

Член-корреспондент АН СССР И. М. ФРАНК и И. С. ШАПИРО

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА УРОВНЕ МОРЯ

1. Как известно, в интервале зенитных углов от 0 до 60—70° интенсивность космического излучения на уровне моря подчиняется соотношению:

$$J(\vartheta) = J_0 \cos^2 \vartheta, \quad (1)$$

где ϑ означает угол с вертикалью. Эта зависимость твердо установлена многочисленными работами.

Существенно иное положение имеет место для направлений, близких к горизонтальному: интенсивность горизонтальной компоненты на уровне моря, ее угловое распределение, а также природа горизонтальных частиц экспериментально почти не изучены.

Впервые наличие в составе космического излучения заметного количества горизонтальных частиц установил Д. В. Скобельцын^(1,2). В 1936 г. Свен и Лочер⁽³⁾ с помощью годоскопа получили для отношения $J(\pi/2)/J_0$ на уровне моря величину 4%. Росси⁽⁴⁾, работая с телескопом из счетчиков, нашел, что в горизонтальной компоненте содержится значительная примесь мягкого излучения.

Горизонтальные частицы наблюдались также с помощью управляемой счетчиками камеры Вильсона Брадтом, Хальтером, Гейне и Шеррером⁽⁵⁾. Однако сделать какие-либо количественные заключения из опубликованных ими данных не представляется возможным, поскольку авторы не приводят необходимых сведений о геометрических условиях эксперимента.

Этим исчерпывается почти весь накопленный до сего времени экспериментальный материал о горизонтальных частицах на уровне моря.

2. Основная трудность исследования горизонтальной компоненты на уровне моря обуславливается весьма малой ее интенсивностью. При регистрации этих частиц с помощью горизонтально направленного телескопа счетчиков значительное число совпадений вызывается не одной частицей, а вертикально идущими группами из нескольких частиц. Поэтому для изучения горизонтальной компоненты в данной работе использовалась камера Вильсона, управляющаяся счетчиками.

По обе стороны от горизонтально расположенной камеры находились два быстродействующих счетчика с внутренним диаметром 2,8 см и длиной рабочей части 12 см. Расстояние между осями счетчиков было 18,2 см. Толщина стенок камеры и счетчиков в сумме составляла 2,6 г/см² стекла. Освещенная часть рабочего объема камеры представляла собой прямоугольный параллелепипед размерами 1,8×11×12 см. Ввиду малой интенсивности исследовавшегося излучения требовалась

длительная непрерывная работа камеры. Уверенность в стабильности выбранного режима обеспечивалась контрольными снимками с γ -препаратом радия, производившимися в процессе работы и в конце ее.

Полученные снимки обрабатывались на стереокомпараторе по методу, предложенному Л. В. Грошевым, Н. А. Добротиним и И. М. Франком⁽⁶⁾.

3. Измерения происходили в комнате, так что частица, идущая извне, для того чтобы попасть в камеру, должна была пройти 250 г/см² материала стен (кирпич). Всего проведено четыре серии опытов: а) без пластинки в камере, б) с железной пластинкой толщиной 1 см, в) и г) со свинцовыми пластинками толщиной 1 см и 0,49 см. Во всех опытах пластинка располагалась в центре камеры по диаметру, параллельному осям счетчиков.

Общее время работы камеры составляет 194 часа. За этот период получено 63 фотографии, содержащих следы горизонтальных частиц. Распределение треков по всем четырем сериям опытов и соответствующая каждой из них частота появления частиц приведены в табл. 1.

