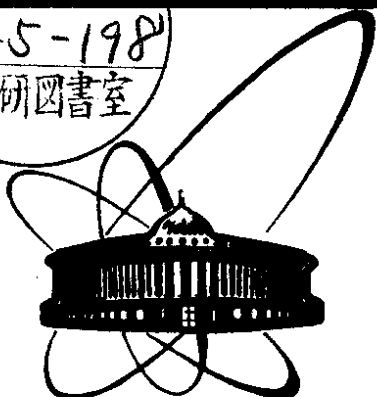


受入

80-5-198

高工研図書室



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1 - 13055

НЕУПРУГИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,5 ГЭВ/С
С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ

Сотрудничество: Алма-Ата - Бухарест - Дубна -
Душанбе - Кошице - Ленинград - Москва -
Ташкент - Улан-Батор

1980

Б.П.Банник, С.Вокал, В.А.Лескин, К.Д.Толстов, М.Шумбера
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В.И.Бубнов, А.Ш.Гайтинов, Л.Е.Еременко, Б.Кусамбаев,
И.Я.Часников

Институт физики высоких энергий, Алма-Ата

М.Марку, А.Марин, М.Хайдук

Центральный институт физики, Бухарест

Л.Ахмадалиева

Таджикский государственный университет, Душанбе

М.Карабова, Я.Караба, В.Новицки, Э.Силеш, М.Тотова

Университет им. Шафарика, Кошице, ЧССР

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

Радиевый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград

М.И.Адамович, В.Г.Ларионова, С.П.Харламов

Физический институт им. П.Н.Лебедева, Москва

Е.С.Басова, Р.А.Бондаренко, У.Г.Гулямов, Р.М.Ибатов,

М.М.Муминов, Б.Г.Рахимбаев, Г.М.Чернов

Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент

А.И.Бондаренко, К.Г.Гуламов

Физико-технический институт АН УзССР, Ташкент

Н.Далхажав, Р.Тогоо, Б.Чадраа

Институт физики и техники АН МНР, Улан-Батор

В.А.Антончик, В.А.Бакаев, С.Д.Богданов, В.И.Остроумов

Ленинградский политехнический институт

P1 - 13055

НЕУПРУГИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОНОВ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,5 ГЭВ/С
С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ

Сотрудничество: Алма-Ата - Бухарест - Дубна -
Душанбе - Кошице - Ленинград - Москва -
Ташкент - Улан-Батор

Банник Б.П. и др.

P1 - 13055

Неупругие взаимодействия протонов при импульсе
4,5 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии

В неупругих столкновениях протонов при импульсе 4,5 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии получены данные, включающие множественность ливневых частиц, энергетический спектр быстрых вторичных протонов со средней энергией $2,5 \pm 0,1$ ГэВ и энергетический спектр рожденных заряженных пионов со средней энергией 640 ± 50 МэВ. Определены также множественность, угловые распределения и энергия частиц, полученных в результате расщепления ядер мишеней, причем спектр протонов аппроксимируется степенной зависимостью $E^{-\gamma}$ при $\gamma = 1,4 \pm 0,1$. Получено распределение протонов и π -мезонов по быстротам $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E-p}{E+p}$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Bannik B.P. et al.

P1 - 13055

Inelastic Interactions of Protons
with Photoemulsion Nuclei at 4.5 GeV/c

In inelastic collisions of protons with photoemulsion nuclei at 4.5 GeV/c data have been obtained on multiplicity of shower particles, energy spectrum of fast secondary protons with (2.5 ± 0.1) GeV average energy and energy spectrum of produced charged pions with (640 ± 50) MeV average energy. The multiplicity, angular distributions and energy of particles arising from splitting target-nuclei are also determined, proton spectrum being approximated by the degree dependence $E^{-\gamma}$ at $\gamma = 1.4 \pm 0.1$. Distributions of protons and π -mesons over rapidities $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E-p}{E+p}$ have been obtained.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

В ряде предыдущих работ ^{1-5/} исследовались взаимодействия ^2H , ^4He , ^{12}C с ядрами фотоэмульсии при импульсе ускоренных ядер 4,5 ГэВ/с на нуклон. Представляет самостоятельный интерес более развернутый анализ результатов, требующий знания характеристик столкновений протонов с ядрами при том же начальном импульсе.

