

В. ВЕКСЛЕР и Н. ДОБРОТИН

**ТЯЖЕЛЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ В СОСТАВЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 8 V 1938)

Свойства проникающей компоненты космического излучения заставили ряд авторов<sup>(1)</sup> предположить, что она состоит из частиц с сравнительно большой массой. Изучение природы этих частиц и механизма их возникновения приобрело за последнее время особый интерес.

Для исследования этого вопроса необходимо производить измерения не только числа и поглощаемости этих частиц, но и знать создаваемую ими ионизацию, поэтому для этой цели весьма удобны так называемые «пропорциональные счетчики»<sup>(2)</sup>.

Первые опыты, сделанные с такими счетчиками летом 1937 г. на Эльбрусе В. Векслером и Б. Исаевым, установили наличие сильно поглощаемых частиц в космических лучах<sup>(3)</sup>. Но эти опыты еще не дали достаточного материала для заключения о природе сильно поглощаемых частиц. Настоящая работа является продолжением опытов В. Векслера и Б. Исаева на уровне моря с той же установкой.

1. Описание установки

Основную часть установки представляли две группы из пяти параллельно соединенных и расположенных рядом «пропорциональных счетчиков». Цилиндрические катоды счетчиков были сделаны из металлической сетки. Каждая группа счетчиков была помещена в заземленную металлическую коробку с прорезами в дне и крышке, закрытыми фольгой. Коробки располагались одна над другой. Счетчики находились при атмосферном давлении. Воздушный эквивалент фольги и зазора между группами счетчиков был приблизительно 11 см. Аноды счетчиков каждой группы соединялись параллельно и были включены в ветви усилителя Джонсона с предварительным усилением. Вся установка вместе с батареей высокого напряжения была помещена в экранированную комнату. Чувствительность установки могла регулироваться напряжением на счетчиках или изменением коэффициента усиления радиосхемы. Чувствительность радиосхемы измерялась при отсутствии газового усиления с помощью  $\alpha$ -частиц. Коэффициент газового усиления в счетчиках также измерялся с помощью  $\alpha$ -частиц (путем компенсирования газового усиления уменьшением в известное число раз усиления радиосхемы). Кроме того газовое усиление измерялось также непосредственным измерением величины отброса нити электрметра от  $\alpha$ -частиц. Для контроля нижний предел газового

усиления определялся по отношению газоусиленного тока к току насыщения, создаваемому в счетчиках  $\gamma$ -лучами Ra. Результаты этих измерений привели практически к одним и тем же значениям коэффициента газового усиления; он оказался равным 200—500. Радиотехническое усиление было таким, что при максимальной рабочей чувствительности нумератор, включенный в цепь усилителя, срабатывал при образовании в счетчиках  $\geq 300$ —600 пар ионов (т. е. при одновременном попадании не менее 3—6 электронов).

С помощью описанной установки было обнаружено, что на уровне моря, как и на Эльбрусе, число совпадений в счетчиках заметно уменьшается при вставлении между ними тонкой прокладки. Для проверки того, что наблюдавшиеся совпадения связаны с космическими лучами, были повторены проделанные на Эльбрусе контрольные опыты. Было проверено, что даже очень сильные импульсы в одной цепи не вызывают срабатывания нумератора в схеме совпадений. Кроме того уменьшения напряжения в одной группе счетчиков на 200 V было достаточно для полного уничтожения всяких совпадений. Это показывает, что срабатывание нумератора вызывалось появлением разрядов в счетчиках, а не какими бы то ни было другими причинами.

Для доказательства того, что совпадения, устраняемые прокладкой, не могут вызываться группами медленных электронов от радиоактивных загрязнений, были поставлены опыты с облучением счетчиков Ra. Чувствительность установки в этих опытах была несколько больше максимальной рабочей чувствительности. Интенсивность  $\gamma$ -лучей от Ra в несколько раз превосходила интенсивность  $\gamma$ -лучей от радиоактивного фона в лаборатории. Опыты показали, что хотя число импульсов в каждой группе счетчиков при облучении радием возросло в 1.5 раза, а общее число совпадений в 1.2 раза, число совпадений, устраняемых прокладкой, осталось практически неизменным.

Если считать, что увеличение полного числа совпадений обусловливается лишь случайным совпадением разрядов в обеих группах счетчиков, то отсюда для разрешающей способности  $\tau$  получается значение  $3.3 \cdot 10^{-4}$  сек. Непосредственное измерение  $\tau$  путем определения числа случайных совпадений (обе группы счетчиков раздвинуты в горизонтальной плоскости) дало для  $\tau$  значение  $\sim 4 \cdot 10^{-4}$  сек., т. е. практически то же, что и в опытах с Ra.

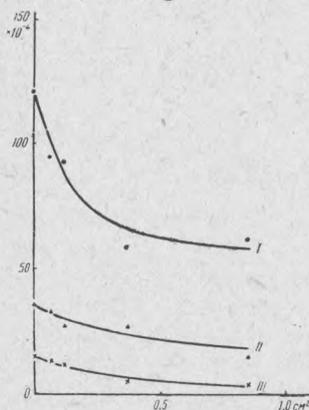
Таким образом из контрольных опытов следует, что совпадения, устраняемые прокладкой, действительно обусловлены космическим излучением.