Таблица 1
Частота появления горизонтальных частиц

Вариант опытов	Число фотографий			Частота появления одиночных частиц и групп частиц		
	с одиночными частицами	с частицами, размножившимися в пластинке	с группами частиц	число обработок фотографий с одиночными частицами и групп. частиц	время наблюдения в час.	число одиночных частиц и групп частиц в час.
Без пластинки	15	—	3	18	9,5	$2,0 \pm 0,5$
Железная пластинка 1 см	20	4	4	29	74,0	$0,4 \pm 0,1$
Свинцовая пластинка 0,49 см	5	2	0	7	81,0	$0,09 \pm 0,04$
Свинцовая пластинка 1 см	0	0	0	0	11,0	$< 0,1$

Благодаря рассеянию в пластинке, треки некоторых вызвавших срабатывание камеры частиц не укладываются целиком в телесном угле, вырезаемом счетчиками (т. е. части следа, разделяемые пластинкой, лежат в телесных углах, определяемых пластинкой и, соответственно, одним из счетчиков. Такие частицы не принимались в расчет при вычислении интенсивности).

Измерялось также распределение зарегистрированных частиц по зенитным углам.

Результаты этих измерений свидетельствуют о том, что вблизи горизонтального направления угловое распределение практически изотропно. Рассчитанная по данным первой строки табл. 1 интенсивность горизонтальной компоненты оказывается равной $(0,015 \pm 0,003)$ частиц $\frac{\text{мин.} \times \text{ед. тел. угла} \times \text{см}^2}{\text{мин.} \times \text{ед. тел. угла} \times \text{см}^2}$, что составляет $(2 \pm 0,4)\%$ от интенсивности вертикально идущего излучения.

На рис. 1 показана фотография следа горизонтальной частицы. Кроме горизонтальных частиц, камерой регистрировались вертикальные ливни. За время работы камеры получено 58 фотографий ливней с числом частиц более 10.

Рис. 2 представляет собой одну из таких фотографий.

4. Из данных, приведенных в табл. 1, следует, что горизонтальная компонента космического излучения на уровне моря состоит, в основ-

ном, из частиц малой проникающей способности, повидимому, электронов. Действительно, уменьшение числа зарегистрированных частиц при постановке различных пластинок в камере обуславливается поглощением в пластинке и рассеянием в ней. По ионизационным потерям пластинки, о которых идет речь, примерно эквивалентны. Следовательно, резкое падение интенсивности, имеющее место при переходе от железной пластинки толщиной 1 см к свинцовой пластинке

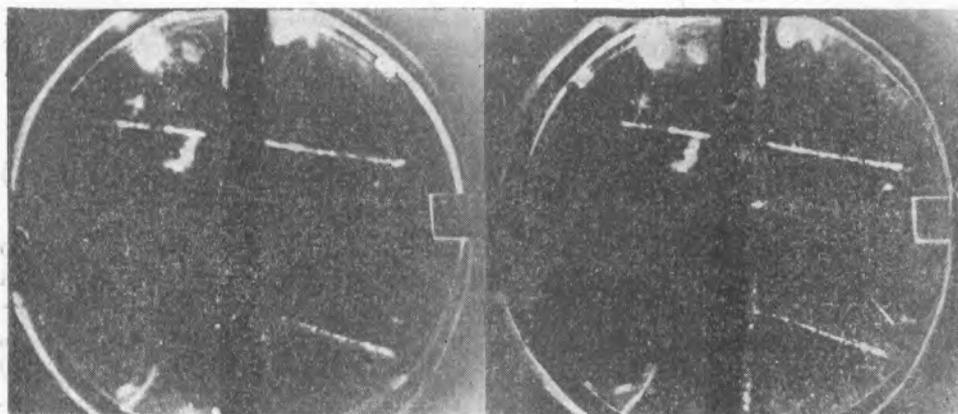


Рис. 1. Горизонтальная частица, вошедшая в камеру в сопровождении другой частицы (железная пластинка толщиной 1 см)