В настоящем эксперименте слои фотоэмульсий БР-2 ГОСНИИ-ФОТОПРОЕКТА размером $10 \times 20 \text{ см}^2$ и толщиной 600 мкм были облучены протонами с импульсом 4,5 ГэВ/с на синхрофазотроне ОИЯИ. Плотность облучения составляла $2 \cdot 10^4$ протонов на см^2 . Поиск взаимодействий производился вдоль следов протонов. К упругим взаимодействиям отнесены события типа 0+0+1 с углом релятивистского следа $\theta < 5^\circ$. Средний пробег до неупругого взаимодействия оказался равным $\lambda = 30,2 \pm 0,7 \text{ см}$. Вторичные частицы разделялись на s, g и b по принятым в фотоэмульсионной методике критериям: s - релятивистские частицы с относительной ионизацией $g/g_0 < 1,4$ (g_0 - плотность ионизации на следе первичных протонов); g - частицы с $g/g_0 \geq 1,4$ и с пробегом в фотоэмульсии $R > 3000 \text{ мкм}$, что соответствует энергии протона 26 МэВ; b - частицы, имеющие пробег $R \leq 3000 \text{ мкм}$.

Идентификация b-частиц по зарядам проводилась для следов с наклоном менее 30° к плоскости непроявленной эмульсии по числу разрывов в следе в зависимости от остаточного пробега. Калибровочные зависимости были получены на следах π -мезонов, протонов, α -частиц и ядер ^8Li . При идентификации учитывался угол наклона следа и его местонахождение в фотослое ^{17/}. На следы с углом наклона более 30° вводилась геометрическая поправка.

МНОЖЕСТВЕННОСТЬ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

В табл.1 приведены средние множественности частиц для событий с различным числом сильноионизирующих частиц $N_h = n_s + n_b$. В группу с $N_h \leq 6$ входят взаимодействия с легкими ядрами эмульсии и периферические взаимодействия с тяжелыми ядрами, а группу с $N_h \geq 7$ образуют события, происшедшие только на тяжелых ядрах фотоэмульсии.

На рис.1 и 2 представлены матрицы $n_s - N_h$ и $n_g - n_b$, проекции которых представляют собою соответствующие распределения

Таблица 1

| | $\langle n_s \rangle$ | $\langle n_g \rangle$ | $\langle n_b \rangle$ | $\langle N_h \rangle$ | Число событий |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| $N_h \geq 0$ | $1,63 \pm 0,02$ | $2,84 \pm 0,06$ | $3,79 \pm 0,09$ | $6,63 \pm 0,14$ | 2128 |
| $N_h < 6$ | $1,69 \pm 0,03$ | $1,18 \pm 0,03$ | $1,37 \pm 0,04$ | | 1527 |
| $N_h > 7$ | $1,53 \pm 0,04$ | $5,57 \pm 0,70$ | $7,79 \pm 0,18$ | | 801 |

по множественности. Заметим, что вклад событий практически полного разрушения ядер Ag, Br ($N_h \geq 28$) весьма невелик и составляет 0,5%. При энергиях налетающих протонов 6,2 и 22 ГэВ вклад таких событий составляет 2,2% и 3,2% соответственно^{6/}.

На рис.3-6 приведены корреляции множественности $\langle n_i \rangle = f(n_j)$ и их аппроксимация линейной зависимостью $\langle n_i \rangle = a + kn_j$. Значения коэффициентов наклона k даны в табл.2. Обращает на себя внимание слабое уменьшение $\langle n_s \rangle$ с ростом числа сильноионизирующих частиц в событии, что может служить указанием на отсутствие заметного мезонообразования во вторичных процессах и на выживание релятивистских частиц с уменьшением параметра столкновения в результате рассеяния.

