

А. В. ХРИМЯН

ГЕНЕРАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ ПАР
НЕЙТРАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТОЙ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком А. И. Алихановым 16 XI 1953)

При изучении продуктов ядерных расщеплений, вызванных нейтральной компонентой космического излучения на высоте 3250 м над уровнем моря, мы наблюдали пары разноименных заряженных частиц большой энергии, прошедшие через медные пластинки общей толщиной 56,5 г/см² без заметного взаимодействия. Наблюдения велись при помощи большого постоянного магнитного масс-спектрометра (напряжение поля 6850 эрст.) и дополнительного годоскопического устройства. На рис. 1 представлен разрез прибора в двух взаимно-перпендикулярных проекциях. В плоскости магнитного отклонения траектория частицы определялась по координатным рядам 4, 6, 8, 10, 12, 15, в перпендикулярной плоскости — по рядам 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 14, 16, 17. Ряды 1, 2, 16, 17, 18 — двухслойные; счетчики, перекрывающие щели между координатными счетчиками, соединены параллельно. Система срабатывала при трехкратных совпадениях рядов 4, 8, 12 в отсутствие двойного совпадения в рядах Г (01—04, 11) и 18, т. е. при условии (4 + 8 + 12) — (Г + 18).

Таким образом, как медленные, так и проникающие заряженные частицы, генерированные в свинцовых пластинках А, В, С, D нейтральным излучением, регистрировались прибором. Выбирались только случаи, когда пространственную картину прохождения частиц через прибор было возможно определить однозначно; при этом траектория частицы, прошедшей через магнитное поле, определялась не меньше, чем 4 координатами как в одной, так и в другой проекции. Средняя квадратичная ошибка определения импульсов $1 \cdot 10^9$ и $5 \cdot 10^9$ эв/с была 10 и 50%, соответственно.

Проникающие пары. При анализе продуктов расщеплений, вызванных нейтральной компонентой космического излучения, наряду с одиночными частицами и компонентами звезд, возникших в свинцовых блоках А, В, С, D, нами наблюдались 5 проникающих пар заряженных частиц. На рис. 1 и 2 приведены 2 из этих пар. В табл. 1 приведены импульсы компонент пар, угол между ними и минимальное количество вещества, пройденного компонентами проникающих пар. Из приведенных данных видно, что в большинстве случаев импульсы частиц, составляющих пары, $\sim 10^9$ эв/с.

Таблица 1

Опыт*	Знак	Импульс в 10^9 эв/с	Угол между компонентами пары в	К-во пройд. вещ. в г/см ²		
				генерат. (свинцев)	фильм (мель)	
I**	108—68	+	7—10	15	158	—
	(рис. 1)	—	5,6		158	58
I	107—12	+	45	3	90	58
		—	25		90	58
I	117—40	+	40	5	—	58
		—	40		—	58
II	151—76	+	11,5	20	—	58
		—	10,5		—	58
A=10 см Pb, B=0, C=0, D=0**	106—49	+	9,2	5	—	58
		—	3,5		—	—

* См. табл. 2.

** Вылет из прибора.

При импульсах больше $4 \cdot 10^9$ эв/с, вообще говоря, существует опасность неправильного определения знака заряда частицы. Практически у всех частиц, составляющих пары, определение знака не вызывает сомнений. Правильность определения знака при импульсах $2 - 5 \cdot 10^9$ эв/с подкрепляется дополнительно следующим обстоятельством. Известно (1), что подавляющее большинство генерированных частиц с импульсами большими, чем $2 \cdot 10^9$ эв/с, генерированных нейтральной компонентой, имеет

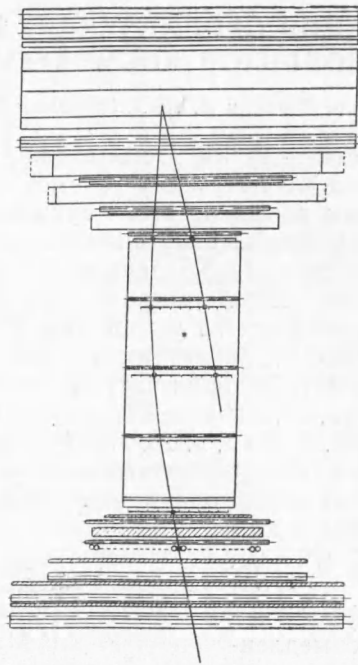
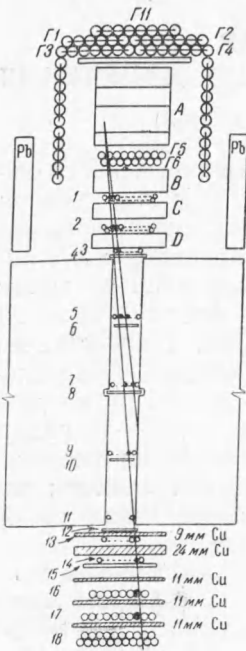


Рис. 1

положительный знак (протоны). В наших опытах также оказалось, что все 13 частиц с импульсами $> 2 \cdot 10^9$ эв/с рожденных в звездах, имели положительный знак заряда. Наблюдаемые при этом 2 отрицательные частицы с импульсами $> 2 \cdot 10^9$ эв/с входят в состав проникающих пар. Массу частиц, составляющих пары, определить было невозможно, так как они проходят все улавливающие фильтры.