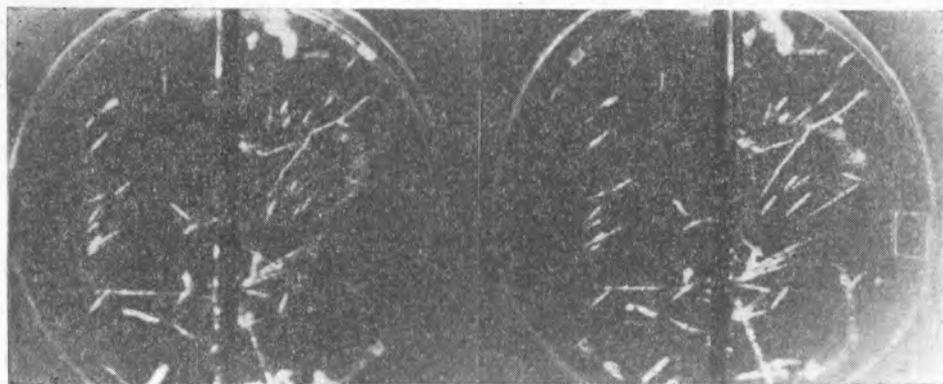


Рис. 2. Вертикальный ливень более, чем из 30 частиц. На снимке видны горизонтальные частицы, образовавшиеся в результате рассеяния ливневых частиц в свинцовой пластинке ($0,49 \times 2,6 \times 14$ см)

толщиной 0,49 см, вызывается ростом радиационных потерь и сильным увеличением рассеяния. Последнее можно объяснить только тем, что подавляющее большинство наблюдаемых горизонтальных частиц является электронами с энергией порядка критической энергии в свинце (10^7 eV). Зарегистрированные в условиях настоящих опытов горизонтальные частицы не могут быть отнесены к частицам, пришедшим под большими зенитными углами из верхних слоев атмосферы. В самом деле, как указывалось выше, такие частицы, для того чтобы попасть в камеру, должны были бы пройти около 250 г кирпича на 1 см². Но интенсивность излучения прошедшего столь большие толщи ве-

щества не может заметным образом измениться от введения добавочных 5—8 г железа или свинца на 1 см².

В генерации горизонтальной компоненты на уровне моря должны участвовать следующие процессы:

а) рассеяние электронов и мезонов, идущих под сравнительно большими углами к горизонту;

б) образование δ -электронов;

в) распад остановившихся мезонов.

Как показывают расчеты, первые два из упомянутых факторов могут объяснить лишь ничтожную долю наблюдаемой интенсивности.

Если задаться целью грубо оценить число электронов распада от мезонов, остановившихся в стенах лаборатории, то можно воспользоваться приближенным соотношением:

$$N = \frac{\mu d J_0}{2\pi}, \quad (2)$$

где N — число электронов распада, проходящих в единице телесного угла через 1 см² в минуту; μ — коэффициент поглощения жесткой компоненты на уровне моря ($\sim 10^{-3}$ см²/г); d — толщина „эффективного слоя“, определяемая средним пробегом электронов распада; J_0 имеет тот же смысл, что и в уравнении (1). Получающееся из (2) значение $N = 0,008$ $\frac{\text{частиц}}{\text{мин.} \times \text{ед. тел. угла} \times \text{см}^2}$ по порядку величины со-

падает с экспериментально измеренной частотой появления горизонтальных частиц. Таким образом, можно считать, что процессом, ответственным за происхождение большинства наблюдаемых частиц, является распад мезонов, остановившихся в воздухе и в веществах окружающих камеру предметов.

Отмеченная выше изотропность распределения зарегистрированных частиц по зенитным углам и полученное заключение о порядке величины их энергии хорошо согласуются с этим предположением.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
14 VI 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ D. Skobelzyn, Z. Phys., 43, 354 (1927). ² D. Skobelzyn, C. R., 194, 148 (1932). ³ W. F. G. Swann and G. L. Locher, J. Frank. Inst., 221, 275 (1936); W. F. G. Swann, G. L. Locher and W. E. Danforth, Phys. Rev., 51, 389 (1937). ⁴ B. Rossi, Nature, 128, 408 (1931). ⁵ H. Bradt, J. Halter, H. G. Heine u. P. Scherrer, Helv. Phys. Acta, 19, 431 (1946). ⁶ Л. В. Грошев, Н. А. Добротин и И. М. Франк, ДАН, 3, № 6 (1936).