

Измерение углового распределения жесткой компоненты космического излучения

Шмаков Владимир Б04-105

Цель работы

- Измерить угловое распределение жесткой компоненты космического излучения
- Оценить время жизни мюона

Теоретические сведения

Космические лучи — это стабильные частицы и ядра атомов, зародившиеся и ускоренные до больших энергий вне Земли, изотропно падающие на границу земной атмосферы (*первичное космическое излучение*), а также различные частицы, рожденные ими при взаимодействии с ядрами атомов воздуха (*вторичное космическое излучение*).

Распад мюона происходит со временем жизни $\tau_0 = 2 \cdot 10^{-6}$ по каналам: $\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$, $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$.

Исследования показывают, что интенсивность распределения космических лучей зависит от направления. При этом по вертикали мюоны проходят порядка $L_0 = 15\text{км}$. Тогда:

$$\Delta L = L_0 \left(\frac{1}{\cos(\theta)} - 1 \right) \quad (1)$$

Число дошедших Мюонов уменьшается по закону:

$$P_1(\theta) \propto \cos^{1.6}(\theta) \quad (2)$$

Отношение числа мюонов падающих под углом θ к числу вертикально падающих мюонов выражается соотношением:

$$\frac{N(\theta)}{N(0)} = \cos^{1.6}(\theta) \frac{\exp(-L(\theta)/L)}{\exp(-L(0)/L)} \quad (3)$$

Учитывая связь между $L(\theta)$ и $L(0)$ - $L(\theta) = L_0 / \cos(\theta)$ получаем оценку на время жизни мюона:

$$\tau_0 = \frac{L_0(\cos(\theta) - 1)E_n}{\cos(\theta)\beta c E \left(\ln \frac{N(\theta)}{N(0)} - 1.6 \ln \cos(\theta) \right)} \quad (4)$$

Методика

Схема экспериментальной установки изображена на рисунке 1.

