Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 2

*ФИЗИКА*

А. В. ХРИМЯН

# СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ БЫСТРЫМИ π-МЕЗОНАМИ, ЗАРОЖДЕННЫМИ ПРИ ЯДЕРНЫХ РАСЩЕПЛЕНИЯХ

*(Представлено академиком А. И. Алихановым 19 IV 1955)*

В работе приведены данные о положительных и отрицательных быстрых мезонах, зарожденных в звездах, вызванных нейтральной компонентой космического излучения в свинце.

В литературе до сих пор нет прямых данных об отношении $\pi^-/\pi^+$ среди быстрых продуктов ядерных расщеплений. Имеющиеся сведения относятся к медленным мезонам ($E_k < 40$ Мэв) и сильно расходятся у разных авторов ([1-4]).

В настоящей работе изучены продукты звезд с $N > 2$ и $N = 1$ ($N$ — число наблюденных частиц звезды), генерированных нейтральными частицами в свинцовых генераторах, расположенных в годоскопическом устройстве, установленном над большим магнитным масс-спектрометром Алагёзской станции (3250 м над уровнем моря). Прибор, а также методика обработки звезд описаны в работе ([5]). Результаты, приведенные в настоящей работе, получены при помощи прибора $Б$ (опыты IV и V) (см. [5]); часть из них была уже использована в нашей работе ([5]).

Таблица 1

| Тип звезды | Знак мезонов | Верхняя граница массы | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\leqslant 1400\, m_e$ | $\leqslant 1000\, m_e$ | $\leqslant 600\, m_e$ | $\leqslant 500\, m_e$ |
| | | Число случаев | | | |
| $N > 2$ | + | 16 | 15 | 5 | 3 |
| $N > 2$ | − | 22 | 19 | 9 | 4 |
| $N = 1$ | + | 16 | 13 | 10 | 6 |
| $N = 1$ | − | 18 | 13 | 7 | 4 |
| $N \geqslant 1$ | + | 32 | 28 | 15 | 9 |
| $N \geqslant 1$ | − | 40 | 32 | 16 | 8 |

Для разделения $(\pi, K)^+$-мезонов и протонов определялся верхний предел массы частиц по импульсу и наблюденному ионизационному пробегу, т. е. по пробегу до первого наблюденного акта ядерного взаимодействия или ионизационной остановки в фильтрах прибора. Этим методом были отобраны положительные частицы, масса которых меньше 1400 $m_e$, что достаточно для надежного отделения положительных мезонов от протонов. Для определения отношения $(\pi, K)^-/(\pi, K)^+$ применялся такой же метод отбора отрицательных частиц.

Как показали Даниел и др. ([6]), в обычных звездах основную часть мезонов составляют π-мезоны. По оценкам А. И. Алиханяна и В. Ш. Камаляна ([7]) K-мезоны в исследуемом интервале импульсов составляют не больше 10—15% от числа π-мезонов. Поэтому практически отношение $(\pi, K)^-/(\pi, K)^+$ обусловливается отношением между $\pi^-$- и $\pi^+$-мезонами. Для быстрых ядерно-активных частиц наблюденный пробег фактически определяется не ионизационным пробегом, а про-

бегом ядерного взаимодействия*. Поэтому правильное определение отношения $f = \pi^-/\pi^+$ данным методом возможно только в том случае, если в веществе фильтров полное сечение ядерного взаимодействия $\pi^-$ и $\pi^+$-мезонов одинаково. В нашем опыте это требование выполняется, так как основные данные, определяющие величину $f$, получены при помощи фильтров из графита (в 90% случаев наблюденный пробег частиц оказался не больше 39 г/см² С), для которого, по крайней мере при импульсах $>130$ Мэв/$c$, $\sigma(\pi^+) = \sigma(\pi^-)$ с точностью 10% ([8-12]).

