

Член-корреспондент АН СССР А. АЛИХАНЫЯ и В. ХАРИТОНОВ

О ЧАСТИЦАХ С МАССОЙ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ МЕЖДУ МАССОЙ МЕЗОНА И ПРОТОНА

В работах ⁽¹⁻³⁾ были получены данные, наиболее убедительным образом показывающие, что на высоте 3200 м в составе космического излучения при определенных условиях в интервале импульсов от 2,8 до $4,8 \cdot 10^8$ эв/с наблюдаются частицы с массами, промежуточными между массой μ -мезона и протона (варитроны). Детальные исследования показали, что массы этих частиц группируются около трех величин, средние значения которых равны 280, 580 и 950 m_e . В каждой из этих трех групп наблюдаются как положительные, так и отрицательные частицы примерно в одинаковом количестве. Число варитронов с массой 900—1000 m_e в потоке излучения под 9 см свинца составляет примерно 5% от числа протонов, регистрируемых в тех же условиях. Эта цифра верна лишь по порядку величины, так как точный учет поправок, связанных со светосилой прибора и отбором траекторий, затруднителен. Кроме того, как это теперь известно, соотношение между числом частиц с массами 400—1000 m_e и числом протонов зависит от условий опыта.

В большей части опытов, кроме измерения импульса частицы и ее пробега, производилось также определение и ионизирующей способности частицы. Предварительные данные по измерению ионизирующей способности частиц промежуточных масс были опубликованы в заметке ⁽³⁾, а более подробное описание методики измерений и обработки в ⁽⁴⁾.

1. Ионизирующая способность частиц промежуточных масс. В эту группу отбирались частицы, масса которых, определенная по импульсу и пробегу, оказывалась больше чем 400 m_e и меньше чем 1200 m_e для положительных частиц и 1400 m_e для отрицательных. Далее эти частицы условным образом подразделялись на две группы: «легкие» — с массой меньше 700 m_e и «тяжелые» — с массой больше 700 m_e . В этой работе мы показываем, что такое разделение на группы имеет смысл не только на основании спектров масс частиц, приведенных в ⁽²⁾, но подтверждается также и значением ионизирующей способности частиц соответствующих групп.

За время, в течение которого производилось измерение ионизирующей способности частиц, зарегистрировано 87 частиц с промежуточным значением массы. Из них 71 частица в интервале пробегов от 2,5—3 до 5,5—6 см Pb (в том числе 45 тяжелых и 26 легких) и 16 частиц в интервале пробегов от 1,5 до 2,5—3 см Pb (в том числе 12 тяжелых и 4 легких; в этом интервале пробегов падение светосилы прибора для малых импульсов сказывается на интенсивности «легкой» группы особенно заметным образом).

Из 71 частицы, зарегистрированных в интервале пробегов от 2,5—3 до 5,5—6 см Pb, 26 частиц приходится на серию измерений, в которой работало одновременно два пропорциональных счетчика. Во всех остальных случаях работал только счетчик № 2 ⁽⁴⁾.

Результаты измерений ионизирующей способности частиц приведены в табл. 1. В табл. 2 даны значения масс, вычисленные по импульсу

и ионизации (M_{PI}) и по импульсу и пробегу (M_{PR}) (ошибки показаны статистические). Из табл. 1 видно, что среднее значение ионизирующей способности частиц промежуточных масс существенно больше средней ионизирующей способности мезонов тех же импульсов, какими обладают промежуточные частицы. Оно также значительно больше ионизирующей способности π - и μ -мезонов, остановившихся в тех же фильтрах, но меньше ионизирующей способности протонов тех же пробегов.

Таблица 1

Род частиц	Остаточный пробег в см Рb		Число частиц	Относит. ионизирующая способность				
	от	до		расчетная	\pm	эксперим.	ошибки	
							статистич.	градунгров-ки
По счетчику № 2								
Промежуточные тяжелые . . .	0	1,5	12	—	—	3,50	0,46	0,10
То же	1,5	2,5	13	—	—	2,52	0,31	0,08
"	2,5	3,5	23	—	—	1,90	0,18	0,06
"	3,5	4,5	9	—	—	1,88	0,28	0,06
Промежуточные легкие	0	1,5	4	—	—	2,4	0,6	0,1
То же	1,5	2,5	4	—	—	2,5	0,6	0,1
"	2,5	3,5	16	—	—	1,62	0,18	0,05
"	3,5	4,5	6	—	—	1,25	0,23	0,04
Мезоны	3,5	4,5	167	1,23	0,02	1,25	0,04	0,04
Мезоны с импульсами от 2,8 до $4,8 \cdot 10^8$ эв/с	—	—	104	1,01	—	1,06	0,05	0,03
Протоны	2,5	3,5	191	2,7	—	2,50	0,08	0,08
То же	3,5	4,5	115	2,2	—	2,12	0,09	0,06
По счетчику № 1								
Мезоны с импульсами от 2,8 до $4,8 \cdot 10^8$ эв/с	—	—	104	1,01	—	0,92	0,05	0,03
Мезоны	4,5	6,0	62	1,15	0,02	1,07	0,07	0,03
По серии, где работали оба счетчика								
Промежуточные тяжелые:								
по счетчику № 1	3,0	6,0	15	—	—	1,74	0,20	0,05
по счетчику № 2	1,5	4,5						
Промежуточные легкие:								
по счетчику № 1	3,0	6,0	11	—	—	1,21	0,16	0,04
по счетчику № 2	1,5	4,5						