Из рис.6 можно видеть, что степень расщепления ядра-мишени не зависит от числа s -частиц в событии. Исключение составляют события с $n_s = 0$, которые, по-видимому, с большей вероятностью происходят при взаимодействиях с тяжелыми ядрами эмульсии. Это обстоятельство следует проверить в эксперименте на эмульсиях разного состава.

| | | МАТРИЦА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------|---------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|------|-----|
| $N_h \setminus n_s$ | n_s | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | $\Sigma =$ | | |
| 0 | | 23 | 18 | 15 | 19 | 15 | 14 | 13 | 10 | 11 | 6 | 10 | 3 | 9 | 9 | 6 | 2 | 9 | 8 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | | | | | | | | | | 241 | |
| 1 | | 106 | 78 | 87 | 64 | 62 | 49 | 32 | 32 | 25 | 28 | 19 | 18 | 18 | 19 | 13 | 14 | 16 | 12 | 16 | 11 | 16 | 12 | 4 | 6 | 4 | 4 | 2 | | | | | | | | | 872 | |
| 2 | | 67 | 60 | 53 | 47 | 47 | 56 | 36 | 28 | 22 | 26 | 18 | 18 | 10 | 16 | 9 | 16 | 14 | 12 | 9 | 6 | 4 | 3 | 6 | 2 | 3 | 2 | 2 | | | 1 | | | | | | 594 | |
| 3 | | 27 | 42 | 15 | 38 | 53 | 28 | 25 | 12 | 18 | 8 | 7 | 9 | 8 | 8 | 7 | 6 | 4 | 6 | 3 | 1 | 4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 312 |
| 4 | | 12 | 4 | 3 | 7 | 8 | 13 | 5 | 6 | 3 | 4 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 81 |
| 5 | | | | 4 | 1 | 2 | 5 | 1 | 3 | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 |
| 6 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| $\Sigma =$ | | 282 | 178 | 174 | 115 | 82 | 52 | 39 | 40 | 42 | 38 | 31 | 16 | 11 | 6 | 1 | 1 | 5 | - | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2128 | |
| | | 311 | 174 | 163 | 91 | 78 | 58 | 57 | 48 | 32 | 26 | 21 | 13 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис.1. Матрица распределений по множественности $n_s - N_h$.

| $n_g \backslash n_b$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | Σ |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| 0 | 2 | 2 | 3 | 4 | 7 | 19 | 4 | 5 | | 1 | 1 | | | | | | | 502 |
| 1 | 9 | 8 | 8 | 3 | 5 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 | | | | | | | | 285 |
| 2 | 4 | 8 | 6 | 7 | 5 | 9 | 4 | 3 | 2 | 3 | | | | | | | | 267 |
| 3 | 3 | 6 | 5 | 2 | 5 | 7 | 1 | 9 | 1 | 8 | 5 | 2 | | | | | | 238 |
| 4 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | | 1 | | | | | 167 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | | | | | 105 |
| 6 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 3 | | | | | 103 |
| 7 | | 8 | 1 | 3 | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 1 | | | | 94 |
| 8 | 1 | 1 | 6 | 1 | 6 | 1 | 6 | 1 | 4 | 8 | 9 | 5 | 3 | 2 | 1 | | | 67 |
| 9 | 2 | 1 | 3 | 6 | 7 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 59 |
| 10 | | 2 | 1 | 5 | 6 | 7 | 7 | 5 | 7 | 6 | 3 | 4 | 2 | 1 | | | 1 | 55 |
| 11 | 1 | | 1 | 2 | 3 | 9 | 6 | 1 | 1 | 5 | 6 | 2 | 2 | 1 | | | | 49 |
| 12 | | | | 2 | 4 | 6 | 5 | 5 | 7 | 6 | 3 | 1 | 4 | 1 | | | | 44 |
| 13 | | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 1 | 1 | | | 25 |
| 14 | | | | 3 | 2 | 3 | 6 | 3 | 2 | 3 | | | 1 | 1 | | | | 24 |
| 15 | | | | 1 | | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 5 | 3 | | | 1 | | | 20 |
| 16 | | | | | 2 | 2 | 2 | | 2 | 1 | 1 | | | 1 | | | | 11 |
| 17 | | | | | | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | 4 |
| 18 | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 2 | | | | | | | 5 |
| 19 | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | 2 |
| 20 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 21 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| 22 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Σ | 435 | | 300 | | 173 | | 100 | | 62 | | 32 | | 17 | | 3 | - | 1 | 2126 |
| | | 492 | | 236 | | 128 | | 85 | | 41 | | 19 | | 4 | | | | |