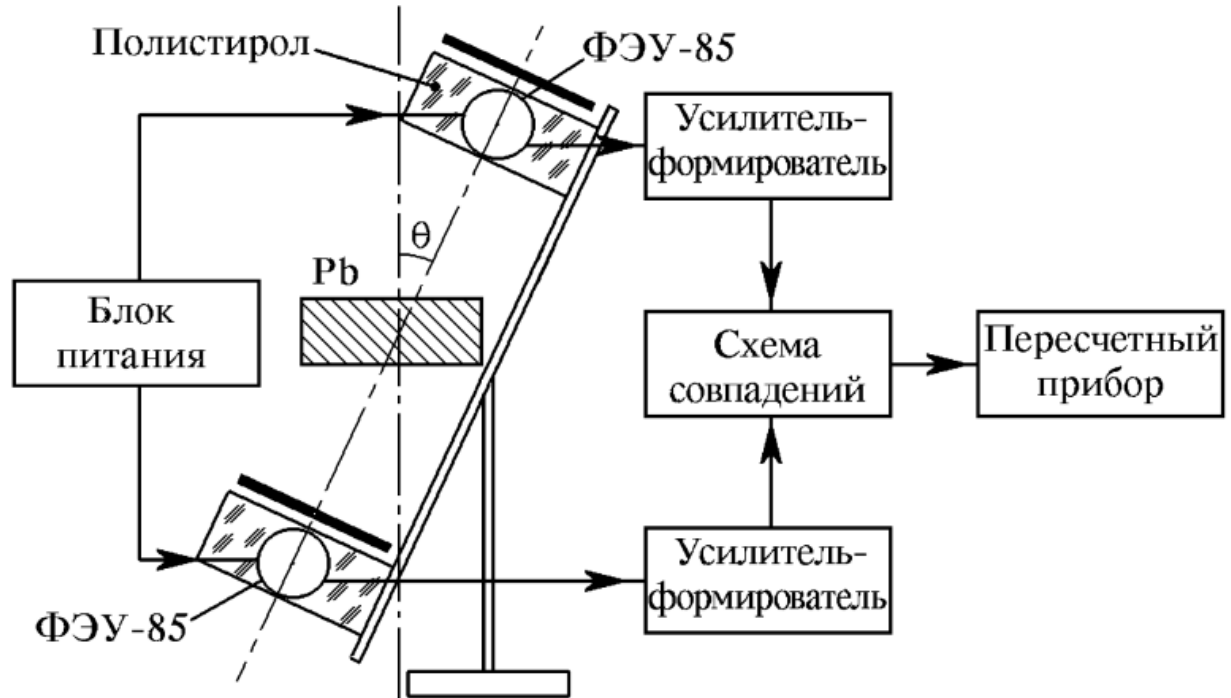


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

Мюоны регистрируются методом случайных совпадений. Через верхний и регистратор проходят как мюоны летящие под углом θ , так и вертикально летящие мюоны. Если импульс подал лишь один регистратор, значит он был вызван вертикально летящим мюоном. В противном случае, если сработали оба регистратора, был зафиксирован мюон летящий под углом θ .

Обработка экспериментальных данных

Определение толщины свинцового фильтра

Согласно методике эксперимента, изначально требуется определить толщину свинцового фильтра, которая необходима для отсеечения мягкой компоненты космического излучения.

Результат эксперимента по определению толщины свинцового фильтра изображен на рисунке 2:

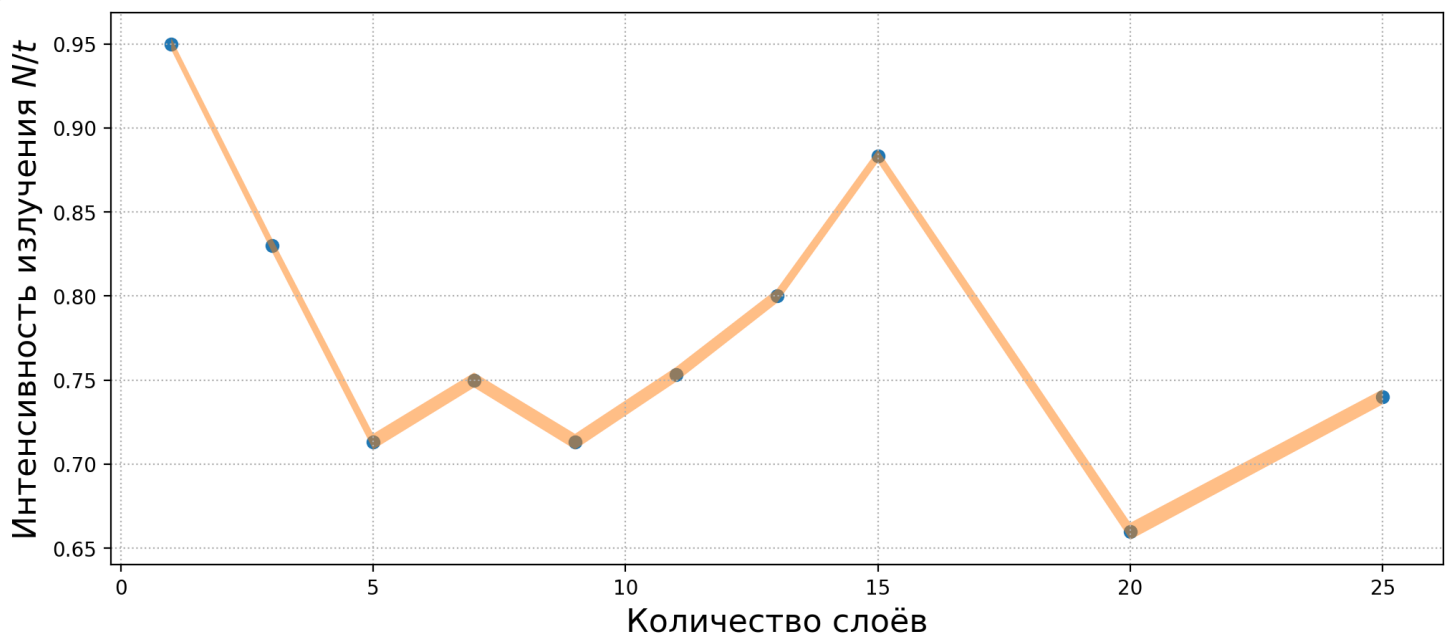


Рисунок 2. Подбор толщины фильтра

Согласно методике зависимость должна представляться в виде экспоненциальных и линейных частей. Однако как видно на рисунке 2, зависимость имеет скорее периодический характер.

По полученным данным не удаётся определить толщину. Либо повлияло использование не той установки, либо диапазон данных оказался слишком мал (эксперимент был прерван).

