

Г. Т. ЗАЦЕПИН, С. А. КУЧАЙ и И. Л. РОЗЕНТАЛЬ

ПРОНИКАЮЩИЕ ЧАСТИЦЫ В ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ
ЛИВНЯХ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 3 V 1948)

Летом 1947 г. на Памире на высоте 3860 м было проведено исследование природы проникающих частиц широких атмосферных ливней, а также оценка плотности сопровождения проникающих частиц.

Для измерений использовалась установка, изображенная на рис. 1.

Регистрировались тройные совпадения групп счетчиков *A*, *B*, *C* и одновременно совпадения *A*, *B*, *C* и *D*.

Каждая из коробок со счетчиками (кроме группы *D*) экранировалась с боков 14 см Рb, с торцов — 7 см, а снизу — 8 см.

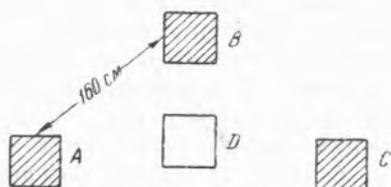


Рис. 1

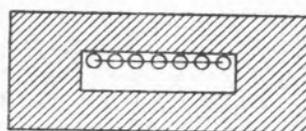


Рис. 2

Вертикальный разрез каждой из групп счетчиков представлен на рис. 2.

В каждой группе *A*, *B*, *C* было по 7 быстродействующих стеклянных счетчиков с аквадаговым катодом, наполненных смесью аргона и этилена. Длина каждого счетчика 300 мм, диаметр 33 мм, толщина стенок 1,3 мм.

Разрешающая способность усилителя соответствовала $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$ сек.

Полученную зависимость числа совпадений от толщины слоя свинца сверху можно представить в виде следующей таблицы.

Таблица 1

	d в см				
	0	8	16	24	32
C_3	183 ± 3	20 ± 1	$1,95 \pm 0,18$	$0,51 \pm 0,06$	$0,51 \pm 0,10$
C_4^{700}	123 ± 3	17 ± 1	$1,76 \pm 0,17$	$0,51 \pm 0,12$	$0,51 \pm 0,25$
C_4^{100}	—	—	—	$0,37 \pm 0,12$	$0,44 \pm 0,09$
C_4^{700}/C_3	0,67	0,85	0,90	1,0	1,0
C_4^{100}/C_3	—	—	—	0,73	0,82

C_3 обозначает число совпадений в группах A, B, C в час; C_4^{700} — число совпадений в группах A, B, C, D в том случае, когда площадь счетчиков в коробке D равнялась 700 см^2 ; C_4^{100} — число совпадений в час в группах A, B, C, D при площади группы D 100 см^2 .

Чтобы исключить возможность объяснения совпадений разрядов в счетчиках, находящихся под 32 см Рб, фоном частиц, рассеянных от земли, или косыми ливнями вследствие недостаточной экранировки с боков и снизу, был поставлен контрольный опыт с утолщением бокового покрытия до 21 см, нижнего до 14 см и торцов до 14 см Рб. Результаты этого опыта показывают, что рассеяние от земли и частицы, идущие под большим углом к вертикали, в наших условиях не играли никакой роли.

Кривая, изображенная на рис. 3, показывает, что поглощение ливневых частиц хорошо представляется экспоненциальным законом. Это согласуется с данными, полученными Г. Т. Зацепиным и Л. Х. Эйдусом⁽¹⁾.

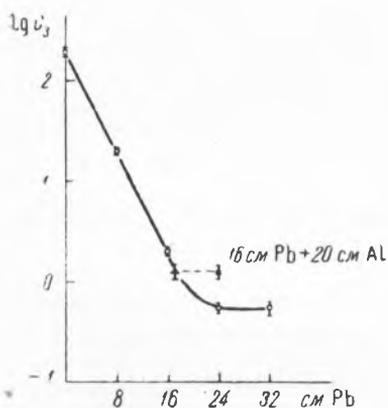


Рис. 3

Из табл. 1 видно, что после доведения верхнего слоя до 24 см поглощение ливневых частиц прекращается. Частицы, практически не поглощаемые свинцом, следует отождествить с наблюдаемыми Доденом⁽²⁾ в камере Вильсона мезонами, входящими в состав широких ливней. Однако нельзя исключить возможность существования в ливнях быстрых протонов.