Рис. 2. Матрица распределений по множественности $n_g - n_b$.

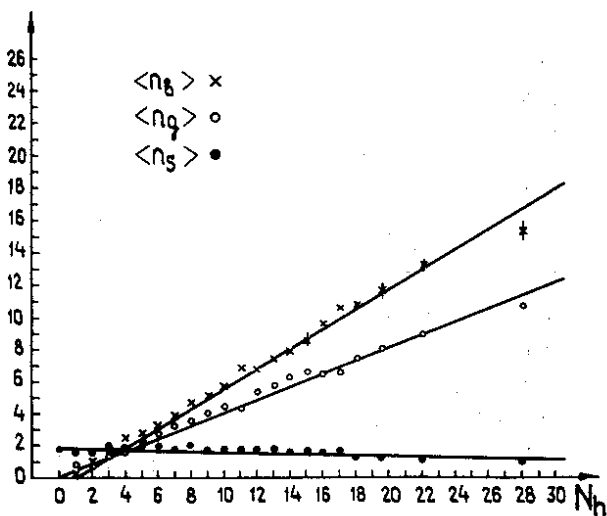


Рис. 3. Корреляции между $\langle n_s \rangle$, $\langle n_g \rangle$, $\langle n_b \rangle$ от N_h .

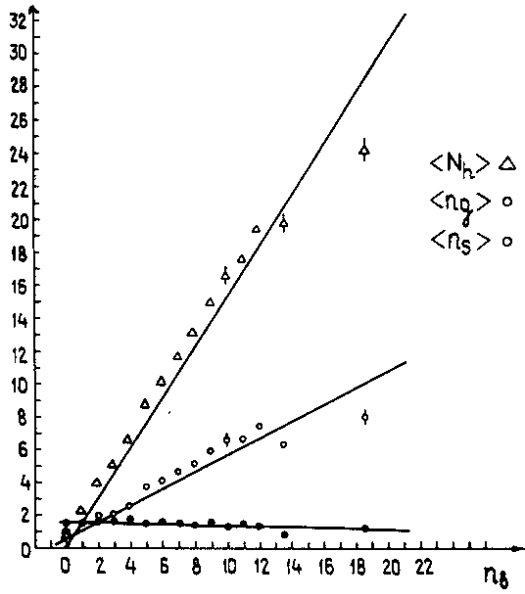


Рис. 4. Корреляции между $\langle n_s \rangle$, $\langle n_g \rangle$, $\langle N_h \rangle$ от n_b .

