

А. ДАДАЯН и Г. МЕРЗОН

СПЕКТР БЫСТРЫХ ПРОТОНОВ, ГЕНЕРИРОВАННЫХ НЕЙТРАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТОЙ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком А. И. Алихановым 14 VII 1952)

Еще в 1944—1945 гг. было установлено (¹⁻³), что на высотах 3—4 км над уровнем моря в составе космического излучения содержится заметное число протонов с энергиями порядка 100—200 Мэв. К такому же выводу привел магнитный анализ заряженных космических частиц на высоте 3200 м над уровнем моря, выполненный А. Алиханяном, А. Алихановым и др. (^{4, 5}) в 1946—1947 гг. Появление протонов указанных энергий обусловлено тем, что в составе космических лучей на этой сравнительно небольшой высоте имеется интенсивный поток протонов высоких энергий, составляющий около 10% от потока жесткой компоненты (3-я компонента — *N*-компонента России). В дальнейшем наблюдения Андерсона и др. (⁶) обнаружили, что на высоте около 9 км над уровнем моря поток протонов составляет около 30% всех заряженных частиц космического излучения на этой высоте.

В 1949 г. А. И. Алиханян, М. И. Дайон и В. М. Харитонов (⁷) показали, что в блоке вещества, помещенном над магнитным спектрометром, под действием нейтрального излучения возникают протоны больших энергий. Естественно считать, что в подавляющем большинстве случаев генерация протонов обусловлена быстрыми нейтронами.

В 1950 г. А. Хримян (⁸) нашел, что на высоте 3200 м над уровнем моря половина всех протонов, наблюдаемых под блоком свинца толщиной 20 см с энергиями 80—240 Мэв генерируется нейтронами в этом блоке.

Настоящая работа была предпринята с целью исследования энергетического спектра протонов, генерируемых в веществе нейтральной компонентой космического излучения. Измерения производились с помощью магнитного спектрометра большой разрешающей силы на высоте 3200 м над уровнем моря (⁹).

На рис. 1 приведена схема опыта. В основной серии измерений над магнитным спектрометром на расстоянии 23 см помещался блок свинца толщиной 9 см. Как показано на рис. 1, этот блок покрывался сверху двумя слоями счетчиков (ряды 01 и 02). Два слоя счетчиков (ряды 05, 05) располагались под блоком свинца. Ряды 03 и 04 прикрывали блок с боков.

Ряды 01—05 подключались к усилителям, снабженным неоновыми лампочками, фиксирующими прохождение заряженной частицы через слой 01—06.

Частица, зарегистрированная магнитным спектрометром, рассматривалась как генерированная в блоке свинца нейтральной компонентой,

если не произошло срабатывания счетчиков рядов 01—04. Если к тому же не срабатывали ряды 05, 06, то предполагалось, что частица генерирована ниже блока свинца.

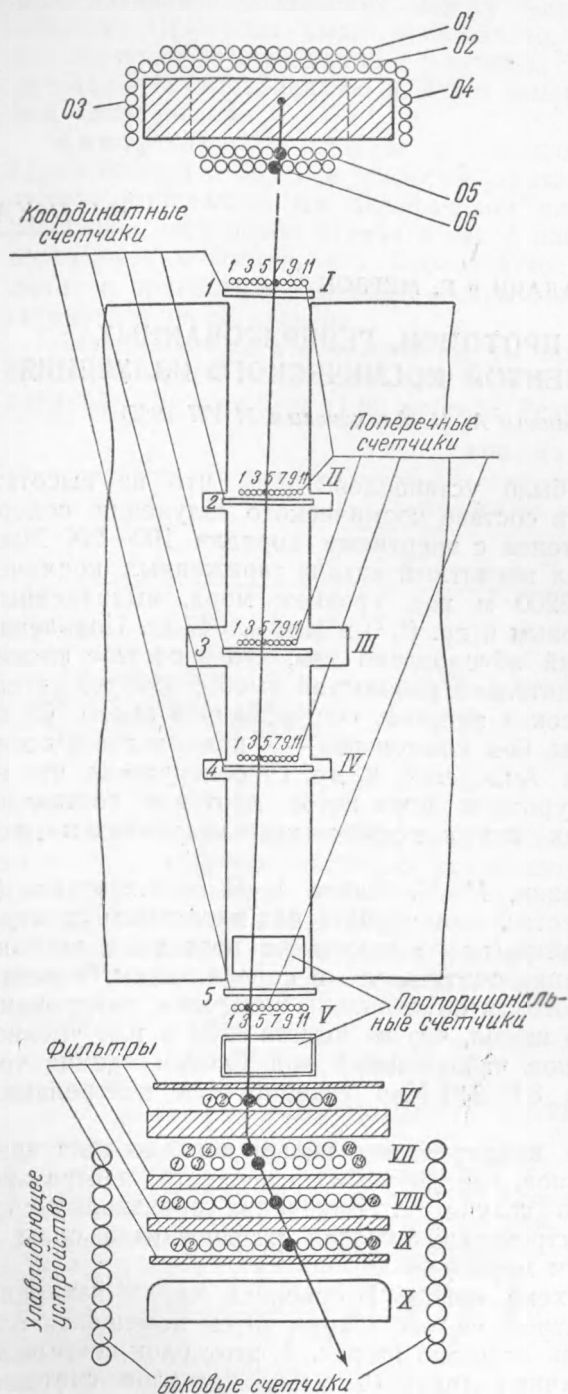


Рис. 1. Траектория частицы в плоскости, параллельной направлению магнитного поля (сработавшие счетчики обозначены черными кружками)

