

Член-корреспондент АН СССР А. АЛИХАНЫ, А. ДАДАЯН и Н. ШОСТАКОВИЧ

### О ЧАСТИЦАХ С МАССОЙ 600—1000 $m_e$ В СОСТАВЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

В 1946—1947 гг. нами указывалось (<sup>1, 2</sup>), что в составе космических лучей на высоте 3250 м над уровнем моря присутствуют в заметном числе частицы более тяжелые, чем  $\mu$ -мезон. Продолжая исследования и совершенствуя метод измерений масс космических частиц, нам удалось выделить в спектре масс группу частиц с массой 270  $m_e$ , а также подтвердить наличие частиц в промежутке 500—1000  $m_e$  (<sup>3</sup>).

В настоящей статье приводится ряд результатов измерений масс космических частиц, полученных в течение 1950—1951 гг. на горе Алагез. Метод и установка, использованные в этой работе, описаны в (<sup>4</sup>). В магнитном поле большого электромагнита определялась кривизна путей частиц, фиксируемых тонкостенными счетчиками малого диаметра. Одновременно с измерением импульса определялся пробег частиц в легких поглотителях (графит). Расположение координатных счетчиков в обеих проекциях, а также улавливающее устройство показано на рис. 1. Как видно из этого рисунка, фильтры были окружены защитными счетчиками, позволяющими установить выход частицы или ее продукта за пределы улавливающего устройства. В одной серии опытов одновременно измерялась ионизация, производимая частицами в газе одного или двух плоских пропорциональных счетчиков (см. рис. 1). Над всей системой, на расстоянии 25 см от I ряда счетчиков, помещался блок свинца толщиной 9 см. Измерения производились в полях 6400, 9200 и 10500 эрстед.

Большинство частиц, поглотившихся в фильтрах, представляло собой протоны с импульсами больше  $5,5 \cdot 10^8$  эв/с и  $\mu$ - и  $\pi$ -мезоны, (при поле 6400 эрст.). Наряду с протонами и мезонами в полях 6400 9200 и 10500 эрст. нами были также зарегистрированы частицы обоих знаков, которые, обладая импульсами  $2,8—4,8 \cdot 10^8$  эв/с, поглотились в графите толщиной 12—24 см.

Если остановка этих частиц была обусловлена ионизационным торможением, то им следует приписать массы от 500 до 1000  $m_e$ . Учитывая ошибки измерений импульса и пробега частиц в нашем приборе, легко убедиться, что частицы, образующие эту группу, не могут быть ни мезонами, ни протонами. Вероятная ошибка для импульса  $3 \cdot 10^8$  эв/с составляет 3,5%. Ошибка при определении ионизационного пробега частицы, связанная с конечной толщиной фильтров, приводит к  $\Delta m / m = 4\%$  для частиц с массой 1000  $m_e$ . Таким образом, вероятная ошибка при определении массы для частиц с массой 1000  $m_e$  составляет 9% в поле 6400 эрстед.

Определяя массу частицы по импульсу и пробегу, мы получили спектр масс в интервале от 400 до 1400  $m_e$ , приведенный на рис. 2 б.

Из 116 частиц, использованных при построении этого спектра, 76 не испытали заметных отклонений при прохождении через фильтры вплоть до конца своего пробега. Кроме того, траектории этих частиц не сопровождались лишними вспышками счетчиков улавливающего устройства (распределение по массам этих частиц представлено на