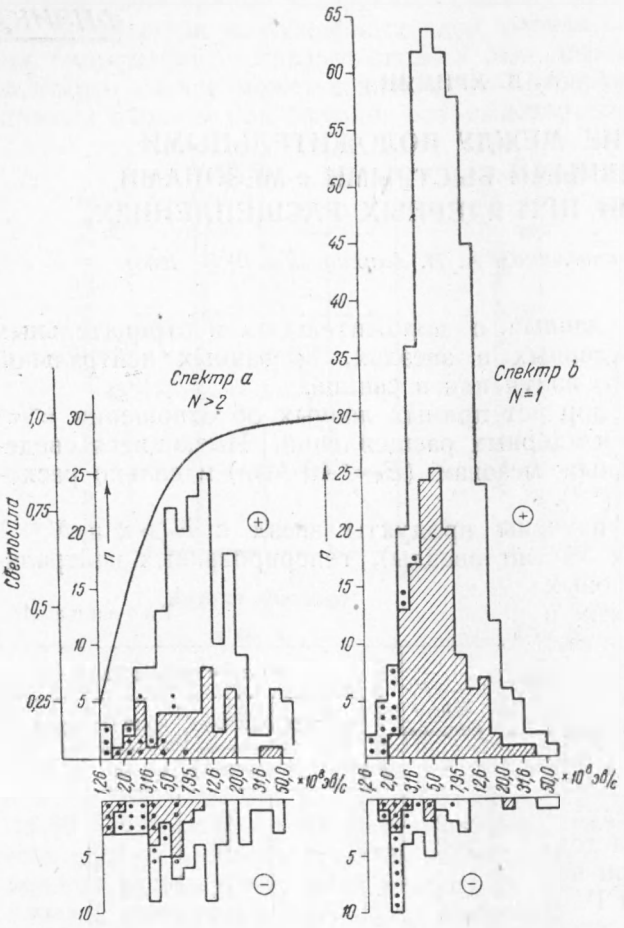


Рис. 1

На рис. 1 приведены импульсные спектры вторичных частиц, зарожденных в свинцовых генераторах под действием нейтрального излучения. Спектр $a$ соответствует случаям, когда частица явно зарождена в многолучевой ($N>2$) звезде. В спектре $b$ наблюдены случаи без ливневого сопровождения ($N=1$); часть из них относится к типу $N\geqslant 2$, но они или не были разрешены годоскопической системой или их короткопробежные компоненты были поглощены в самом генераторе. В этом отношении более «чистыми» являются спектры (заштрихованные) частиц, зарожденных в генераторах $E$ и $F$ (опыт IV) ([5]), так как сравнительно малая толщина этих генераторов, а также окружающие их счетчики малого диаметра облегчали обнаружение слабых звезд.

По импульсу и наблюденному пробегу отобраны 32 положительных и 40 отрицательных частиц с массой $\leqslant 1400\ m_e$. На рис. 1 они отмечены точками, а более подробные данные приведены в табл. 1. На рис. 1 сплошной линией показана кривая светосилы прибора, т. е. эффективность регистрации частиц с разными импульсами. Улавливающие фильтры, использованные в наших измерениях, захватывают для $\pi$-мезонов, остановившихся в результате ионизационных потерь, область импульсов от 120 до 230 Мэв/$c$. Эффективность регистрации частиц с такими импульсами в нашей установке мала, и поэтому число наблюденных $\pi$-мезонов, остановившихся в результате ионизационных потерь (см. табл. 2), также мало.

* Это обстоятельство практически ограничивает применение данного метода (и вообще метода «пробег — импульс») в области больших импульсов.

Таблица 2

| Эксперименты [13–15] | | | | Сравнение результатов | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Природа частиц | | Интервал импульсов в Мэв/с | Отношение | [13–15] | Автор ($f = 1{,}25$*) |
| | первичные | вторичные | | | | |
| [13], фотоэмульсия, 50 мм рт. ст. | Заряжен. и нейтральн. | $\pi$<br>Протон | 140—580<br>660—1230 | $\frac{N_\pi}{N_p}$ | 1,34 | $\frac{77}{53} = 1{,}45$ |
| [14], камера Вильсона (магнитное поле), Pb, 3410 м над уровнем моря | Заряжен. (частично нейтральн.) | Ливневые частицы | $> 125$ | $\frac{N^+}{N^-}$ | $\frac{152}{83} = 1{,}83$ | $\frac{107}{59} = 1{,}81$ |
| [15], камера Вильсона, Pb, 2840 м над уровнем моря | Заряжен. и нейтральн. | Ливневые частицы | $> 740$ (p)<br>$> 115$ ($\pi$) | $\frac{N_p}{N_\pi}$ | $\frac{42}{55} = 0{,}77$ | $\frac{78}{108} = 0{,}73$ |

* Если $f$ заметно отличается от $1{,}2 \pm 0{,}4$, результаты расходятся (см. табл. 3).

Из приведенных данных следует, что как в больших ($N > 2$), так и в слабых ($N = 1$) звездах, генерированных в свинце нейтральным излучением, зарождается* приблизительно одинаковое число $\pi^-$- и $\pi^+$-мезонов с импульсами 125—600 Мэв/$c$.

