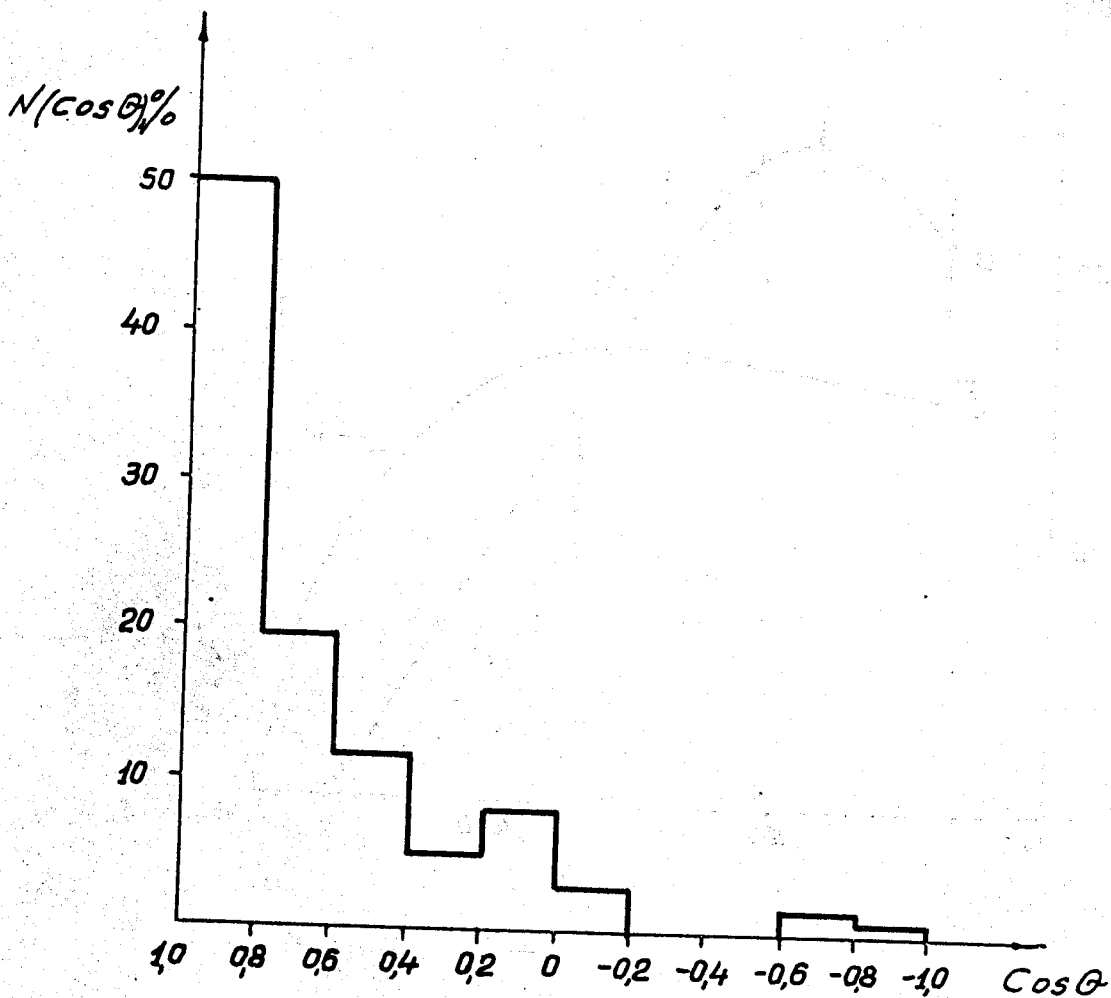


Рис. 3. Угловое распределение  $K$ -мезонов с ионизацией  $Y \leq 14\%$ .