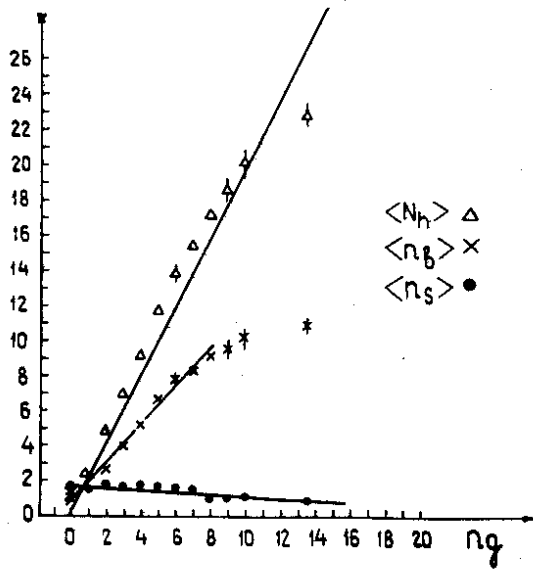


Рис. 5. Корреляции между $\langle n_s \rangle$, $\langle n_b \rangle$, $\langle N_h \rangle$ от n_g ; для зависимости $\langle n_b \rangle$ от n_g фит производился в области $n_g \leq 8$.

Рис. 6. Корреляции между $\langle n_g \rangle$, $\langle n_b \rangle$, $\langle N_h \rangle$ от n_s ; фит производился для $n_s \geq 1$.

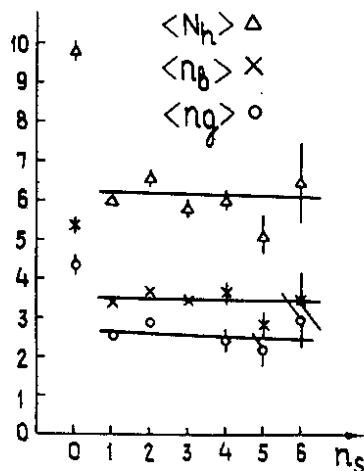


Таблица 2

| k | $\langle n_s \rangle$ | $\langle n_g \rangle$ | $\langle n_b \rangle$ | $\langle N_h \rangle$ |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| n_s | — | $-0,04 \pm 0,04$ | $0,01 \pm 0,04$ | $-0,02 \pm 0,06$ |
| n_g | $-0,06 \pm 0,01$ | — | $1,09 \pm 0,02$ | $1,97 \pm 0,02$ |
| n_b | $-0,03 \pm 0,01$ | $0,51 \pm 0,01$ | — | $1,52 \pm 0,02$ |
| N_h | $-0,02 \pm 0,00$ | $0,40 \pm 0,01$ | $0,60 \pm 0,01$ | — |

УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

Удобными для анализа характеристиками s -частиц являются величины половинного угла Θ_s $1/2$ и распределение по $\eta_s = -\ln \lg \frac{\Theta_s}{2}$. Для g -частиц мы использовали Θ_g $1/2$ и $\langle \cos \Theta_g \rangle$, для b -частиц - величину отношения F/V числа частиц, испущенных в переднюю и заднюю полусферы. На рис. 7 представлены распределения по η_s , а в табл. 3 даны значения угловых характеристик для различных интервалов множественности N_h .

Из таблицы следует, что с ростом степени расщепления ядрамиши расширяется угловое распределение s -частиц, тогда как для g -частиц эта тенденция значительно менее выражена.

Таблица 3

| N_h : | ≤ 6 | 7-15 | ≥ 16 | ≥ 7 | ≥ 0 |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| θ_s 1/2, град | $19,0^{+0,7}_{-0,6}$ | $32,4^{+1,9}_{-1,3}$ | $47,8^{+2,3}_{-1,1}$ | $35,8^{+1,9}_{-1,3}$ | $24,4^{+0,6}_{-0,5}$ |
| η_s | $1,85 \pm 0,02$ | $1,21 \pm 0,03$ | $0,86 \pm 0,03$ | $1,10 \pm 0,03$ | $1,37 \pm 0,02$ |
| θ_g 1/2, град | $60,6^{+1,9}_{-1,9}$ | $64,5^{+1,5}_{-2,1}$ | $66,5^{+1,4}_{-1,0}$ | $65,5^{+1,2}_{-1,3}$ | $63,8^{+1,5}_{-1,0}$ |
| $\langle \cos \theta_g \rangle$ | $0,37 \pm 0,01$ | $0,31 \pm 0,01$ | $0,30 \pm 0,01$ | $0,30 \pm 0,01$ | $0,32 \pm 0,01$ |
| $(F/B)_b$ | $1,29 \pm 0,06$ | $1,51 \pm 0,04$ | $1,25 \pm 0,04$ | $1,27 \pm 0,03$ | $1,21 \pm 0,03$ |
| $(F/B)_p$ | $1,2 \pm 0,2$ | $1,1 \pm 0,1$ | $1,0 \pm 0,1$ | $1,04 \pm 0,08$ | $1,1 \pm 0,1$ |
| $(F/B)_a$ | $2,0 \pm 0,4$ | $1,5 \pm 0,3$ | $1,2 \pm 0,2$ | $1,33 \pm 0,15$ | $1,43 \pm 0,14$ |