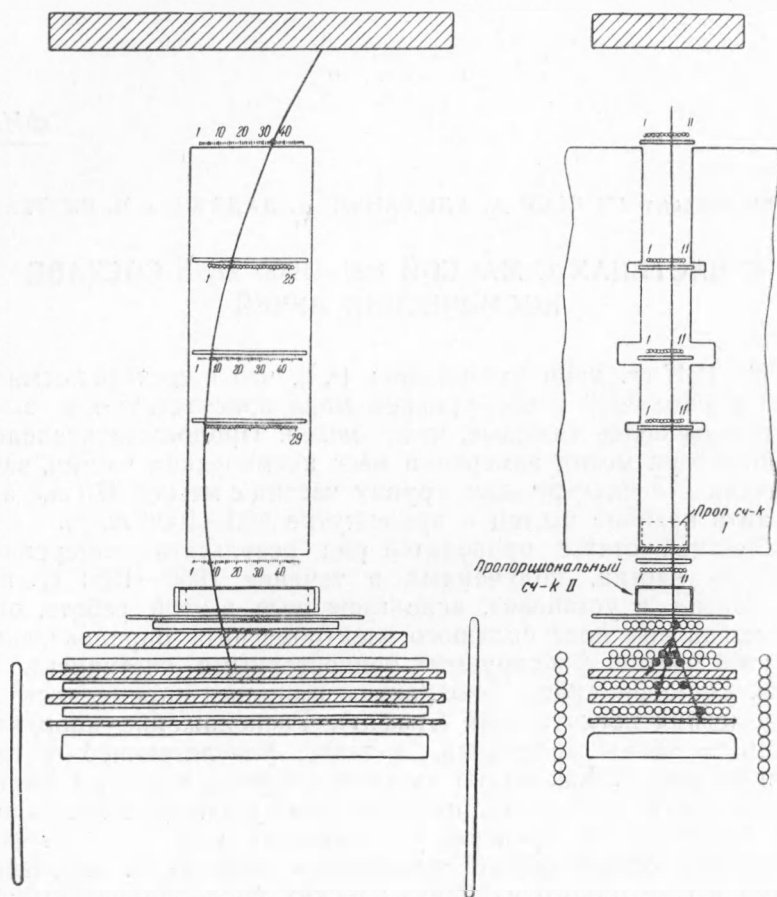


Рис. 1. Схема установки

рис. 2а). Остальные 40 траекторий при прохождении через фильтры испытали отклонение на углы больше  $10^\circ$  или сопровождались дополнительными вспышками счетчиков улавливающего устройства. В таких случаях не всегда удается правильно определить пробег частицы, что приводит к некоторому разбросу в значении масс.

Для иллюстрации на рис. 1 приведена траектория отрицательной частицы с импульсом равным  $3,24 \cdot 10^8$  эв/с, которая, не испытывая заметного отклонения, достигает фильтра, расположенного между VI и VII рядами счетчиков. Здесь возникают, по крайней мере, 3 заряженных вторичных частицы, обладающие большими пробегами, причем одна из них достигает IX ряда счетчиков. Принимая за пробег всю толщину вещества, включая пройденную вторичной частицей, получим значение массы, равное  $680 m_e$ . Если считать за пробег частицы тот путь, который был пройден ею до появления вторичных частиц, то значение массы оказывается равным  $920 m_e$ .

Приведенный пример является предельным и приводит к максимальному разбросу значений масс. Нам представляется правильным принять значение массы этой частицы равным  $920 m_e$ , тем более, что

ионизирующая способность ее оказалась в три раза больше, чем у релятивистских частиц, что хорошо согласуется с остаточным пробегом 1,5 см Pb и массой, равной примерно  $950 m_e$ .

Как видно из рис. 2б, в распределении по массам наблюдается хорошо выраженная группировка частиц около значений 600 и  $950 m_e$ . Эта группировка наблюдается также отдельно у положительных и отрицательных частиц. Из 116 частиц рис. 2 б 64 имели отрицательный знак заряда: они соответствуют заштрихованной части спектра. Весьма характерным в приведенном спектре является резкий обрыв при значении массы  $\sim 1000 m_e$ . Отрицательные частицы с кажущейся массой больше, чем  $1300 m_e$ , практически отсутствуют. Полуширина линий

для массы  $950 m_e$  оказывается равной  $110 m_e$ , а для массы  $600 m_e$  равной  $70 m_e$ . Эти значения полуширины близки к расчетным, равным в первом случае  $90 m_e$  и во втором случае  $50 m_e$ . Возможно, что некоторая размытость спектра масс обусловлена вторичными частицами, получающимися после остановки первичных, а также примесью посторонних частиц, и в частности неионизационными остановками быстрых  $\pi$ -частиц. Однако следует думать, что число остановок быстрых  $\pi$ -мезонов составляет только долю всех наблюдающихся частиц в интервале  $2,8 - 4,5 \cdot 10^8$  эв / с. Косвенно это видно из того, что в соседнем интервале импульсов  $4,5 - 6,3 \cdot 10^8$  эв / с частиц отрицательного знака, поглощенных в тех же фильтрах, наблюдается в 10—12 раз меньше, чем в основном.

В специальной серии измерений, кроме основного блока свинца, в телескопе над  $\bar{V}$  рядом помещалась пластина свинца 1 см толщиной, причем было показано, что промежуточные частицы не испытывают в ней размножения. Из этого опыта следует, что примесь электронов в нашем спектре очень невелика.

При вычислении массы частиц мы полагали, что они останавливаются в результате ионизационного торможения. Группировка, а также резкое уменьшение числа частиц с массой, превышающей  $1000 m_e$  (см. рис. 2б), убеждает нас в справедливости этого предположения. К такому же выводу можно притти, определяя средние величины импульсов частиц в различных толщах поглотителей. В табл. 1 приведены средние значения импульсов частиц различных пробегов.