Неэлектронная природа наблюдаемых проникающих пар очевидна из рассмотрения ряда

независимых факторов. Прежде всего трудно представить, что электроны указанных импульсов смогли бы пройти большие толщины свинцовых генераторов и медных улавливающих фильтров и, кроме того, не испытывали бы размножения в них. Помимо этого большие углы между компонентами пар несовместимы с их импульсами с учетом многократного рассеяния электронов в свинцовых генераторах.

Для выяснения природы компонент пар важно проследить характер прохождения их через медные улавливающие фильтры. Оказалось, что при прохождении в общей сложности 450 г/см^2 меди частицы, входящие в пары, не испытывали заметного отклонения, не вызывали звезд и не оставались в улавливающих фильтрах.

Одновременно с наблюдением пар в этой же серии измерений мы наблюдали быстрые протоны и π -мезоны, зарождаемые в свинцовых пластинках генератора. Рассматривая прохождение протонов и π -мезонов через улавливающие фильтры, можно было убедиться, что они испытывают сильное взаимодействие с веществом фильтров (рассеяние, образование звезд, остановки). Из табл. 2, где приведены соответствующие данные для протонов и π -мезонов, следует, что около 50% протонов, а также π -мезонов испытывают взаимодействия в улавливающих фильтрах, что близко соответствует геометрическому эффективному поперечному сечению взаимодействия. В то же время для компонент пар не обнаружено ни одного акта взаимодействия при прохождении через 450 г/см^2 меди, что приводит к эффективному сечению взаимодействия, меньшему $1/4$ геометрического сечения ядра.

Таблица 2

Опыт	Тип частиц	Интервал импульсов в 10^8 эв/с	Генератор					Число частиц			
			Толщина в см				веш.	общее		прошедш. 56,5 г/см ² без взаимод.	
			A	B	C	D		A	B+C+D	A	B+C+D
I	Положи- тельные	10—50	21	6	4	4	Pb	14	26	11	14
II		10—50	—	6	4	4	Pb	—	6	—	4
III		10—50	1 18	— 6	— 4	— 4	Pb C	8	10	4	5
I (B+C+D), II, III	Протоны	10—50	—	—	—	—	—	50			27
I, II	π^+	2,5—7	—	—	—	—	—	37			17
	π^-	2,5—50									

То, что сечение взаимодействия компонент проникающих пар значительно меньше геометрического ядерного сечения, показывает еще то обстоятельство, что в двух случаях (108—68, 107—12) компоненты пар проходят значительные толщины свинцового генератора до входа в магнитное поле также без заметного взаимодействия.

Применяемая нами методика селективна к отбору пар, зарожденных в толстых блоках вещества и слабо взаимодействующих с веществом. Пары ядерно-активных частиц, проходя через генератор, будут испытывать ядерные взаимодействия и, сильно изменяя направление движения, могут ускользнуть от наблюдения, вследствие чего место зарождения такой пары становится неопределенным. На это обстоятельство обратил наше внимание А. И. Алиханян.

Все сказанное, повидимому, указывает на то, что по крайней мере одна из частиц пары ядерно неактивна. Наряду с разноименными проникающими парами в той же серии измерения нами были зарегистрированы два случая прохождения через прибор пар, состоящих из положительных частиц с импульсами $\sim 10^9$ эв/с, повидимому, протонов. В одной из пар (103—87) импульсы частиц следующие: $p_a = 3,8 \cdot 10^8$ эв/с; $p_b = 7,2 \cdot 10^8$ эв/с; во второй паре (108—66) $p_a = 8 \cdot 10^8$ эв/с; $p_b \sim 2 \cdot 10^9$ эв/с. В обоих случаях пары, проходящие через прибор, возникают из звезд, отчетливо наблюдаемых в годоскопическом устройстве, причем компонента *b* первой пары заметно рассеивается, а компонента *a* второй пары останавливается в улавливающих фильтрах. Другие компоненты обеих пар выходят из прибора до входа в фильтры улавливающего