Как видно из табл. 2, значительное большинство генерированных частиц имеет положительный знак заряда. При этом подавляющее большинство положительных генерированных частиц,

генерирована ниже блока свинца.

Импульс заряженной частицы определялся по кривизне траектории в магнитном поле, и ее дальнейшее поведение по выходе из магнитного поля изучалось с помощью улавливающего устройства, расположенного ниже магнитного зазора. Основные измерения выполнены в поле 6400 эрст. Среднеквадратичные ошибки в измерении импульсов, обусловленные конечными размерами счетчиков и рассеянием в стенках счетчиков при поле 6400 эрстед, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Импульсы $p \cdot 10^{-8}$	Средн. квадрат. ошибка изм. в %
4,5	3,0
9,0	6,6
18,0	13,3
45,0	33,0
72,0	53,0

Улавливающее устройство позволяло судить о характере взаимодействия частиц при прохождении через вещество фильтров (графит). На рис. 1 показан один из примеров такого взаимодействия. Протон с энергией 1,65 миллиардов эв испытывает в фильтре, расположенном между рядами VI и VII, рассеяние на угол больше 30° .

В табл. 2 приведены результаты измерений импульсов частиц, генерированных нейтральной компонентой в блоке свинца.

Таблица 2

Интервал импульсов, $p \cdot 10^{-8}$ эв/с	Полное число генерирован. частиц, как застрявш., так и прошедш. улавл. устрой-ство		Число частиц, приведенное к интервалу $1 \cdot 10^8$ эв/с		Разность положит. и отриц. частиц, приведен. к интервалу $1 \cdot 10^8$ эв/с
	+	-	+	-	
4,5—5,5	104	11	$104 \pm 10,4$	$11 \pm 3,3$	$93 \pm 13,7$
5,5—6,5	100	8	$100 \pm 10,0$	$8 \pm 2,8$	$92 \pm 12,8$
6,5—7,5	95	7	$95 \pm 9,7$	$7 \pm 2,5$	$88 \pm 12,2$
7,5—9,5	106	10	$53 \pm 5,3$	$5 \pm 1,6$	$48 \pm 6,9$
9,5—11,5	67	5	$33,5 \pm 4,1$	$2,5 \pm 1,1$	$31 \pm 5,2$
11,5—15,5	73	8	$18,25 \pm 2,1$	$2 \pm 0,4$	$16,2 \pm 2,5$
15,5—20,5	30	7	$6,0 \pm 1,1$	$1,4 \pm 0,5$	$4,6 \pm 1,6$
20,5—30,5	26	4	$2,6 \pm 0,5$	$0,4 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,7$
30,5—40,5	11	4	$1,1 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,5$
40,5—50,5	4	—	$0,4 \pm 0,2$	—	$0,4 \pm 0,2$
50,5—80,5	2	2	$0,07 \pm 0,05$	$0,07 \pm 0,05$	—
Свыше 80,5	3	—	—	—	—
Всего	621	66	—	—	—

обладающих импульсами от $4,5 \cdot 10^8$ до $7 \cdot 10^8$ эв/с, останавливается в улавливающем устройстве и, очевидно, является протонами. Протоны с импульсами меньшими, чем $4,5 \cdot 10^8$ эв/с, вообще не могли регистрироваться системой, так как пробег таких протонов меньше толщины первого фильтра (1 см свинца), помещенного над V рядом счетчиков. Из 362 генерированных частиц с импульсами большими, чем $7,5 \cdot 10^8$ эв/с, 322 оказались положительного знака. Можно утверждать, что не менее $\frac{4}{5}$ всех генерированных частиц положительного знака с импульсами, большими $7,5 \cdot 10^8$ эв/с, представляют собой протоны.

Что касается генерированных частиц отрицательного знака, то они могут быть обусловлены π -мезонами, зарожденными в блоке свинца и в очень малой степени μ -мезонами, не вызвавшими срабатывания рядов 01—04. Максимальная неэффективность рядов 01—04 может быть получена, если допустить, что все отрицательные частицы появляются в спектре вследствие пропусков рядов 01—04.

В одной из серий измерений на 24 000 отрицательных μ -мезонов, прошедших через установку, было обнаружено всего 42 траектории отрицательных частиц, не вызвавших срабатывания рядов 01—04. Отсюда видно, что вероятность пропусков не превышает $2 \cdot 10^{-3}$, а на самом деле еще меньше этой величины.

