

С. Н. ВЕРНОВ, Н. Л. ГРИГОРОВ, Н. А. ДОБРОТИН, С. П. СОКОЛОВ,
Ф. Д. САВИН и А. И. КУРАКИН

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА ЗАРЯДА ПЕРВИЧНЫХ ЧАСТИЦ
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ АЗИМУТАЛЬНОЙ
АСИММЕТРИИ В СТРАТОСФЕРЕ В РАЙОНЕ ЭКВАТОРА**

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 4 VIII 1949)

Вопрос о знаке заряда первичных космических частиц может быть решен измерением азимутальной асимметрии в стратосфере в районе магнитного экватора. Работы Джонсона, Росси, Корфа (1) по изучению западно-восточной азимутальной асимметрии на уровне моря и на высотах гор показали наличие этой асимметрии. Однако из этих опытов не следовал однозначный вывод о знаке заряда первичных частиц и их природе, так как частицы, достигавшие измерительной аппаратуры, в этих опытах были вторичного или даже третичного происхождения в связи с тем, что измерения проводились на малых высотах. Для того чтобы уменьшить влияние вторичных процессов на величину азимутальной асимметрии, измерение асимметрии необходимо проводить на больших высотах, где первичное космическое излучение составляет значительный процент от полного числа частиц. Измерения азимутальной асимметрии в стратосфере были проведены Джонсоном и Барри (2). Их измерения дали практическое отсутствие азимутальной асимметрии на высотах 20—25 км: она составляла 7%, в то время как по расчетам Джонсона она должна была составлять 60%, если бы все первичные частицы имели положительный заряд.

Из своих опытов по измерению азимутальной асимметрии на уровне моря Джонсон сделал вывод, что все первичные частицы имеют положительный заряд, т. е. являются протонами. Малая же величина азимутальной асимметрии, наблюдаемая Джонсоном в стратосфере, объяснялась в ряде работ тем, что вторичные частицы не сохраняют направления первичных частиц. Однако опыты А. М. Куликова (3) показали, что рассеяние вторичных частиц мало и отнюдь не достигает величины, способной уменьшить величину азимутальной асимметрии с 60 до 7%. Таким образом, из опытов Джонсона и Барри, если учесть опыты Куликова, неизбежно следовал вывод о существовании в составе первичного космического излучения большого процента частиц с отрицательным зарядом, причем эти частицы не могли быть электронами, так как опыты С. Н. Вернова с сотрудниками (4) показали, что в составе первичных частиц нет заметного числа электронов. Следовательно, приходилось допустить существование отрицательных частиц не электронной природы — гипотетических антипротонов.

Таким образом, вопрос о знаке заряда первичных космических частиц оставался не решенным. Для окончательного решения этого вопро-

са нами была разработана специальная аппаратура, поднимаемая в стратосферу на шарах-зондах. Основной частью прибора был телескоп, наклоненный под углом 60° к вертикали. Число считаемых телескопом частиц передавалось по радио на приемный пункт, где записывалось таким же образом, как и в предыдущих работах (4). Так как прибор, подвешенный к шарам-зондам, во время полета вращается в разных направлениях, то для измерения восточно-западной асимметрии необходимо было удерживать телескоп поочередно в определенном направлении — восточном или западном. Это достигалось тем, что жестко с телескопом были скреплены три фотоэлемента. Плоскости двух фотоэлементов были параллельны и так расположены, что свет солнца мог попа-

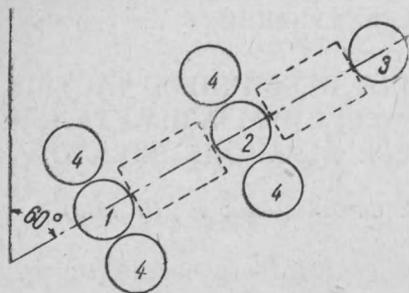


Рис. 1

дать только на какой-нибудь один из фотоэлементов. Каждый из фотоэлементов был соединен с сеткой своей радиолампы, в анод которой было включено маленькое реле. В тот момент, когда, благодаря вращению установки, солнечный свет попадал на один из фотоэлементов, включалось реле, которое замыкало цепь маленького электромоторчика. Электромоторчик поворачивал телескоп до тех пор, пока фотоэлементы не становились по отноше-

нию к солнцу так, что солнечный свет не попадал ни на один из них. При этом реле разрывало цепь моторчика, и вращение телескопа прекращалось. Таким образом поддерживалась определенная ориентация телескопа относительно солнца. Для учета изменения азимута солнца с течением времени была предусмотрена коррекция с помощью маленького часового механизма, поворачивавшего фотоэлементы.

Точность, с которой поддерживалось заданное направление телескопа, составляла на уровне моря $\pm 15^\circ$, а в стратосфере эта точность должна была быть еще больше за счет увеличения интенсивности солнечного света.

