

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ
ПОТОКОВ ЯДЕР КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

С. С. Коняхина

УДК 523.165

Проведены расчеты поправок к потокам ядер, регистрируемых черенковско-сцинтилляционным телескопом. Поправки обусловлены увеличением эффективного телесного угла телескопа вследствие прохождения через него дельта-электронов, образующихся в детекторе ядрами, проходящими вне телесного угла телескопа. Для многозарядных ядер эти поправки существенны.

В настоящей заметке рассматриваются эффекты, искажающие результаты измерений потока ядер при помощи телескопических устройств. В ряде работ для регистрации ядер использовались различного рода телескопы, представляющие собой два или три детектора, включенных на совпадения. Преимуществом их является возможность регистрировать ядра с небольшим разбросом пробегов в детекторе, в качестве которого обычно используется черенковский счетчик. При малом разбросе пробегов ядер в черенковском счетчике амплитуда светового выхода в счетчике пропорциональна заряду ядра, что позволяет измерять заряд отдельных ядер или регистрировать число ядер с зарядом выше заданного с помощью пороговых устройств. Выделение ядер определенного направления, с мало отличающимися пробегами в детекторе, достигается включением импульсов от черенковского счетчика на совпадение с импульсами от других счетчиков (например, сцинтилляторов), образующих телескоп. Импульс в этих управляющих счетчиках не анализируется, и для их срабатывания достаточно прохождения однозарядной частицы.

Телескоп должен регистрировать только те ядра, которые проходят в телескоп в телесном угле им выделяемом, т.е. сравнительно небольшую долю изотропного потока. Однако, как будет показано ниже, он может регистрировать также ядра, проходящие через черенковский счетчик, но вне телесного угла телескопа, вслед-

ствие попадания в спинтллятор δ -электронов, образованных в черенковском детекторе. Это дает существенный присчет ядер и искажает измеряемую величину потока. Пробеги ядер в черенковском детекторе при этом обладают значительным разбросом, и выделение ядер с определенным зарядом становится невозможным. Из-за присчета ядер, проходящих вне телесного угла телескопа, результаты, получаемые даже для групп ядер, оказываются искаженными. Этот эффект присчета должен исчезнуть, если второй детектор телескопа также используется как измерительный. Однако, в ряде работ измерение заряда ядра во втором детекторе не осуществлялось, и он срабатывал от прохождения однозарядной частицы.

В интегральном счетчике, измеряющем всенаправленный поток, указанный присчет отсутствует, но пробеги ядер имеют значительный разброс, и при помощи таких счетчиков можно регистрировать только группы ядер без детального анализа по зарядам. Интегральные счетчики использовались, в частности, в работах /1,2/. Применение "защитных" счетчиков, расположенных вне телесного угла телескопа, позволяет в значительной мере исключить указанный выше присчет. Такие телескопы были использованы в работе /3/.

Проведем оценку присчета в черенковско-спинтлляторном телескопе, предполагая, что заряд ядер задается порогом в черенковском счетчике, а спинтлляторный счетчик служит только для определения направления ядра, и для его срабатывания достаточно одной релятивистской частицы. Средний квадрат угла рассеяния в слое dx (г/см^2) равен

$$\overline{d\theta^2} = \left(\frac{21}{\rho\beta} \right)^2 \frac{dx}{x_0} \quad (1)$$

где $x_0 \approx 45 \text{ г/см}^2$ - радиационная единица для углерода, ρ - импульс электрона в Мэв/с. Для электрона, проходящего путь l (г/см^2)

$$\theta = \sqrt{\overline{\theta^2}} = \sqrt{\frac{9,8l}{E_2(2l + E_2)}}, \quad (2)$$

где E_2 - энергия электрона в точке выхода из детектора.

Для дальнейшей оценки примем, что δ -электроны распределены внутри телесного угла Ω_θ , соответствующего углу рассеяния θ . Предполагая далее, что телесный угол телескопа $\Omega \ll \Omega_\theta$,

получим, что число ξ -электронов, попадающих в сантиметр, пропорционально Ω/Ω_0 .

Для истинного потока J и измеренной его величины $J_{\text{изм}}$ получим соотношение

$$J = \frac{J_{\text{изм}}}{1 + N_0(\Omega_0 - \Omega)/\Omega} \quad (3)$$

Число δ -электронов

$$dN_0 = \frac{0,15}{\beta^2} \frac{Z}{A} z^2 \frac{dx}{E}, \quad (4)$$

где Z и A - атомный номер и атомный вес вещества детектора, z - заряд ядра.

Для релятивистских ядер $\beta \approx 1$. Считая $A/Z = 2$, для длины пути L ядра в детекторе найдем

$$N_0 = 3,75 \cdot 10^{-2} z^2 \ln \frac{2L + E_2}{E_2}. \quad (5)$$

Из (2), (3) и (5) найдем

$$J = \frac{J_{\text{изм}}}{1 + \frac{2\pi \left(1 - \cos \sqrt{\frac{9,8l}{E_2(2l + E_2)}}\right) - \Omega}{2\pi \left(1 - \cos \sqrt{\frac{9,8l}{E_2(2l + E_2)}}\right)} \cdot 3,75 \cdot 10^{-2} z^2 \ln \frac{2L + E_2}{E_2}} \quad (6)$$

Если, например, $l \approx 1,5$ г/см², $L \approx 5$ г/см², $E_2 = 2$ Мэв, то

$$J = \frac{J_{\text{изм}}}{1 + 4,4 \cdot 10^{-2} z^2}. \quad (7)$$

Соотношение (7) дает для протонов

$$J_p = 0,96 J_p^{\text{изм}}, \quad (7a)$$

для α -частиц

$$J_\alpha = 0,85 J_\alpha^{\text{изм}}, \quad (7b)$$

а для ядер средней группы (порог, соответствующий $z \geq 5$; эффективное значение z примем равным 6)

$$j_{z>5} = 0,40j_{z>5}^{\text{ИЗМ}} \quad (7в)$$

Необходимо отметить, что приведенный расчет имеет только оценочный характер, так как был сделан ряд упрощающих предположений: использовалось приближенное значение телесного угла Ω , в качестве средних значения путей ядер и δ -электронов в детекторе использовались их средние арифметические значения, полученные из геометрических соображений; было сделано также предположение об изотропном распределении δ -электронов в телесном угле Ω_{θ} при оценке вероятности регистрации δ -электрона сцинтиллятором.

Из (7в) видно, что для ядер средней группы причесчет из-за рассеянных δ -электронов может быть существенным для телескопических устройств рассмотренного типа.

Поступила в редакцию
16 февраля 1974 г.

Л и т е р а т у р а

1. Л. В. Курносова, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов и др. Сб. ИСЗ, вып. 5, 1960 г., изд-во АН СССР.
2. Л. В. Курносова, С. С. Коняхина, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов, М. И. Фрадкин. Известия АН СССР, серия физическая, 34, 2265 (1970).
3. Л. В. Курносова, В. И. Логачев и др. Сб. ИСЗ, вып. 12, 1962 г., изд-во АН СССР.