

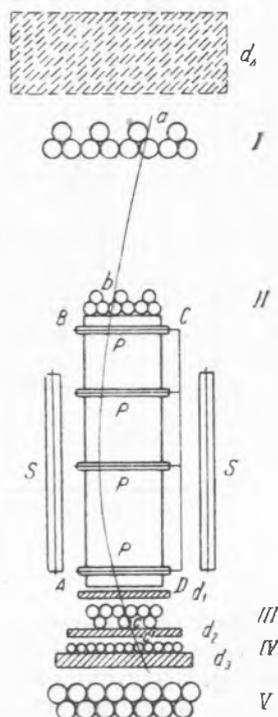
Член-корреспондент АН СССР А. АЛИХАНЫН, А. ВАЙСЕНБЕРГ,  
В. ХАРИТОНОВ и М. ДАЙОН

СПЕКТР МАСС ВАРИТРОНОВ НА ВЫСОТЕ 3250 м  
НАД УРОВНЕМ МОРЯ

Летом 1946 г. в лаборатории космических лучей на горе Алагез мы произвели магнитный анализ импульсов частиц космического излучения. Разработанная нами для этой цели методика телескопа из счетчиков Гейгера-Мюллера, помещенного в магнитном поле, дала возможность одновременно с измерением импульса частицы определять пробег в плотных поглотителях, например в свинце. Результаты этого исследования были опубликованы зимой 1946/47 г. в ряде заметок (<sup>1-3</sup>), в которых мы высказали утверждение, что в той части излучения, которая поглощается в 5,4 см свинца, имеются частицы обоих знаков, масса которых больше  $200 m_e$  ( $m_e$  — масса электрона). Для объяснения всего наблюдавшегося нами интервала импульсов ( $0,9 \cdot 10^9$  —  $1,8 \cdot 10^9$  eV/c) и пробегов (2,4 — 5,4 см Pb) необходимо было допустить существование по меньшей мере двух частиц с массами  $m = 500 m_e$  и  $m = 1000 m_e$ . Дальнейший анализ наших данных в области импульсов больших, чем  $0,9 \cdot 10^9$  eV/c, позволил утверждать, что в космических лучах присутствуют также частицы обоих знаков, масса которых больше массы протона (<sup>3</sup>). Определение массы этих частиц находилось на пределе наших экспериментальных возможностей и мы смогли грубо оценить величины массы, указав, что значение массы, лежащее в пределах 3000 — 5000  $m_e$ , согласуется с наблюдаемыми значениями пробегов и импульсов. Мы предложили назвать эти новые частицы варитронами (<sup>2</sup>). Из наших измерений следовало, что число варитронов, поглощающихся в 5,4 см Pb, составляет 10% жесткой компоненты на высоте 3250 м.

Летом и осенью 1947 г. мы продолжали исследование варитронов на горе Алагез, усовершенствовав предварительно метод исследований.

На рис. 1 схематически показан разрез нашего прибора в плоскости магнитного отклонения. Как и в приборе 1946 г., совпадение рядов в счетчиках рядов I, II, III создавало „мастерный импульс“, управлявший работой схемы. Нам удалось удвоить разрешающую способность прибора, применив специальные счетчики диаметром 0,6 — 0,7 см. Второе изменение в приборе заключалось в добавлении IV ряда координатных счетчиков. Это изменение существенно, так как, во-первых, наличие IV ряда позволяет произвести проверку каждой индивидуальной траектории с точки зрения того, не образована ли она боковыми или рассеянными частицами. Для правильной траекто-



рии, образованной прохождением одной частицы через ряды I, II, III, знание координат  $a, b, c$  (рис. 1) позволяет определить координату  $c'$ . Помещая над рядами III и IV пластинки свинца толщиной около 1 см, мы значительно увеличиваем вероятность фиксации частиц по сравнению с первой моделью прибора. Далее, наличие ряда IV позволяет выделить два интервала пробегов ( $d_1 < R < d_1 + d_2$  и  $d_1 + d_2 < R < d_1 + d_2 + d_3$ ) вместо одного. Как и раньше, для проверки того, играет ли роль рассеяние от полюсов магнита, на полюса были наложены счетчики (рис. 1, P). Кроме того, щель магнита с обеих сторон закрывалась рядами счетчиков S с целью исключить ложные траектории, образованные боковыми частицами. В табл. 1 даны схемы опытов 1947 г.