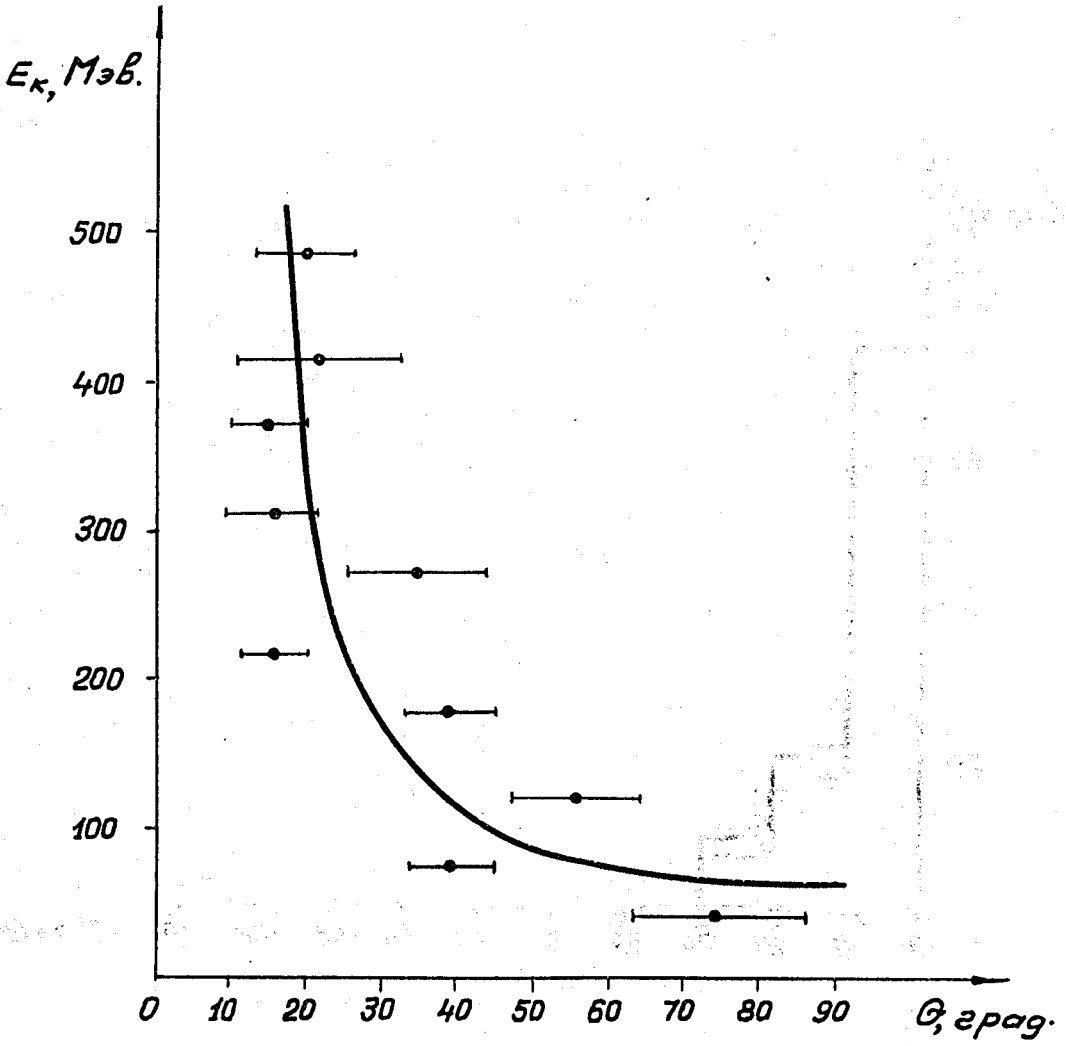


Рис. 4. Зависимость энергии  $\pi$ -мезона от угла вылета.