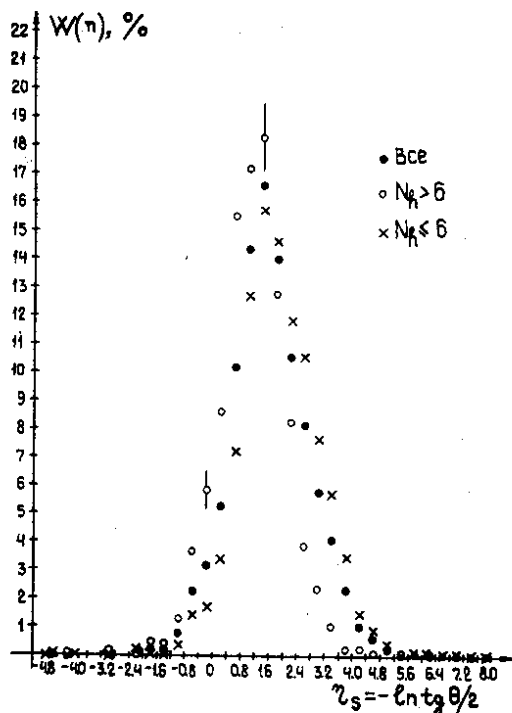


Рис. 7. Распределение по $\eta_s = -\ln \operatorname{tg}(\theta_s/2)$ для различных групп событий по N_h .

Отношение F/V для протонов в звездах с различными N_h практически равно единице: для α -частиц наблюдается некоторая анизотропия во всех группах событий. Отметим, что в угловых распределениях медленных протонов и α -частиц не наблюдается статистически обеспеченных нерегулярностей.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

Импульсы s -частиц измерялись методом многократного рассеяния на 354 следах с углами наклона к плоскости фотослоя до 5° или до 10° с последующим введением геометрических поправок на эти ограничения.

В дальнейшем производилось разделение измеренных s -частиц на протоны и пионы. Отбор s -частиц по критерию $g/g_0 < 1,4$ исключает вклад протонов в область $p\beta \leq 680$ МэВ/с. Разделение частиц в области $p\beta > 680$ МэВ/с проводилось статистически с учетом спектра пионов до этой границы.

На *рис. 8* показан спектр $p\beta$, пунктиром нанесен спектр протонов и пионов в области $p\beta > 680$ МэВ/с. Средние энергии оказались равными:

$$\langle E_\pi \rangle = /642_{\pm 50}/ \text{ МэВ} \text{ и } \langle E_p \rangle = /2536_{\pm 120}/ \text{ МэВ}.$$

Распределения протонов и π -мезонов по быстротам $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E-p}{E+p}$ даны на *рис. 9*.