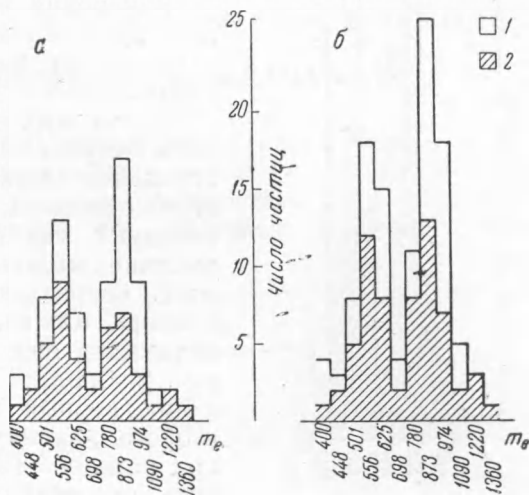


Рис. 2. Спектр масс положительных (1) и отрицательных (2) частиц в интервале 400— $1300 m_e$

Таблица 1

Пробег в см·С . . . . .	4—12	12—16	16—24
Средний импульс в эв/с· $10^{-8}$ . . . . .	2,9	3,12	3,63

Как видно из таблицы, средний импульс возрастает вместе с увеличением пробега. У частиц с пробегом  $R = 20$  см·С средний импульс на 27% больше, чем у частиц с пробегом  $R = 8$  см·С. Это увеличение значительно превосходит ошибки при определении среднего импульса, не превышающие 2—3%.

Если бы остановка частиц происходила в результате ядерного взаимодействия (например  $\pi$ -мезонов), то средний импульс промежуточных частиц практически не зависел бы от пробега частицы. Наоборот,

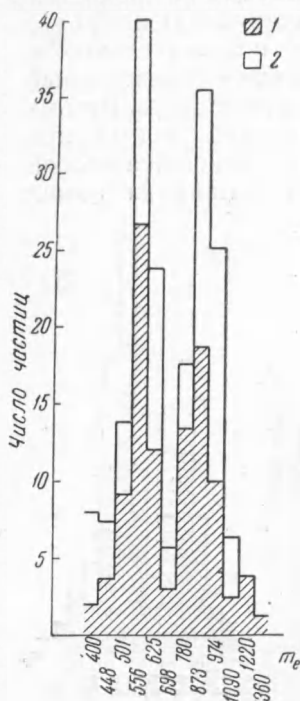


Рис. 3. Спектр масс частиц с поправкой на магнитную светосилу. 1 — частицы отрицательного знака, 2 — частицы положительного знака

для частиц с массой 600 — 1000  $m_e$  изменение среднего импульса с увеличением пробега от  $R = 8$  см·С до  $R = 20$  см·С как раз достигает 25—30%. Рассмотрение средних величин (импульсов и пробегов) опять-таки показывает, что торможение, испытываемое частицами, которым мы приписываем промежуточные массы, обусловлено ионизационным механизмом.

Измерения, в которых определялась ионизация, производимая промежуточными частицами в газе пропорционального счетчика, также подтверждают этот вывод.

В этих наблюдениях одновременно с измерением импульса и пробега определялась удельная ионизация частиц с массой 600—1000  $m_e$ . При этом оказалось, что промежуточные частицы ионизируют газ в 1,8—2,0 раза сильнее, чем жесткие мезоны. На рис. 3 приведен спектр масс, поправленный на магнитную светосилу прибора. Как видно из рис. 3, полученный спектр отличается еще большей резкостью, чем спектр рис. 2. Среднее значение массы частиц, образующих первый максимум, равно 580  $m_e$ , а для второго максимума 954  $m_e$ . Из геометрических размеров нашей аппаратуры можно заключить, что время жизни промежуточных частиц должно быть больше, чем  $5 \cdot 10^{-9}$  сек.

В заключение мы выражаем благодарность Г. Акопяну, М. Дайону и Л. Потапову, выполнившим часть измерений.

Физический институт  
Академии наук Арм. ССР

Поступило  
15 XI 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. И. Алиханян, А. И. Алиханов и А. О. Вайсенберг, ЖЭТФ, 18, № 3, 301 (1948). <sup>2</sup> А. И. Алиханян, А. И. Алиханов, В. М. Морозов, Г. Н. Мухелишвили и А. В. Хримян, ДАН, 58, № 7 (1947). <sup>3</sup> А. И. Алиханов и А. И. Алиханян, ЖЭТФ, № 9 (1951). <sup>4</sup> А. И. Алиханян, А. Т. Дадаян, Н. В. Шостакович, Г. С. Акопян и М. И. Дайон, ДАН, 80, № 1 (1951). <sup>5</sup> В. М. Харитонов, Г. А. Марикян и А. И. Алиханян, ДАН, 80, № 2 (1951).