Таблица 3

| Литературн. источник | $f$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,8 | 1 | 1,5 | 2 | 5 | 10 |
| [13] | 2,86 | 1,76 | 1,30 | 1,08 | 0,81 | 0,71 |
| [14] | 2,09 | 1,93 | 1,73 | 1,63 | 1,44 | 1,39 |
| [15] | 0,49 | 0,61 | 0,82 | 0,97 | 1,32 | 1,47 |

Сравним полученные нами результаты с данными других авторов, предполагая, что и при импульсах $> 600$ Мэв/$c$ $f \approx 1$. В табл. 2 представлены известные данные о продуктах ядерных расщеплений, наблюденных разными методами. В той же таблице для сравнения приведены данные, полученные нами; при этом в каждом отдельном случае группы частиц, а также интервалы импульсов для сравнения выбирались, исходя из условий экспериментов цитированных работ.

Полученное согласие показывает, что в звездах, независимо от природы первичных частиц, зарождается приблизительно одинаковое число $\pi^-$- и $\pi^+$-мезонов и при импульсах $> 600$ Мэв/$c$.

Из приведенных данных следует:

1. В звездах, генерированных нейтронами в свинце, зарождается* приблизительно одинаковое число $\pi^-$- и $\pi^+$-мезонов ($f = 1{,}2 \pm 0{,}4$) в интервале импульсов 125—600 Мэв/$c$. Это соотношение заметно не меняется при импульсах $> 600$ Мэв/$c$ (во всяком случае, до 2 Бэв/$c$) и, повидимому, слабо зависит (для Pb) от природы первичных частиц.

2. $\pi$-мезоны составляют 40—50% ливневых частиц с импульсами $> 1$ Бэв/$c$.

* При условии $\sigma_{Pb}(\pi^+) = \sigma_{Pb}(\pi^-)$.

3. Спектр $b$ (рис. 1) наблюденных «одиночных» π-мезонов, генерированных нейтронами в свинце (13—25 см Pb), при одинаковых условиях наблюдения заметно отличается от спектра $a$ π-мезонов, наблюденных в сопровождении ливневых частиц, а именно: отношение $\frac{n(a)}{n(a+b)}$ для π-мезонов составляет $\sim 0{,}6$ и $\sim 0{,}9$ в интервалах импульсов $< 1$ Бэв/$c$ и $\geqslant 1$ Бэв/$c$, соответственно. При этом $\sim 40\%$ π-мезонов, наблюденных в звездах, имеют импульсы $\geqslant 1$ Бэв/$c$.

4. Одиночные π-мезоны составляют $\sim 15\%$ и $\sim 5\%$ всех генерированных «одиночных» частиц в интервалах импульсов $< 1$ Бэв/$c$ и $\geqslant 1$ Бэв/$c$, соответственно, при этом $\sim 90\%$ π-мезонов имеют импульсы $< 1$ Бэв/$c$.

В заключение приношу глубокую благодарность А. И. Алиханяну за интерес к работе и за весьма ценные замечания, а также Т. Л. Асатиани, Г. В. Хримян, В. Ш. Камаляну и А. М. Гальперу за помощь в работе и И. И. Гольдману, М. Л. Тер-Микаеляну и Г. П. Елисееву за участие в обсуждении результатов.

Физический институт
Академии наук АрмССР

Поступило
21 III 1955

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] I. Barbour, Phys. Rev., **78**, 522 (1950). [2] H. Yagoda, Phys. Rev., **85**, 891 (1952). [3] I. Y. Mei, E. Pickup, Can. J. Phys., **30**, 430 (1952). [4] H. Yagoda, Phys. Rev., **95**, 648 (1954). [5] А. В. Хримян, ДАН, **96**, 1155 (1954). [6] R. R. Daniel, I. H. Devies, I. H. Malvey, D. H. Perkins, Phil. Mag., **43**, 753 (1952). [7] А. И. Алиханян, В. Ш. Камалян, ДАН, **97**, 425 (1954). [8] A. Shapiro, Phys. Rev., **83**, 74 (1951). [9] H. Byfield, I. Kessler, L. M. Lederman, Phys. Rev., **86**, 17 (1952). [10] M. W. Aarons, I. Askin, F. Feiner, Phys. Rev., **90**, 342 (1953). [11] H. L. Anderson, E. Fermi, D. E. Nagle, G. B. Yold, Phys. Rev., **86**, 413 (1952). [12] R. L. Cool, O. Piccioni, Phys. Rev., **87**, 531 (1952). [13] Progress in Cosmic Ray Physics, **1**, 1952, p. 24, Fig. 10. [14] N. R. Whetten, R. S. Preston et al., Phys. Rev., **93**, 1356 (1954). [15] Kita Isao, Minakawa Osamu, J. Phys. Soc. Japan, **9**, No. 1, 6 (1954).