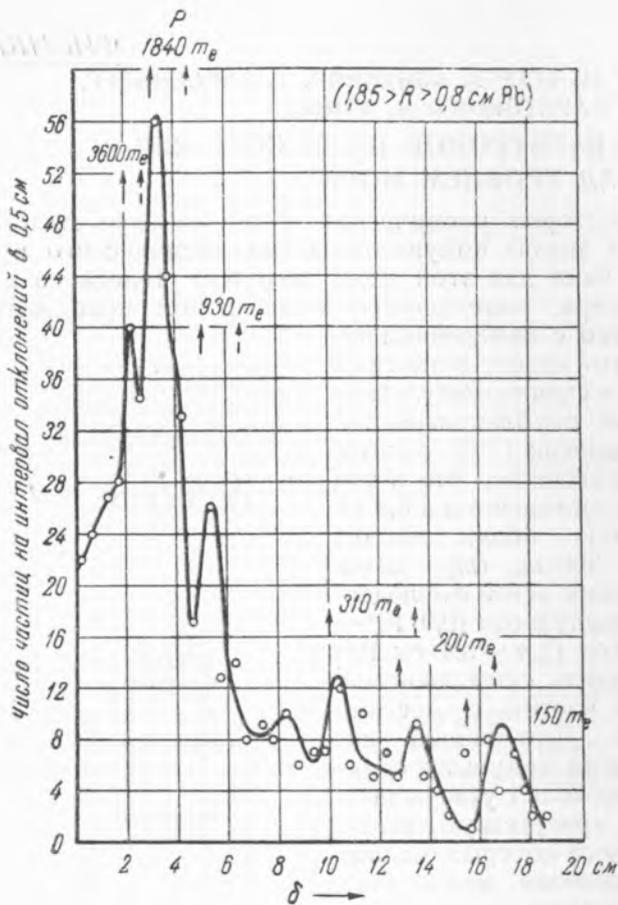


Рис. 2

$d_3$  (мягкая компонента), и траектории частиц, прошедших все три поглотителя и вызвавших разряд в V ряду счетчиков (жесткая компонента). В настоящей заметке рассматриваются только траектории, входящие в состав мягкой компоненты.

Рассмотрим спектр отклонений частиц мягкой компоненты в опыте № 2. На рис. 2 и 3 изображен спектр тех частиц мягкой компоненты, которые прошли через пластину 0,8 см, но поглотились в пластине 1,05 см. Мы видим, что спектр отклонений состоит из отдельных, четко разграниченных максимумов, происхождение которых можно легко объяснить. В самом деле, во второй пластине свинца ( $d_2 = 1,05$  см Pb) поглощаются частицы данной массы, импульсы которых лежат между значениями  $p_1$  и  $p_2$ , отвечающими минимальному и максимальному пробегу 0,8 и 1,85 см Pb. В спектре отклонений действие пластин скажется в появлении максимумов, левый край которых отвечает максимальному пробегу, а правый — минимальному!

Все изученные нами траектории можно разбить на две группы: траектории частиц, застрявших в одном из поглотителей  $d_1, d_2$  или

Таблица 1

№ опыта	$d_1$ в см Pb	$d_2$ в см Pb	$d_3$ в см Pb	Фильтр над ус. новской в см Pb
1	0	2,4	3,0	0
2	0,8	1,05	1,15	0
3	5,0	2,4	3,0	0
4	0,8	1,05	1,15	10
5	0,8	1,15	1,15	20
6	0	2,4	3,0	64 г/см <sup>2</sup> С

Ширина максимума определится шириной интервала импульсов, вырезаемого данным фильтром. Наличие

большого числа максимумов на кривой рис. 2 и 3 указывает на наличие спектра масс в космическом излучении.

При определении масс мы воспользовались соотношением „пробег — импульс“, данным в известном обзоре Росси и Грейзена. Переход от отклонений к импульсам производился по формуле  $pc = k/\delta$ , где  $\delta$  — отклонение в см. Вычисленный по формуле  $k = 150 \text{ Нл}^2$  (5), коэффициент  $k$  равен  $1,5 \cdot 10^9 \text{ eV} \cdot \text{см}$ .

Определение массы производилось нами по положению левого края максимума (на рис. 2 и 3 они указаны сплошными стрелками \*). В спектрах положительных частиц всегда наблюдается резко выраженный максимум, отвечающий значению  $m = 2000 m_e$ . Не подлежит сомнению, что этот максимум соответствует протону. Мы воспользовались им для градуировки нашего прибора. Получающееся при этом из различных спектров значение постоянной  $k$  лежит в пределах  $1,3 — 1,5 \cdot 10^9 \text{ eV} \cdot \text{см}$ . Мы принимаем для определения импульса значение  $k = 1,4 \cdot 10^9 \text{ eV} \cdot \text{см}$ , что находится в хорошем

\* Пунктирные стрелки на рисунках отвечают минимальному импульсу частицы данной массы при данной толщине фильтра.