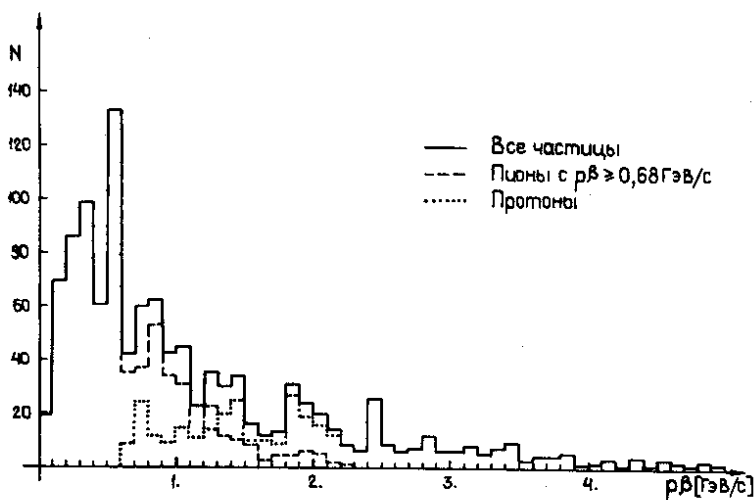


Рис. 8. Распределение по $p\beta$ для всех измеримых s -частиц и отдельно - для протонов и пионов в области $p\beta > 680$ МэВ/с.

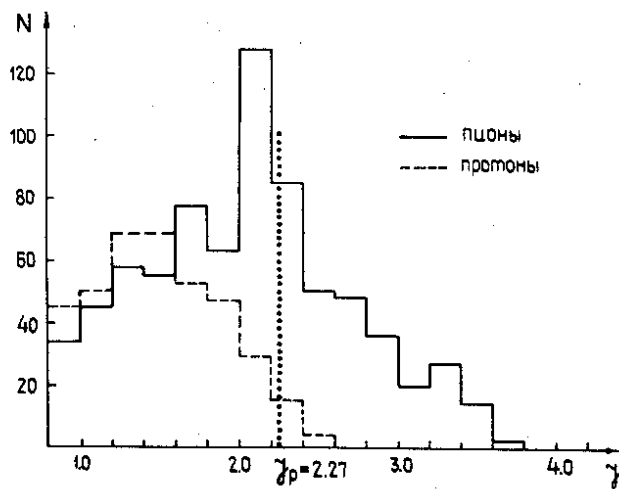


Рис.9. Распределение по быстроте $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E-p}{E+p}$ для пионов и протонов среди s -частиц.

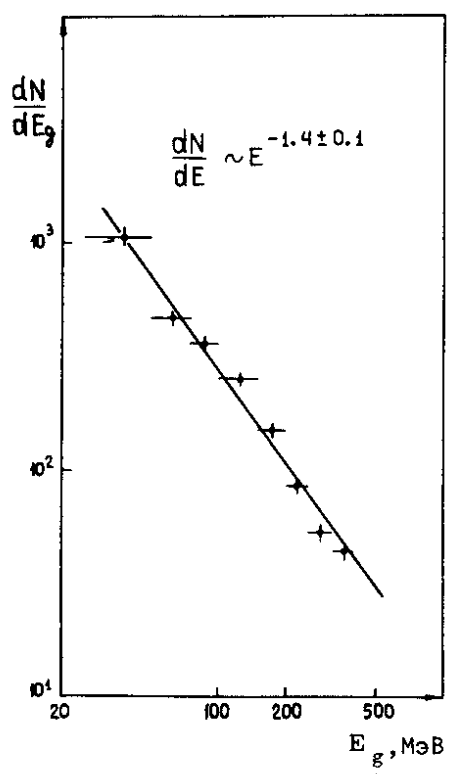


Рис.10. Энергетический спектр s -частиц.

Определение энергии g -частиц /в предположении, что они являются протонами/ производилось или по пробегу или по изменению относительной ионизации g/g_0 . Энергетический спектр g -частиц, показанный на *рис.10*, может быть аппроксимирован степенной зависимостью $E^{-\gamma}$, где $\gamma = 1,4 \pm 0,1$. При увеличении N_h наблюдается некоторое смягчение спектра, что согласуется с изменением угловых характеристик g -частиц.

Определение энергии b -частиц производилось по пробегу с использованием зависимостей $E = f(R_{p,\alpha})$.