## II. Результаты измерений

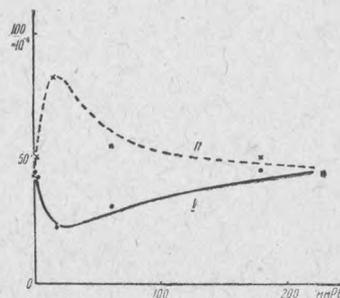
С описанной установкой была исследована зависимость числа совпадений от толщины прокладки, помещенной между верхней и нижней группой счетчиков. Измерения производились при 3 различных чувствительностях. Результаты их представлены на фиг. 1. По оси ординат отложено число совпадений в 1 мин., отнесенное к  $1 \text{ см}^2$  площади, занимаемой одной группой счетчиков; по оси абсцисс — толщина прокладки. При получении кривой I установка регистрировала совпадения при попадании в каждую группу счетчиков  $> 300$ —600 пар ионов; кривая II — при  $> 400$ —800 пар ионов; кривая III — при  $> 700$ —1400 пар ионов.

Как видно из фиг. 1, большое число частиц (или групп частиц) имеет пробег порядка десятка долей  $\text{г}/\text{см}^2$ . Из сопоставления кривых I и III следует, что значительное число таких частиц создает в группах счетчиков больше 400, но меньше 1000 пар ионов. Приведенные на фиг. 1 данные

представляют среднее из ряда наблюдений\*. Точки, соответствующие одной и той же толщине прокладки, для всех трех кривых получались путем изменения радиотехнического усиления и снимались последовательно для всех трех кривых. Полученные в разные дни и в разном порядке кривые хорошо воспроизводились. Всего для кривой I сосчитано 655 совпадений, для кривой II—349 и для кривой III—167.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

В дальнейшем была исследована зависимость числа частиц, поглощаемых прокладкой ( $0.53 \text{ г/см}^2$ ), от толщины свинца, находившегося над счетчиками (кривая I, фиг. 2). Кривая II дает ту же зависимость для совпадений, не устранимых прокладкой.

Как и следовало ожидать, эта кривая представляет собой хорошо известную кривую Росси для обычных ливней. В этих опытах полное число совпадений без прокладки было 2222, с прокладкой—1464. Результаты, полученные в разные дни, воспроизводились достаточно хорошо.

Из фиг. 1 и 2 следует, что полученные данные качественно согласуются с предварительными наблюдениями, проведенными на Эльбрусе.

### III. Обсуждение результатов

Сопоставление кривых I и II фиг. 2 несомненно доказывает, что совпадения, устранимые прокладкой, не могут вызываться медленными электронами, связанными с обычными, ливнями<sup>(3)</sup>. Совпадения, устранимые прокладкой, нельзя объяснить также случайным появлением нескольких  $\delta$ -частиц, образуемых частицами с большой энергией. Можно показать, что среднее число вторичных электронов с энергией в несколько сот киловольт, сопровождающих одну первичную частицу, будет порядка 0.1. Поэтому вероятность случайного появления группы из нескольких таких частиц будет чрезвычайно быстро падать с увеличением числа частиц в группе. Таким образом в этом случае число совпадений, устранимых прокладкой, должно было бы зависеть от чувствительности установки несравненно сильнее, чем это наблюдается в действительности. Кроме того число  $\delta$ -частиц, а следовательно и совпадений, устранимых прокладкой, должно было бы сильно возрастать при помещении плотного вещества непосредственно над счетчиками. Опыты со свинцом и качественные наблюдения с текстолитом ( $0.7 \text{ г/см}^2$ ) показали, что и этот вывод резко противоречит эксперименту.

\* Кривые построены с учетом поправки на число случайных совпадений, достигшей от  $\pm 15$  до 25% от полного числа совпадений.

Отсюда следует, что совпадения, устраняемые прокладкой, нельзя приписать действию медленных электронов, возникающих при известных процессах взаимодействия космического излучения с веществом. Трудно предполагать также, что здесь мы имеем дело с какими-то совершенно особыми ливнями\*.

Поэтому совпадения, устраняемые прокладкой, нужно приписать действию сильно ионизирующих тяжелых частиц. Массу этих частиц можно оценить из сопоставления их пробега и создаваемой ими ионизации. Известно, что ионизация определяется скоростью частицы и не зависит от ее массы. Это обстоятельство дает возможность оценить скорость частицы по числу пар ионов, создаваемых ею в счетчиках. Затем по пробегу и скорости частицы можно приближенно определить ее массу. Произведенные таким путем оценки дают для массы наблюдаемых частиц значение, в 50—300 раз превышающее массу электрона. Это показывает, что эти частицы являются не протонами, а «тяжелыми электронами», обнаруженными в составе космических лучей в ряде работ последнего времени.

То обстоятельство, что число «тяжелых электронов» не уменьшается (а даже растет) при помещении над счетчиками больших толщин свинца, показывает, что эти частицы каким-то образом связаны с проникающей компонентой космического излучения. Однако это не могут быть концы пробегов «тяжелых электронов», образующих по последним данным самое проникающую компоненту. Это следует из того, что в этом случае коэффициент поглощения проникающей компоненты, который легко определить по данным фиг. 1, был бы примерно в 10 раз больше того, что дают непосредственные измерения. Поэтому нужно заключить, что изучаемые «тяжелые электроны» являются вторичными (или третичными и т. п.) частицами, образуемыми проникающей компонентой космического излучения при каком-то взаимодействии ее с веществом.

Физический институт им. П. Н. Лебедева.  
Академия Наук СССР.  
Москва.

Поступило  
9 V 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> P. Auger, Nature, **135**, 820 (1935); W. Swann, Phys. Rev., **48**, 641 (1935).  
<sup>2</sup> Handb. d. Phys., XXII/II, 462; В. Векслер и Б. Исаев, ЖЭТФ, **5**, 970 (1936).  
<sup>3</sup> В. Векслер и Б. Исаев, ДАН, XVII, № 4 (1937).

\* Окончательно этот вопрос должен быть решен подготовляемыми в настоящее время опытами с камерой Вильсона, управляемой пропорциональными счетчиками.