

## Работа 5.18

### Изучение углового распределения космических лучей

**Оборудование:** телескопический счетчик для регистрации совпадений, секундомер, декатронный счетчик импульсов.

#### Введение

*Первичное космическое излучение* (за земной атмосферой) состоит в основном из протонов большой энергии. В его состав входят также  $\alpha$  -частицы и в незначительном количестве ядра более тяжелых элементов.

На поверхности Земли на уровне моря в составе космических лучей есть группы частиц, которые сильно отличаются по своим свойствам. Первая группа, которая состоит в основном из протонов и мезонов, отличается большой проникающей способностью и получила название *жесткой компоненты*. Другая группа (*мягкая компонента*) состоит из электронов, позитронов и фотонов. Она отличается малой проникающей способностью (поглощается тонким слоем свинца толщиной 10 см).

Наличие двух компонент космического излучения на уровне моря обусловлено процессами, происходящими при прохождении через атмосферу первичного космического излучения.

Первичные частицы при столкновении с атомными ядрами в атмосфере вызывают различные ядерные превращения. Например, при столкновении протонов первичного космического излучения с нуклонами ядер образуются  $\pi$  - мезоны большой энергии. Нейтральные  $\pi$  - мезоны мгновенно распадаются на два  $\gamma$  -кванта, которые дают начало *электронно-фотонным ливням*, а заряженные  $\pi$  - мезоны распадаются на  $\mu$  - мезон и нейтрино.

$\mu$  - мезоны не являются ядерно-активными частицами, это значит не взаимодействуют с ядрами и поэтому владеют большой проникающей способностью. Они составляют основную часть жесткой компоненты.

В состав жесткой компоненты входят также первичные протоны, доходящие до земли, и протоны и нейтроны, образующиеся при столкновении первичных протонов с ядрами. Электроны высокой энергии, возникающие при распаде нейтральных  $\mu$  - мезонов, и  $\gamma$  -кванты, возникающие при распаде нейтральных  $\pi$  - мезонов, дают начало мягкой компоненте космического излучения.

Интенсивность космического излучения, регистрируемая возле поверхности Земли, зависит от направления и увеличивается при переходе от горизонтального направления к вертикальному. Качественно такая зависимость представляется

совсем натуральной, т. к. для частиц, двигающихся вертикально, толщина слоя атмосферы, которую они проходят, минимальна.

Количественно эта зависимость на уровне моря и на небольших возвышенностях может быть выражена эмпирической формулой:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (1)$$

где  $I_0$  и  $I$  — интенсивности космического излучения в вертикальном направлении и под углом  $\varphi$  к вертикали.

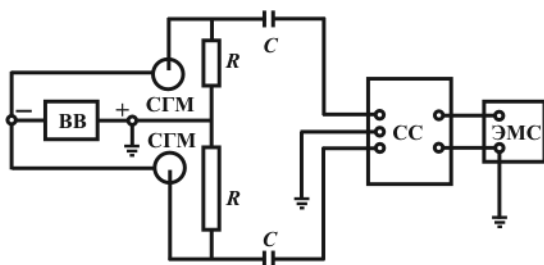


Рис. 5.45

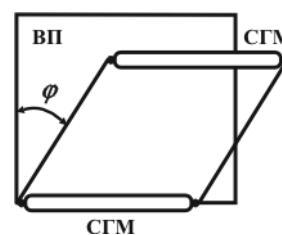


Рис. 5.46

**Описание установки.** В данной работе угловое распределение интенсивности космического излучения исследуется с помощью «телескопа», состоящего из двух счетчиков Гейгера — Мюллера, размещенных в одной плоскости и включенных в схему совпадений. Блок-схема экспериментальной установки изображена на рис. 5.45, где СГМ — счетчики Гейгера — Мюллера, СС — схема совпадений, ВВ — высоковольтный выпрямитель, ЭМС — электромеханический счетчик (или декадронный счетчик импульсов). Напряжение на счетчик Гейгера — Мюллера подается от высоковольтного выпрямителя. Электрические импульсы на выходе схемы совпадений подсчитываются счетчиком. Особенностью схемы совпадений является то, что на выходе возникает импульс только тогда, когда на ее вход одновременно поступают импульсы от обоих счетчиков. Это дает возможность при помощи «телескопа» измерять интенсивность излучения в направлении угла  $\varphi$ , который образует плоскость, проходящую через два счетчика Гейгера — Мюллера (СГМ), с вертикальной плоскостью (ВП) (рис. 5.46).

### Порядок выполнения работы

1. Включите установку и дайте ей возможность прогреться на протяжении 15 минут.
2. Проверьте работоспособность «телескопа» измерением скорости счета в первом и втором каналах. Скорость счета в обоих каналах должна быть в пределах 150 — 200 имп/мин.
3. Измерьте число двойных совпадений при вертикальном положении «телескопа». Время измерения выбирайте так, чтобы относительная статистическая точность была не менее 10 %.

4. Изменяя положение «телескопа», выполните измерение чисел двойных совпадений для 5 — 6 значений угла  $\varphi$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  ( $I_1$ ) и в обратном направлении ( $I_2$ ). Совпадение и несовпадение результатов измерений позволит говорить о стабильности работы схемы, а их средние значения ( $\bar{I}$ ) позволят не учитывать зависимость показаний от времени.

5. Постройте график зависимости  $I = f(\varphi)$  интенсивности космического излучения от угла с вертикалью, откладывая по оси ординат число двойных совпадений с учетом фона, а по оси абсцисс величину угла  $\varphi$ . В соответствии с формулой (1) при  $\varphi = 90^\circ$  интенсивность  $I = 0$ , поэтому число импульсов, получаемое при угле  $\varphi = 90^\circ$ , будет фоном установки и его необходимо учитывать при иных измерениях ( $I = \bar{I} - I_{90}$ ).

6. Постройте график в координатах  $I = f(\cos^2 \varphi)$  и проверьте выполнение закона (1). В этих координатах график имеет вид прямой линии. При этом нужно иметь в виду, что проверить выполнение формулы (1) легче, если на графике значения  $\cos^2 \varphi$  будут размещены более-менее равномерно. Это условие можно выполнить, если провести измерения при углах, равных  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $0^\circ$ . Тогда соответствующие значения  $\cos^2 \varphi$  будут 0; 0,25; 0,5; 0,75 и 1. Время счета необходимо выбирать таким образом, чтобы все измерения были выполнены с одинаковой статистической точностью.

7. Результаты измерений запишите в таблицу:

№ п/п	$N_1$ , имп/мин	$N_2$ , имп/мин	$\varphi^\circ$	$\cos^2 \varphi$	$I_1$	$I_2$	$\bar{I}$	$I$
-------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	-------	-------	-----------	-----



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие частицы составляют первичное космическое излучение?
2. Какие частицы входят в жесткую компоненту?
3. Чем определяется жесткость компоненты космического излучения?
4. Как изменяется состав космических лучей при прохождении их через атмосферу?
5. Какие частицы регистрирует космический «телескоп»?
6. Замечается ли угловая зависимость космического излучения при измерении за атмосферой?
7. Почему при изучении углового распределения космического излучения используют установку со счетчиками, включенными в схему совпадений?
8. Какие мезоны распадаются на два гамма-кванта?

9. На какие частицы распадаются заряженные пи-мезоны?

10. Запишите закон изменения интенсивности космического излучения от угла относительно вертикального направления.