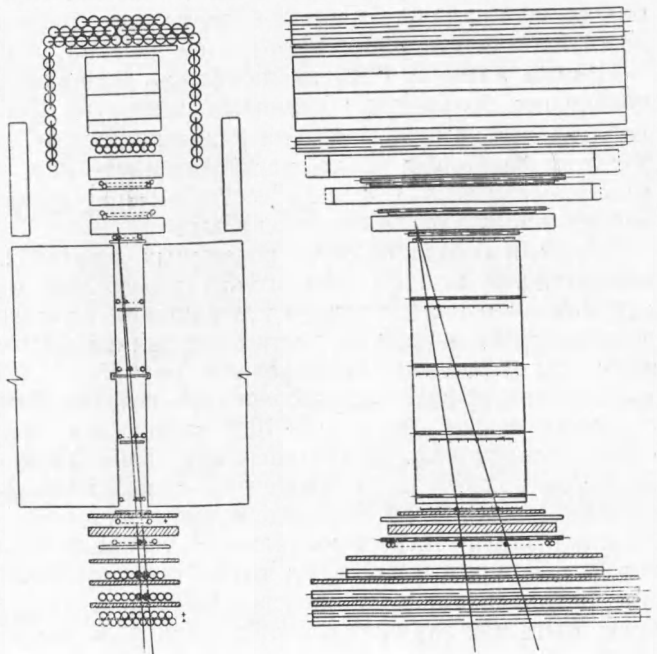


Рис. 2

устройства. Хотя подавляющее большинство быстрых продуктов звезд с импульсами $P > 10^9$ эв/с являются протонами, прохождение через прибор пар, состоящих из положительных частиц, наблюдалось сравнительно редко. Вероятно, это связано с трудностью наблюдения пар, состоящих из двух ядерно-активных частиц. Ни одной пары, состоящей из частиц отрицательного знака, мы не наблюдали.

Возникает вопрос, не являются ли наблюдавшиеся пары продуктами распада быстрых V^0 -частиц? Известно, что большинство продуктов распада V^0 -частиц является протонами и π -мезонами (², ³), которые сильно взаимодействуют с веществом (³). Кроме того, больше 75% всех наблюдавшихся V^0 -частиц обладают импульсами меньшими, чем $2 \cdot 10^9$ эв/с (²) и, наконец, V^0 -частицы одинаково часто зарождаются в звездах с разным числом проникающих частиц (⁴), пробег которых в значительном большинстве случаев превышает 5—20 см Pb (²). Проникающие пары наблюдались без ливневого сопровождения, кроме одного случая (107—12), где, возможно, присутствует третья частица.

Таким образом, проникающие пары не могут быть продуктами распада наиболее распространенного типа V^0 -частиц. Как указывалось выше, наблюдавшиеся пары не могут быть также объяснены одновременным прохождением через прибор протона и π^- -мезона, рожденных в звезде.

Рядом авторов (⁵⁻⁷) наблюдались проникающие пары заряженных частиц под большими толщинами вещества. На уровне моря Шатт (⁷) наблюдал в камере Вильсона узкие проникающие пары, зарождаемые в толстом свинцовом блоке, расположенном над установкой. Однако во всех работах оставались неизвестными природа первичных генерирующих частиц и знак заряда компонент пар.

Пары, наблюдавшиеся в подземных опытах, по мнению авторов (⁵), являются результатом ядерного взаимодействия μ -мезонов. Единственным аргументом в пользу такого утверждения являлась малая интенсивность потока других известных частиц под землей. Исходя из потока μ -мезонов и частоты наблюдения проникающих пар под землей, авторы (⁵) приходят к выводу, что эффективное поперечное сечение взаимодействия μ -мезонов с ядрами должно быть $\sim 5 \cdot 10^{-29}$ см²/нуклон. С другой стороны, прямые опыты Ловати и др. (⁶) по генерации проникающих пар в свинце в камере Вильсона привели к противоречиям с указанным значением эффективного поперечного сечения взаимодействия μ -мезонов.

Анализируя экспериментальные условия наблюдения проникающих пар, можно прийти к выводу, что во всех случаях пары возникали в веществе, расположенном над камерой Вильсона, когда генерирующим агентом могут быть как заряженные, так и нейтральные частицы. Из наших опытов прямо следует, что проникающие пары во всяком случае возникают под действием нейтрального излучения.

В заключение приношу глубокую благодарность А. И. Алиханяну за поддержку в проведении работы и обсуждение результатов, А. И. Алиханову за интерес к работе и за весьма ценные замечания, а также В. Ш. Камалюну за помощь в работе и Т. Л. Асатиани, Н. В. Шостакович и И. И. Гольдману за участие в обсуждении результатов.

Физический институт
Академии наук Арм.ССР

Поступило
18 VIII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Дадаян, Г. Мерзон, ДАН, 86, № 2, 259 (1952). ² R. B. Leighton, S. D. Wanlass, C. D. Anderson, Phys. Rev., 89, 148 (1953). ³ Progress in Cosmic Ray Physics, 1952. ⁴ W. B. Fretter, M. M. May, M. P. Nakada, Phys. Rev., 89, 168 (1953). ⁵ H. I. Braddick, W. F. Nash, A. W. Woifendale, Phil. Mag., 42, 1277 (1951). ⁶ A. Lovati, A. Mura, C. Succi, G. Teglieri, Nuovo Cimento, 10, 105 (1952). ⁷ R. P. Shutt, Phys. Rev., 69, 261 (1946).