Угловое распределение жесткой компоненты космического излучения

Согласно методике эксперимента для изучения углового распределения требуется отсечь мягкую компоненту космического излучения при помощи свинцового фильтра.

Впоследствии оказалось, что работа состоит из двух отдельных установок. Первая имеет отсек для фильтра, но не поворачивается. Вторая поворачивается, но фильтр на неё закрепить невозможно. Поэтому будем работать как с жестким, так и с мягким излучением.

Методом наименьших квадратов, приблизим экспериментальные данные косинусом степени n , амплитудой A . Результат приближения изображен на рисунке 3:

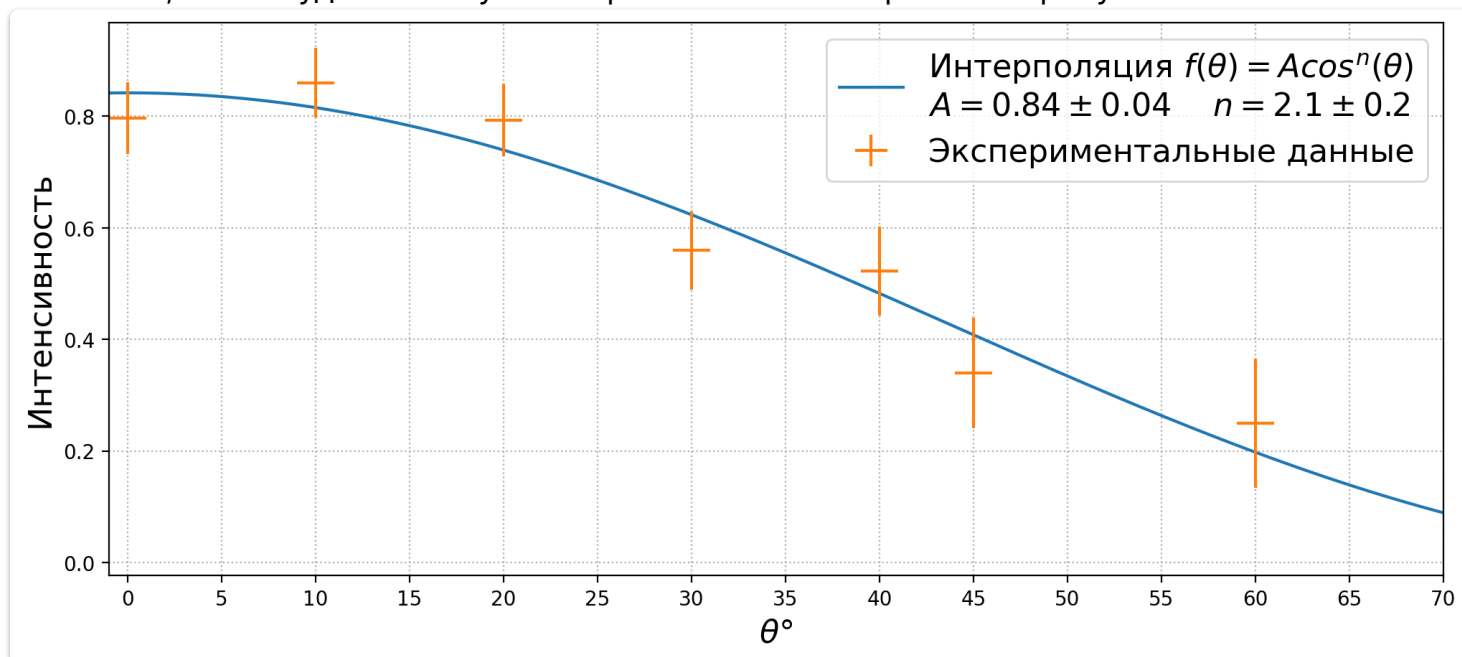


Рисунок 3. Интерполяция экспериментальных данных

Полученное значение $n = 2.1 \pm 0.2$ отличается от теоретического 1.6 на 15%. Такое различие может быть связано с тем, что приведенная выше теория верна лишь для жесткой компоненты.

Формула 4 позволяет оценить время жизни мюона. При этом получаемое значение сильно зависит от угла. Зависимости τ_0 от угла представлены на рисунке 4. Для расчета зависимости использовались разные значения n .