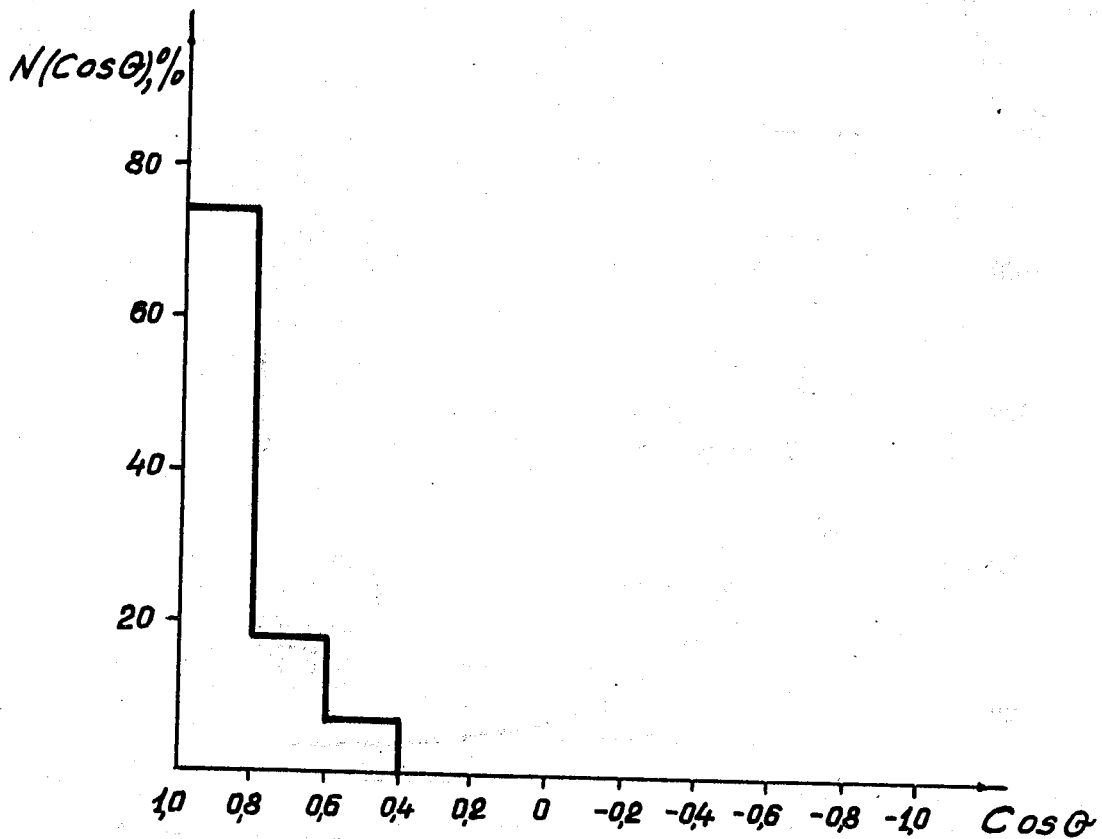


Рис. 5. Угловое распределение протонов с ионизацией  $\mathcal{I} \leq 1,4 \%$ .

Л и т е р а т у р а

1. Векслер В.И., Ефремов Д.В., Минц А.Л., Вейсбейн М.М., Водопьянов Ф., Гашев М.А., Зейдлиц А.И., Иванов П.П., Коломенский А.А., Комар Е.Г., Малышев И.Ф., Моносзон Н.А., Невяжский И.Х., Петухов В.А., Рабинович М.С., Рубчинский С.М., Синельников К.Д., Столов А.М. Атомная энергия, № 4, 22 /1956/.
- В.И.Векслер. Труды второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Доклады советских ученых. М-1959. т.1, стр.253.
2. Н.П.Богачев, Ван Шу-фень, И.М.Граменицкий, Л.Ф.Кириллова, Р.М.Лебедев, В.Б.Любимов, П.К.Марков, Ю.П.Мереков, М.И.Подгорецкий, В.М.Сидоров, К.Д.Толстов, М.Г.Шафранова. Атомная энергия, 4, 281 /1958/.
3. В.С.Барашенков, В.А.Беляков, Ван Шу-фень, В.В.Глаголев, Н.Далхажав, Л.Ф.Кириллова, Р.М.Лебедев, В.М.Мальцев, П.К.Марков, К.Д.Толстов, Э.Н.Цыганов, М.Г.Шафранова, Яо Цин-се. Препринт ОИЯИ Р-331 /1959/.
4. Г.Л.Баятян, И.М.Граменицкий, А.А.Номофилов, М.И.Подгорецкий, Э.С.Скжипчак. ЖЭТФ, 36, 690 /1959/.
5. Г.Б.Жданов, П.К.Марков, В.Н.Стрельцов, М.И.Третьякова, Чжен Пу-ин, М.Г.Шафранова. ЖЭТФ /в печати/, препринт ОИЯИ, Р-322 /1959/.
6. Н.П.Богачев, С.А.Бунятов, Ю.П.Мереков, В.М.Сидоров, ДАН, 121, 617 /1958/.
7. Н.П.Богачев, С.А.Бунятов, И.М.Граменицкий, В.Б.Любимов, Ю.П.Мереков, М.И.Подгорецкий, В.М.Сидоров, Д.Тувдендорж. ЖЭТФ /в печати/ препринт, ОИЯИ, Р-356 /1959/.
8. P.H.Fowler, Phil. Mag., 41, 169 (1950).
9. S.Biswas, B.Peters and Rama. Proc. Ind. Acad. Sci., 41A, 154 (1955).
10. K.Gottstein, M.G.K.Menon, J.H. Mulvey, C.O'Ceallaigh and O.Rochat, Phil.Mag., 42, 708 (1951).
11. N. Solntseff, Nucl. Physics, 6, 222 (1958).



12. P.H.Fowler and D.H.Perkins, Phil. Mag. 46, 587 (1955)
13. Л.Т.Барадзей, В.И.Рубцов, Ю.А.Сморозин, М.В.Соловьев, Б.В.Толкачев, и З.И.Тулинова, ДАН, 115, 685 /1957/.
14. V.S.Barashenkov, V.A.Belyakov, E.C.Bubelev, Wang Shou-feng, V.M.Maltsev, Ten Gyn and K.D.Tolstov, Nuclear Physics, 9, 74 (1958).
15. J.E.Crew and R.D.Hill, Phys.Rev.110, 177 (1958).
16. P.Abrahamson, J.Ben-Arieh, G.Yekutieli, G.Alexander. Nuovo Cimento, 12, 27 (1959).
17. Н.И.Костанашвили, О.А.Шахулашвили. ЖЭТФ, 136, 1006 /1959/.

Рукопись поступила в издательский отдел 4 июля 1959 года.