

С. А. АЗИМОВ, Н. Г. БИРГЕР, В. Н. ПОЛЫНОВ и С. А. СЛАВАТИНСКИЙ

О ПРИРОДЕ ПРОНИКАЮЩИХ ЧАСТИЦ ЭЛЕКТРОННО-ЯДЕРНЫХ ЛИВНЕЙ

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 14 V 1952)

Введение. Целью настоящей работы являлось выяснение природы проникающих частиц, образованных в электронно-ядерных ливнях. Работа была начата в 1949 г. Полученные тогда предварительные результаты ⁽¹⁾ показали, что среди проникающих частиц ливней имеются протоны и мезоны и что протоны составляют значительную часть проникающей компоненты электронно-ядерных ливней. Работа была продолжена в 1950 г. Благодаря улучшению аппаратуры и особенно увеличению точности в измерении малых отклонений следов частиц в магнитном поле оказалось возможным измерить импульсы частиц до значений ~ 3000 Мэв/с и значительно увеличить точность в определении значений масс быстрых частиц. Работа проводилась на высоте 3860 м над уровнем моря.

Аппаратура. В работе использовалась камера Вильсона диаметром 20 см с глубиной освещенной области 1,5 см. Камера помещалась в магнитное поле 13000 гаусс. Под камерой находилось 9 пластин свинца, толщиной 2 см каждая (см. рис. 1). Между пластинами помещались ряды счетчиков, соединенных с годоскопическим устройством. Эффективность работы годоскопических рядов счетчиков определялась из наблюдений одиночных следов частиц жесткой компоненты и оказалась равной 98%. Установка регистрировала частицы с пробегами в интервале от 47 до 220 г/см² свинца. Над камерой помещался блок свинца Σ_1 толщиной 10 см. Управление камерой и годоскопом осуществлялось четырехкратными совпадениями разрядов в трех любых счетчиках из группы А и счетчика Г (рис. 1). Годоскопическая группа счетчиков Б, отделенная от счетчиков А 6 см свинца (Σ_2) и 1 см алюминия, позволяла оценить плотность ливня, образованного в свинце. Как и в работе ⁽¹⁾, электронно-ядерными ливнями считались только те ливни, которые вызывали зажигание не менее двух счетчиков в коробке Б. Часть таких случаев могла быть обусловлена также δ -ливнями, образованными последовательно в Σ_1 и Σ_2 μ -мезонами, однако частота такого процесса значительно меньше ($\sim 10^{-4}$ в минуту), чем частота наблюдаемых случаев с двумя и более зажиганиями в коробке Б, равная $1/20$ в минуту. Преобладание электронно-ядерных ливней подтверждается также распределением числа ливней по числу зажегшихся счетчиков, приведенным в табл. 1. Легко заметить, что число ливней только слабо меняется, тогда как в случае δ -ливней число ливней резко падает с увеличением их плотности.

Масса частицы определялась по значению кривизны ее следа, наблюдаемого в камере, и остаточного пробега, фиксируемого с помощью годоскопа. Ошибки в измерении масс частиц подробно проанализированы в работе, посвященной определению масс частиц проникающей компоненты космических лучей ⁽²⁾. Разрешающая способность аппара-

туры для разделения масс мезонов и протонов была такова, что разница в кривизнах $\frac{1}{\rho_{\text{мезона}}} - \frac{1}{\rho_{\text{протона}}}$ в 3—4 раза превышала сумму ошибок измерений $\Delta \left(\frac{1}{\rho_{\text{мезона}}} \right) + \Delta \left(\frac{1}{\rho_{\text{протона}}} \right)$.

Результаты измерений. За 264 часа работы установки наблюдалось 699 электронно-ядерных ливней, образованных в блоке свинца над камерой. Распределение ливней по числу частиц, прошедших 6 см свинца (Σ_2), приведено в табл. 1.

Таблица 1

Число сработавших счетчиков в коробке Б	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$n > 10$
Число ливней	177	114	86	78	50	52	37	31	23	51

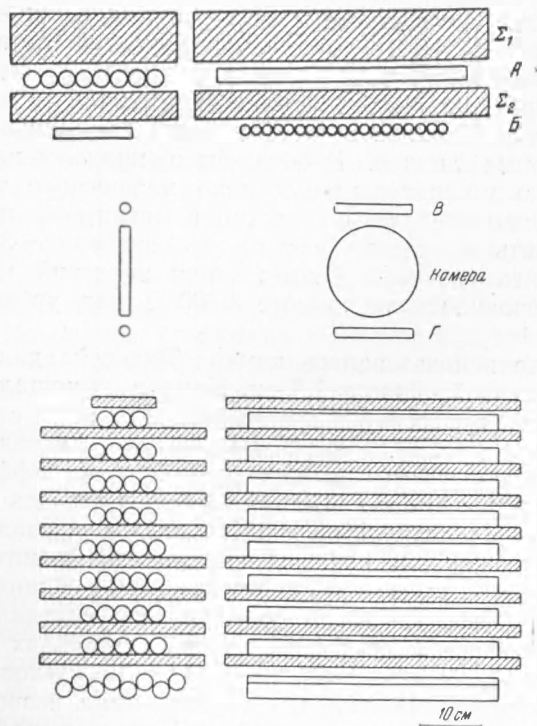


Рис. 1

Таблица 2

	Импульс $p \cdot 10^8$ эв/с				
	1—5	5—10	10—20	20—30	>30
Всего частиц	15	24	7	4	9
Положительных	10	22	5	4	—
Отрицательных	5	2	2	0	—

полем, а также с тем, что протоны с импульсом $p < 2 \cdot 10^8$ эв/с обладают пробегом меньшим, чем минимальный пробег, фиксируемый установкой.