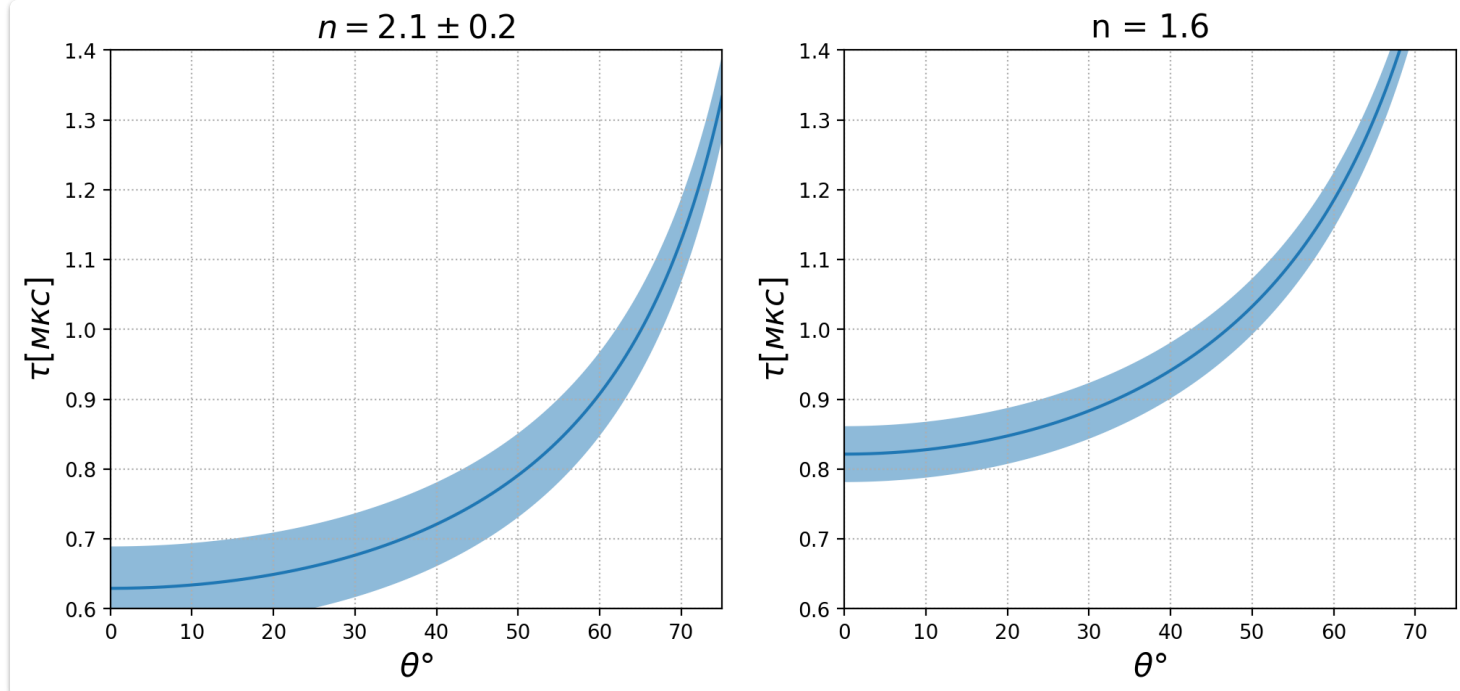


Рисунок 4. Зависимость времени жизни частицы от угла.

В идеале рисунок должен представлять собой прямую, параллельную оси y . В методике предлагается оценивать время жизни взяв постоянный угол $\theta_0 = 60^\circ$. Так получим $\tau_{01} = 1.2 \pm 0.05 \text{ мкс}$ при использовании теоретического значения n_0 . При использовании экспериментально найденного значения n_0 получим $0.9 \pm 0.07 \text{ мкс}$.

Вывод

В ходе лабораторной работы удалось исследовать угловое распределение космического излучения. Для исследования углового распределения жесткой компоненты следует модифицировать установку.

Экспериментальные данные полученные при исследовании углового распределения интерполируются теоретической формулой. При этом кресты погрешностей экспериментальных точек <<падают>> в найденную кривую.

Большое отклонение - 15% - при нахождении n может быть связано с отсутствием фильтра(регистрацией <<лишних>> частиц).

Полученное в ходе эксперимента время жизни мюона по порядку совпадает с табличным значением.