В *табл.4* представлены средние значения энергии g - и b -частиц для различных групп N_h . Там же приведены значения $\langle \alpha/p \rangle_b$. Можно указать на некоторое увеличение $\langle E_p \rangle$ и $\langle E_\alpha \rangle$ для звезд с $N_h \geq 7$, что, по-видимому, обусловлено влиянием кулоновского барьера. При уменьшении параметра столкновения с тяжелыми ядрами /при росте N_h / энергетические спектры b -частиц несколько расширяются как в сторону больших, так и в сторону меньших энергий /*рис.11*/.

Таблица 4

| N_h : | ≤ 6 | 7-15 | ≥ 16 | ≥ 0 |
|------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\langle E_g \rangle$, МэВ | 122 \pm 5 | 110 \pm 4 | 103 \pm 5 | 112 \pm 8 |
| $\langle E_p \rangle_b$, МэВ | 8,8 \pm 0,4 | 10,4 \pm 0,3 | 9,7 \pm 0,4 | 9,7 \pm 0,2 |
| $\langle E_\alpha \rangle_b$, МэВ | 19,4 \pm 1,7 | 23,5 \pm 1,5 | 23,5 \pm 1,3 | 22,6 \pm 0,6 |
| $\langle \alpha/p \rangle_b$ | 0,44 \pm 0,05 | 0,4 \pm 0,04 | 0,55 \pm 0,05 | 0,40 \pm 0,03 |

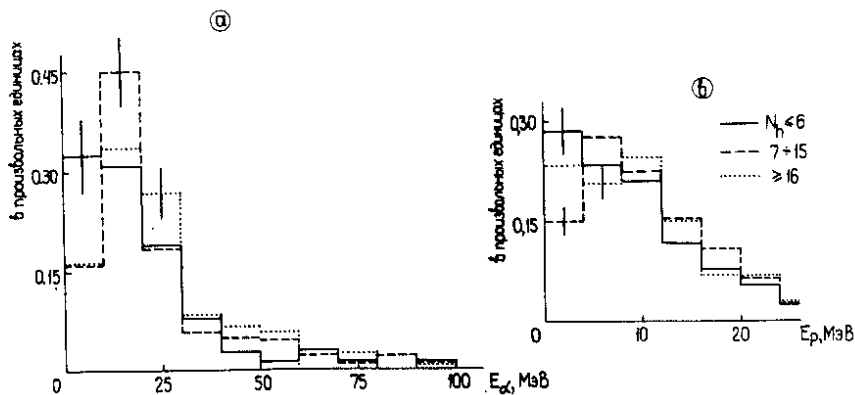


Рис.11. Энергетический спектр медленных α -частиц /а/ и протонов /б/ в событиях с различным числом сильноионизирующих частиц N_h .

Авторы выражают благодарность коллективу синхрофазотрона и группе С.И.Любомилова за помощь в проведении эксперимента, а также лаборантам, участвовавшим в просмотре снимков и измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богачев Н.И. и др. ОИЯИ, P1-6877, Дубна, 1972.
2. Galstyan J.A. et al. Nucl.Phys., 1973, A208, p.626.
3. Сотрудничество. ОИЯИ, P1-8313, Дубна, 1974.
4. BVDKLMT Collaboration. Acta Phys.Slov., 1978, 28, p.132.
5. Адамович М.Н. и др. ОИЯИ, E1-10838, Дубна, 1977.
6. Winzeller J. Nucl.Phys., 1965, 69, p.661.
7. Серебренников Ю.И. Научн.-техн. инф. бюлл. №12, физ.-мат. науки. Изд. ЛПИ им. М.И.Калинина, 1957.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 декабря 1979 года.

15

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 27612. Тираж 700. Уч.-изд. листов 0,67.
Редактор Б.Б.Колесова.
Набор В.С.Румянцевой, Е.М.Граменицкой.
Макет Т.Е.Жильцовой. Подписано к печати 6.2.80 г.

9