На рис. 1 приведен дифференциальный спектр ионизаций для 54 частиц промежуточных масс, зарегистрированных в интервале пробегов от 3,5—4 до 5,5—6 см Рb. Для сравнения на том же рисунке показаны спектры ионизаций для протонов (остаточный пробег 2,5—3,5 см Рb) и мезонов, полученные на этой же установке (4). На рис. 2 приведены интегральные кривые ионизаций для тех же частиц. Из рис. 1 и 2 видно, что число промежуточных частиц, для которых измеренная ионизация превышает больше чем в два раза вероятное значение, равно 9, или $12 \pm 4\%$. В то же время для протонов с пробегами от 5 до 6 см Рb, обладающих примерно той же средней ионизирующей способностью, что и промежуточные частицы, это отношение равно $14 \pm 3,5\%$ (4). Отсюда следует, что повышенная ионизирующая способность промежуточных частиц не связана с наличием отдельной группы сильно ионизирующих частиц. Заметим, что средняя ионизирующая способность промежуточных частиц отрицательного и положительного знака совпадает друг с другом. По-

этому повышенная ионизирующая способность промежуточных частиц не может быть обусловлена в какой бы то ни было степени «примесью» протонов.

2. Из данных табл. 2 следует, что появление в наших опытах частиц промежуточных масс не может быть объяснено за счет неионизирующих остановок π -мезонов: для «легких» частиц средняя ионизирующая способность превышает ионизирующую способность мезонов тех же импульсов в $1,7 \pm 0,15$ раза, а для тяжелых в $2,1 \pm 0,14$ раза. Примесь мезонов, остановившихся в фильтрах в результате неионизирующих потерь энергии, может составить только небольшую часть наблюдаемого эффекта.

Как указывалось в (1, 3), появление промежуточных частиц невозможно объяснить неионизирующими остановками электронов. Уже в (1) было показано, что подавляющее число промежуточных частиц не испытывает размножения при прохождении через несколько свинцовых пластинок. В отдельных сериях приводимых измерений было показано, что промежуточные частицы, проходя последовательно через две свинцовые пластинки в 1 см толщины каждая, испытывали размножение лишь в ничтожном числе случаев. Расчет также

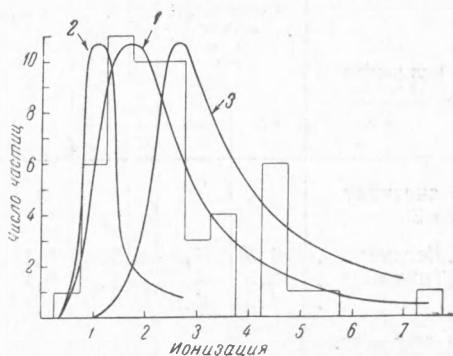


Рис. 1. 1 — промежуточные частицы, (варитроны), 2 — мезоны, 3 — протоны

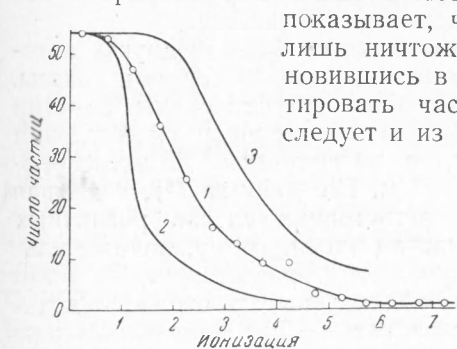


Рис. 2

показывает, что под 9—10 см свинца может быть лишь ничтожное число электронов, которые, остановившись в графитовых фильтрах, могли бы имитировать частицы промежуточных масс. Это же следует и из измеренных значений ионизирующей способности промежуточных частиц с малыми остаточными пробегами. Действительно, ионизирующая способность быстрых электронов равна 1,4—1,5, в то время как для тяжелых промежуточных частиц она равна 2,5—3,5, а для легких около 2,5 (см. табл. 1).