Кроме тройных совпадений, отбираемых телескопом, в установке одновременно измерялось число ливней, характеризующее ливнеобразующие свойства излучения, приходящего с запада и востока. Ливни регистрировались схемой четверных совпадений, срабатывавшей при одновременном разряде в счетчиках 1, 2, 3 телескопа и одном из счетчиков 4 (см. рис. 1).

Разрешающая способность схемы тройных совпадений $\tau = 2 \cdot 10^{-6}$ сек.; разрешающая способность схемы четверных совпадений $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$ сек. Каждое четверное совпадение записывалось на ленте на приемном пункте.

Тройные совпадения приводили в действие электромагнитный нумератор со стрелкой, скользящей по диску с контактами. Когда электромагнитный нумератор насчитывал определенное число импульсов (90 в случае телескопа без свинца и 45 в случае телескопа со свинцом), телескоп поворачивался на 180° , т. е. с запада на восток или наоборот, и это положение сохранялось описанным выше способом, пока электромагнитный нумератор не насчитает определенного числа импульсов, после чего телескоп опять поворачивался на 180° и т. д. Каждому положению телескопа соответствовала своя звуковая частота, принимаемая на приемном пункте; таким образом, на приемном пункте фиксировалось время пребывания телескопа в западном и восточном направлениях. Кроме этого, имелась возможность определять, правильно ли ра-

ботает в поле автомата, обеспечивающая определенное направление телескопа.

Измерение азимутальной асимметрии производилось нами с борта теплохода на геомагнитной широте 6—10° южной широты. Было выпущено 5 приборов, причем 3 из них измеряли асимметрию общей интенсивности, а 2 прибора с 8 см свинца между счетчиками телескопа измеряли асимметрию жесткой компоненты. Во время полетов приборы работали вполне нормально, и результаты, полученные в разных полетах, хорошо согласуются между собой.

На рис. 2 приведены кривые общей интенсивности космических лучей в западном и восточном направлениях. Точки на кривых — результат усреднения по трем полетам.

На этом же рисунке приведены кривые интенсивности жесткой компоненты в западном и восточном направлениях. Точки — результат усреднения по двум полетам. По оси абсцисс отложено количество веществ от границы атмосферы в г/см² в заданном направлении. Из приведенных кривых видно, что $\gamma = 2 \frac{N_{\text{зап}} - N_{\text{вост}}}{N_{\text{зап}} + N_{\text{вост}}}$ —

коэффициент, характеризующий азимутальную асимметрию общей интенсивности, на больших высотах достигает 45—50%. Азимутальная асимметрия жесткой компоненты достигает на больших высотах 70%. Из этих измерений следует вывод о том, что первичное космическое излучение состоит из положительно заряженных частиц. Кроме того, большая асимметрия общей интенсивности указывает на сравнительно небольшую потерю направления вторичными частицами. Отсутствие антипротонов в составе первичного излучения особенно отчетливо видно из большой асимметрии жесткой компоненты.

Как было указано выше, этими же приборами одновременно измерялся высотный ход ливней, вызванных частицами жесткой компоненты. Полученные результаты указывают на существенное различие в высотном ходе ливней в районе геомагнитного экватора и на широте 50°N.

Таким образом, нашими опытами установлена большая восточно-западная асимметрия в стратосфере, доказывающая положительный знак заряда первичных частиц.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
и Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
1.VIII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹Т. Н. Johnson, Phys. Rev., 43, 834 (1933); В. Rossi, Phys. Rev., 45, 212 (1934); S. A. Korff, Phys. Rev., 44, 515 (1933). ²Т. Johnson and J. Barry, Phys. Rev., 56, 219 (1939). ³С. Н. Вернов и А. М. Куликов, ДАН, 61, № 6 (1948). ⁴С. И. Бриккер, С. Н. Вернов, И. М. Евреинова, С. П. Соколов и Т. Н. Чарахчьян, ДАН, 57, № 2 (1947).

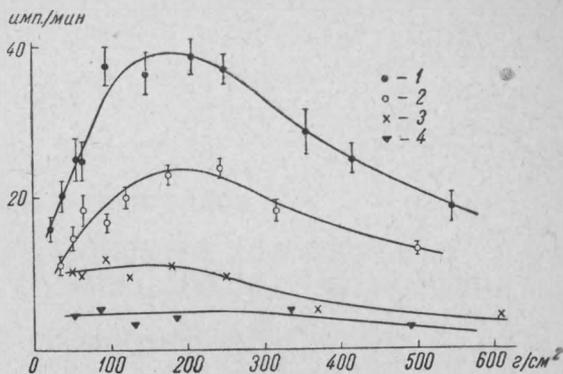


Рис. 2. Общая интенсивность: 1 — в западном направлении, 2 — в восточном направлении; жесткая компонента: 3 — в западном направлении, 4 — в восточном направлении