Вследствие того, что поглощение электронов и фотонов больших энергий происходит в основном из-за потерь энергии на тормозное излучение фотонов и рождение пар, сравнение поглощения таких электронов и фотонов в различных веществах должно

учитывать только эти виды энергетических потерь. Напротив, для тяжелых частиц (мезоны, протоны) поглощение обуславливается потерями энергии на ионизацию, и поэтому для этих частиц одинаковое поглощение в различных веществах должно наблюдаться для таких слоев, в которых тяжелые частицы испытывают равные ионизационные потери. Поэтому, сравнивая поглощение ливневых частиц в различных веществах, можно решить вопрос об их природе.

Для идентификации частиц, проходящих через 16 см Рб, но поглощаемых при дальнейшем увеличении толщины фильтра, на слой свинца толщиной в 16 см было положено дополнительно 20 см Аl.

Из каскадной теории можно заключить, что 20 см Аl поглолят быстрые электроны и фотоны так же, как 1,2 см Рб. Для тяжелых частиц 20 см Аl эквивалентны 7,7 см Рб. Число совпадений, получившихся в последнем опыте, показывает, что частицы испытывают потери энергии на каскадные процессы. Тем самым устанавливается наличие в широких ливнях электронов весьма высоких энергий, проходящих через 16 см Рб.

С. З. Беленьким⁽³⁾ была разработана теория прохождения ливней через тяжелые элементы, учитывающая ионизационные потери и зависимость эффективного сечения поглощения фотонов от их энергии.

Расчеты, проведенные на основании этой теории, показали, что электроны, проходящие через такие толщины, обладают энергией более, чем $1,5 \cdot 10^{10} \text{ eV}$.

Регистрация электронов таких высоких энергий счетчиками, расположенными на расстоянии 160 см друг от друга, противоречит

признанию кулоновского взаимодействия между электронами ливня и ядрами атомов воздуха единственной причиной рассеяния частиц широких ливней.

Средний квадратичный радиус $\sqrt{R^2}$, вычисленный в этом предположении, зависит сильно от энергии частиц. Эта зависимость представлена в табл. 2.

Таблица 2

E в eV	$5 \cdot 10^9$	10^{10}	$2 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	10^{11}
$\sqrt{R^2}$ в см	190	90	50	30	25	20	10

Существование некулоновского рассеяния частиц ливней наблюдалось также в опытах Г. Т. Зацепина и В. В. Миллера (4).

Увеличение отношения C_4/C_3 с возрастанием толщины покрытия показывает, что плотность потока, сопровождающего легкие проникающие частицы, увеличивается с ростом их энергии.

Легко оценить среднюю плотность сопровождения мезонов по данным, относящимся к различным площадям счетчиков в коробке D. Если ρ означает среднюю плотность сопровождения мезонных ливней, то

$$\frac{1 - e^{-0,67\rho}}{1 - e^{-0,01\rho}} = \frac{C_4^{700}}{C_4^{100}} \quad (1)$$

Отсюда плотность сопровождения оценивается в 150—200 част./м². Большая плотность сопровождения мезонов позволяет утверждать генетическую связь широких мезонных ливней и больших каскадных ливней.

Поэтому кажется весьма маловероятным существование особого типа широких малоплотных мезонных ливней.

Этот выход хорошо согласуется с результатами Коккони, Ловердо и Тонджиоржи (5).

Исследовалась также пространственная протяженность ливней, сопровождающих проникающие частицы при расположении счетчиков, изображенных на рис. 4. В каждой из коробок A, B, C и D находилось 7 счетчиков; импульсы от счетчиков D передавались через специальный усилитель по кабелю длиной в 110 м.

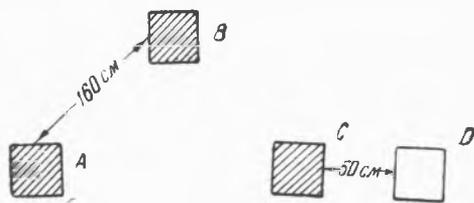


Рис. 4

Отсутствие запаздывания импульсов при прохождении по кабелю контролировалось дополнительными опытами.

При этом расположении из 17 совпадений в коробках A, B, C, покрытых 24 см Рb, 8 сопровождались разрядом в коробке D, что также указывает на принадлежность мезонов к широким электронно-фотонным ливням.

В заключение авторы приносят благодарность Н. А. Добротину за советы и дискуссию.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии Наук СССР

Поступило
24 IV 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹Г. Т. Зацепин и Л. Х. Эйдус, ЖЭТФ, 17, 937 (1947). ²J. Daudin, Ann. de Phys., 18, 145, 217 (1943). ³С. З. Беленький, ЖЭТФ, 14, 384 (1944). ⁴Г. Т. Зацепин и В. В. Миллер, ЖЭТФ, 17, 939 (1947). ⁵G. Cocconi, A. Loverdo and V. Tongiorgi, Phys. Rev., 70, 852 (1946).