В контрольных измерениях над блоком свинца располагалось 4 слоя счетчиков. При этом оказалось, что число положительных генерированных частиц, регистрируемых в единицу времени с точностью до 10%, равно числу положительных частиц, наблюдаемых с двумя слоями счетчиков.

Чтобы исключить из спектра протонов мезоны и ложные случаи генерации, мы вычитали из числа наблюдаемых положительных частиц число отрицательных, соответственно, в каждом интервале импульсов. Полученный спектр генерированных протонов приведен на рис. 2. Из рис. 2 видно, что начиная от $p = 7,5 \cdot 10^8$ эв/с, спектр протонов хорошо описывается степенной функцией

$$N(p) dp = N_0 p^{-\gamma} dp, \quad (1)$$

где $\gamma = 3,0$.

При импульсах, меньших $7 \cdot 10^8$ эв/с, наблюдаются систематические отклонения экспериментального спектра от степенного закона. На опыте число протонов с импульсом $5-7 \cdot 10^8$ эв/с оказывается существенно меньшим, чем это следует

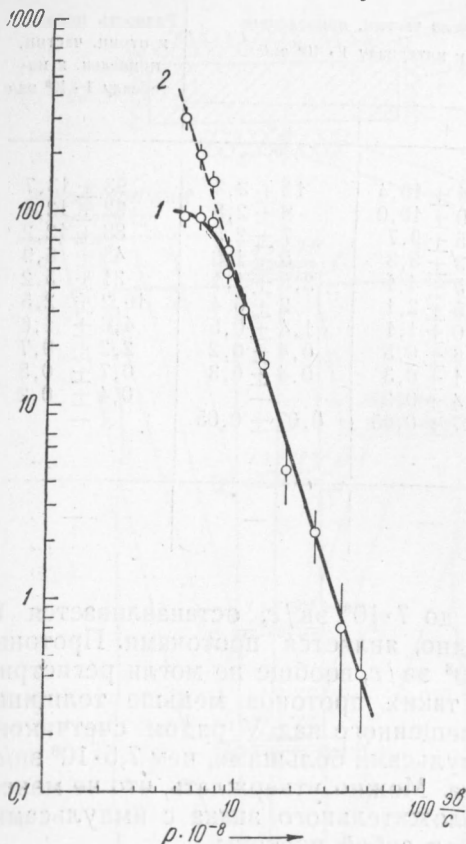


Рис. 2. Спектр протонов, генерированных в свинце. По оси ординат отложено число частиц, приходящееся на интервал импульсов $1 \cdot 10^8$ эв/с. 1 — экспериментальная кривая, 2 — с поправкой на ионизационные потери в толще генератора

из распределения (1). Уменьшение числа генерированных протонов малых энергий прежде всего обусловлено ионизационным торможением в свинцовом блоке. Если ввести поправку на различный ионизационный пробег протонов различных энергий, то спектр протонов удовлетворит закону (1) практически во всей области от $p = 5 \cdot 10^8$ эв/с до $p = 5 \cdot 10^9$ эв/с.

Импульсный спектр протонов на высоте 9 км, согласно Андерсону и др., хорошо удовлетворяет формуле $N = N_0 p^{-2,8}$. На уровне моря импульсный спектр протонов был получен Мильроем и Вильсоном⁽¹⁰⁾ методом магнитного спектрометра и также описывается степенной функцией с показателем $\gamma = 2,8$. Тот факт, что спектр протонов, полученный нами, убывает по степенному закону, где показатель $\gamma = 3$, с большей убедительностью позволяет утверждать, что, повидимому, на всех высотах, от уровня моря до 9 км, спектр протонов описывается универсальной функцией $A p^{-\gamma}$ причем константа A меняется с высотой.

В заключение авторы приносят глубокую благодарность А. И. Алиханяну за помощь в работе и постоянный интерес к ней

и И. И. Гольдману за обсуждение результатов.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР
Физический институт
Академии наук Арм.ССР

Поступило
27 V 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Алиханов, А. Алиханян, J. of Physics, 9, № 2, 73 (1945). ² А. Алиханян, А. Алиханов, С. Никитин, *ibid.*, 9, № 3, 167 (1945). ³ С. Никитин, ЖЭТФ, 18, 577 (1948). ⁴ А. Алиханян, А. Алиханов, А. Вайсенберг, ЖЭТФ, 18, 301 (1948). ⁵ А. Алиханян, А. Алиханов и др., ДАН, 58, № 7 1321 (1947). ⁶ R. V. Adams, C. D. Anderson et al., Rev. Mod. Phys., 20, 334 (1948). ⁷ А. И. Алиханян, М. И. Дайон, В. М. Харитонов, ЖЭТФ, 19, 739 (1949). ⁸ А. Хримян, ДАН, 85, № 1 (1952). ⁹ А. Алиханян, А. Дадаян и др., ДАН, 80, № 1, 37 (1951). ¹⁰ M. G. Mlyroi, J. G. Wilson, Proc. Phys. Soc., A., 64, No. 376 (1951).