* Попадание нескольких проникающих частиц в один счетчик группы Б является маловероятным, так как диаметр счетчиков был равен 12 мм (всего счетчиков в этой группе 19).

Из таблицы видно, что число зарегистрированных ливней с большим ($n = 10$) и малым ($n = 2$) числом частиц различается лишь в 8 раз. Это, по-видимому, указывает на то, что энергия частиц, генерирующих ливни, отличается лишь незначительно в обоих случаях. Среднее число частиц в ливне по этим данным равно 5, что является, по-видимому, верхним пределом для числа проникающих частиц, поскольку среди частиц, прошедших 6 см свинца, могли быть и электроны*. Данные других авторов (3, 5) находятся в согласии с таким выводом.

В табл. 2 приведен спектр импульсов, полученный из измерений 59 следов проникающих ливневых частиц.

Уменьшение числа частиц в области импульсов $(1-5) \cdot 10^8$ эв/с связано с частичным «уводом» частиц из установки магнитным

Спектр частиц, для которых $p > 5 \cdot 10^8$ эв/с, может быть представлен степенным законом вида $\frac{d(pe)}{(rE)^\alpha}$, где $\alpha = 2 \pm 0,5$.

Из 50 частиц с импульсами в интервале $(1 \div 30) \cdot 10^8$ эв/с только 9 имеют отрицательный знак заряда. Обнаруженный избыток положительных частиц, равный $4,5 \pm 1,4$, указывает на то, что среди проникающих частиц имеется большое число протонов. Если принять, что число положительных и отрицательных мезонов, образованных в ливнях, одинаково, то в области импульсов $(5 \div 30) \cdot 10^8$ эв/с протоны составляют около 50—70% от общего числа проникающих частиц в ливнях.

В 20 случаях оказалось возможным определить значение масс проникающих ливневых частиц, из них в 16 случаях измеренные значения масс группируются около массы протона. Все частицы этой группы имеют положительный знак заряда.

На рис. 2 приведен разброс значений наблюдаемых кривизн для этих частиц относительно соответствующих кривизн протонов с данным пробегом. Полученное распределение согласуется в пределах статистической точности с распределением, полученным для следов частиц жесткой компоненты, снятых в отсутствие магнитного поля (см. рис. 2). Измеренные значения масс 3 других частиц оказались близкими к массе мезона. 1 мезон имел отрицательный знак заряда, 2 — положительный. Помимо этого, в одном случае наблюдалась частица с отрицательным знаком заряда, для которой определенное на опыте значение массы оказалось порядка массы протона. Аналогичный случай наблюдался также в 1949 г. (1). Оба эти случая могут быть связаны с неонизационным поглощением π -мезонов в свинцовых пластинках годоскопа*.

Таким образом наши измерения показывают, что среди проникающих частиц электронно-ядерных ливней, имеющих импульс, меньший $2 \cdot 10^9$ эв/с, мезоны составляют от 30 до 50%, протоны от 50 до 70%.

Этот результат находится в хорошем согласии с наблюдениями Батлера и сотр. (3), проведенными с помощью камеры Вильсона, а также с данными группы Поуэлла (4), полученными методом фотопластинок.

Авторы выражают благодарность чл.-корр. АН СССР В. И. Векслеру, Н. А. Добротину и Г. Б. Жданову за обсуждение постановки опыта и полученных результатов.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР и
Физико-технический институт
Академии наук Узб.ССР

Поступило
27 VI 1951

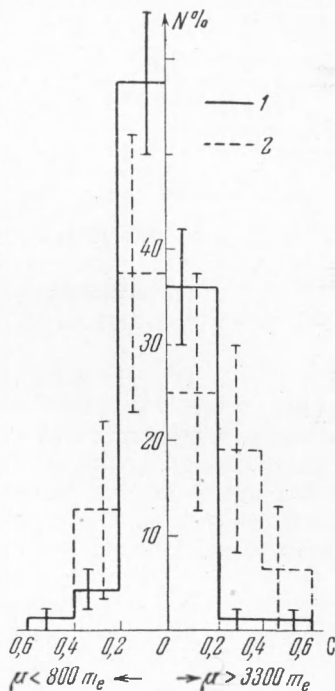


Рис. 2. 1 — $C = \frac{1}{\rho_{жестк}}$;
2 — $C = \frac{1}{\rho_{пр}} - \frac{1}{\rho_{эсп}}$

* В настоящее время большое теоретическое значение имеет вопрос о возможности генерации антинуклонов в электронно-ядерных ливнях. С этой точки зрения случай появления отрицательных частиц с массой порядка массы протона приобретает особый интерес и подлежит специальному изучению с помощью аппаратуры, более пригодной для этой цели.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Биргер, Г. Жданов, В. Полюнов и С. Славатинский, ЖЭТФ, 20, 478 (1950). ² С. Азимов, Н. Биргер, Н. Добротин, Г. Жданов, Ю. Кокурины и С. Славатинский, ДАН, 78, № 3 (1951). ³ С. Butler, K. Barker and W. Rosser, Proc. Phys. Soc., 63, 145 (1950); C. Butler, K. Barker, W. Lock and H. Muirhead, *ibid.*, 64, 4 (1951). ⁴ U. Camerini and P. Fowler, Phil. Mag., 41, 413 (1950). ⁵ W. W. Brown and A. S. McKay, Phys. Rev., 77, 342 (1950).