Недавно Поуэлл (7) высказал предположение, что в наших опытах частицы, зародившиеся в фильтрах и движущиеся снизу вверх, могут объяснить часть траекторий промежуточных частиц. Нельзя, однако, допустить, что промежуточные частицы могут быть протонами, движущимися снизу вверх, так как в этом случае только половина всех частиц (только отрицательного знака) могла бы быть обусловлена этим эффектом. На самом деле наша экспериментальная установка позволяет полностью отвергнуть предположение об обратном токе протонов. Из рис. 1 в (4) видно, что мы имели возможность отмечать прохождение заряженной частицы через ряды счетчиков, покрывающих со всех сторон верхний блок свинца (ряды 0). Протоны с импульсом от $2,8$ до $4,8 \cdot 10^8$ эв/с не в состоянии пройти через блок свинца толщиной в 9 см и достигнуть ряда 0_1 — 0_2 . Между тем, подавляющее большинство частиц промежуточных масс вызвало срабатывание счетчиков рядов 0_1 — 0_2 .

Измерение ионизирующей способности показывает, что это не могут быть и мезоны, так как измерение ионизации и импульса мезона не зависит от направления его движения.

3. Из табл. 2 видно, что значения масс промежуточных частиц, определенные по импульсу и ионизации, хорошо совпадают со значениями

Таблица 2

Род частиц	Остаточный пробег в см Рb		Число частиц	Относит. ионизирующ. способность	Ошибки		Средн. импульс в 10^8 эв/с	Средн. пробег в см Рb	Средн. остат. пробег в см Рb	M_{PR} в m_e	M_{PI} в m_e
	от	до			статистич.	градуировки					
По счетчику № 2:											
„Легкие“	1,5	4,5	26	1,68	0,15	0,05	2,88	4,78	2,93	545	550 ± 40
„Тяжелые“	2,5	4,5	32	1,89	0,15	0,06	4,04	4,51	2,85	940	900 ± 55
„ „	1,5	4,5	45	2,06	0,14	0,06	3,97	4,12	2,46	955	940 ± 40
По счетчику № 1:											
„Легкие“	3,0	6,0	11	1,21	0,16	0,04	2,76	4,77	—	520	~ 400
„Тяжелые“	3,0	6,0	15	1,74	0,20	0,05	4,30	4,33	—	1050	1010 ± 120

масс, определенными по импульсу и пробегу. Такое хорошее совпадение значений масс, полученных независимыми способами, показывает, что остановка частиц в фильтрах происходит, главным образом, за счет потерь энергии на ионизацию. Раньше (3) мы могли сделать такой вывод только для всех промежуточных частиц в целом, теперь же это показано для легких и для тяжелых частиц в отдельности.

4. В последнее время все чаще появляются сообщения других авторов о наблюдении ими частиц с промежуточными значениями массы. Так например, после нашей заметки (3) были опубликованы заметки Бристольской группы (5, 6), в которых сообщается о наблюдении 5 следов частиц с массой $\sim 1000 m_e$ в пластинках G-5, экспонированных под 30 см Рb на высоте ~ 3000 м. По данным (6), учитывая приводимую в заметке эффективность регистрации следов различных типов, отношение числа наблюдаемых частиц (повидимому, положительного знака) с массой $\sim 1000 m_e$ к числу π -частиц, регистрируемых в том же объеме эмульсии, равно $\sim 2\%$. В наших опытах число положительных частиц с массой 950 m_e составляет $\sim 2,5\%$ по отношению к протонам, или $\sim 5\%$ по отношению к числу π -мезонов с теми же пробегами. Более детальное сопоставление результатов не имеет смысла ввиду совершенно различных условий опытов и метода отбора траекторий.

В заключение приносим благодарность Г. Марикиану за участие в изменениях и А. Дадаюну за помощь в проведении настоящей работы. Мы также благодарны М. Дайону, Л. Потапову и Н. Шостакович за помощь в измерениях и обработке материалов.

Физический институт
Академии наук Арм.ССР

Поступило
28 II 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Алиханян и А. Алиханов, ЖЭТФ, 21 (№ 9), 1023 (1951). ² А. Алиханян, А. Дадаюну и Н. Шостакович, ДАН, 82, № 5 (1952). ³ В. Харитонов, Г. Марикиан и А. Алиханян, ДАН, 80, № 2, 201 (1951). ⁴ В. Харитонов, ДАН, 85, № 1 (1952). ⁵ С. O'Cealigh, Phil. Mag., 42, 1032 (1951). ⁶ P. H. Fowler, M. G. K. Mepon, C. F. Powell and O. Rochat, *ibid.*, 42, 1040 (1951). ⁷ C. F. Powell, Mesons, Reports on Progress in Physics, 13, 350 (1950); русск. пер. в Усп. физ. наук, 45 (№ 1), 15 (1951).