Таблица 2

Таблица значений масс вариетонов (в  $m_e$ )

Фильтр над установкой	Большой масс-спектрометр					Малый масс-спектрометр					Значение масс частиц по всем данным					
	Опыт №1					Опыт №3										
	Нет					Нет										
Интервал пробегов в см Pb	$3,6 > R > 1,2$	$5,6 > R > 3,6$	$R > 5,6$	$3,6 > R > 5,6 > R > 3,6$	$R > 5,6$	$1,55 > R > 0,8$	$3,0 > R > 1,85$	$R > 3,0$	$2,4 > R > 2,4$	$5,4 > R > 2,4$	Углерод 64 г/см <sup>2</sup>	Опыт №5	Опыт №5	Синтез 113 г/см <sup>2</sup>	$3,0 > R > 0$	$R > 3,0$
Знак заряда частиц	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	220 270 330 350 550	180 210 270 350 550	150 190 270 350 520 680	180 200 220 270 320 360 450 550 650	150 190 270 350 520 680	140 200 310	110 140 200 250 320	110 140 210 280 350 420 650	100 140 180 270 300 400	100 140 200 270 450	110 140 220	110 140 200 330 600 830 1840	110 150 200 330 600 800 950 1840	110 150 200 330 600 800 950 1840	110 150 200 330 600 800 950 1840	110 150 210 250 330 430 550 650 820 950 1300 1840 2200 3500 8000 20000

согласии с вычисленным значением  $1,5 \cdot 10^9$  eV·см. В табл. 2 даны полученные нами значения масс и указано, в каком спектре данная масса обнаружена. В этой же таблице приведены значения масс, полученных из анализа спектра импульсов жесткой компоненты, а также значения масс варитронов, полученные на большом масс-спектрометре (4).

Многие массы проявляются не на всех спектрах, причем на спектрах положительно заряженных частиц массы разрешаются хуже, чем на спектрах отрицательно заряженных частиц. Это объясняется присутствием в первых

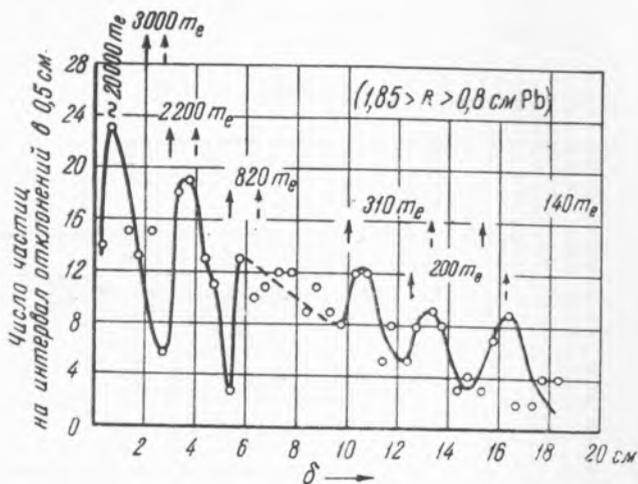


Рис. 3

большого максимума, соответствующего протонам, который смазывает соседние с ним, значительно менее интенсивные максимумы.

Из табл. 2 видно, что большинство масс, обнаруженных с помощью малого масс-спектрометра, было найдено и на большом масс-спектрометре. Масса  $110 m_e$  была найдена только на малом спектрометре. Из кривой рис. 2 следует

также присутствие в спектре масс частиц с массой около  $10-20\,000 m_e$ .

Производимое нами определение массы частиц основано на предположении об ионизационном характере их торможения. Лучшим доказательством справедливости этого предположения является, во-первых, само существование максимумов на спектральных кривых, а во-вторых, то, что смещение положения левых краев максимумов при переходе от поглотителей одной толщины к поглотителям другой толщины находится в соответствии с ионизационными потерями энергии.

Итак, нами установлено существование дискретного спектра масс и доказано существование на высоте 3250 м протонной компоненты. Благодаря увеличению разрешающей способности прибора нам удалось установить также присутствие частиц с массой  $100$  и  $150 m_e$ . Существование частиц с массой  $100 m_e$  находит подтверждение в недавно появившейся работе (6). Авторы этой работы обнаружили в конце трека медленного положительного мезотрона, затормозившегося в газе, наполняющем камеру Вильсона, след позитрона, энергия которого равна  $24$  MeV. Естественнее всего предложить, что в этом случае мы имеем дело с распадом частиц с массой  $100 m_e$  на электрон и нейтрино.

Институт физических проблем  
Академии Наук СССР  
и Физический институт  
Академии Наук Арм. ССР

Поступило  
29 IV 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Алиханян, А. Алиханов и А. Вайсенберг, Докл. АН АрмССР, 5, № 5, 129 (1946). <sup>2</sup> А. Алиханян, А. Алиханов и А. Вайсенберг, Вестн. АН СССР, № 5, 15 (1947). <sup>3</sup> А. Alichanian, A. Alichanow and A. Weissenberg, J. Phys., 11, № 2, 199 (1947). <sup>4</sup> А. Алиханян, А. Алиханов, В. Морозов, Г. Мусхелишвили и А. Хримян, ДАН, 58, № 7 (1947). <sup>5</sup> А. Алиханян, А. Алиханов и А. Вайсенберг, ЖЭТФ, 18, № 3 (1948). <sup>6</sup> С. D. Anderson, R. D. Adams, P. Lloyd and R. R. Rau, Phys. Rev., 72, № 8, 724 (1947).