

## РАЗДЕЛЕНИЕ АДРОНОВ В МНОГОСЛОЙНОМ ГАЗОВОМ ДЕТЕКТОРЕ

В. М. Гришин, В. К. Ермилова

Обсуждается возможность идентификации адронов в многослойном газовом ксенонном детекторе по релятивистскому возрастанию пороговой эффективности. Рассчитаны зависимости коэффициентов сепарации пионов, каонов и протонов в интервале импульсов  $2 - 200$  ГэВ/с с различными значениями пороговой энергии для слоев ксенона толщиной  $0,2 - 2$  см ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1$  атм).

Многослойные газовые пропорциональные детекторы находят широкое применение в экспериментах по физике высоких энергий для идентификации релятивистских заряженных частиц по измерению вероятных ионизационных потерь энергии  $/I/$ . Традиционные методы обработки амплитудных спектров в таких детекторах (методы максимума правдоподобия, среднего арифметического и др.) при большом числе каналов (слоев) встречаются с рядом методических трудностей и требуют сравнительно большого времени. В  $/2, 3/$  предложены новые подходы, основанные на использовании тонких низкоэффективных пропорциональных камер и на измерении "пороговой эффективности"  $\theta(\Delta_t)$  — относительного числа слоев  $N$ -слойного газового детектора ( $N \sim 10^2 - 10^3$ ), в которых ионизационные потери энергии частицы  $\Delta$  превышают пороговое значение  $\Delta_t$ . В настоящей работе более подробно рассмотрен метод сепарации  $\pi$ -, и  $K$ -мезонов и протонов по измерению пороговой эффективности в интервале импульсов  $P = 2 - 200$  ГэВ/с.

При прохождении релятивистской заряженной частицы через слой газа толщиной  $l$  ее ионизационные потери энергии испытывают значительные флуктуации, характеризующиеся распределением  $\varphi(l, \Delta, \gamma)$  (с нормировкой  $\int \varphi(l, \Delta, \gamma) d\Delta = 1$ ), где  $\gamma$  — лоренц-фактор частицы. Распределения ионизационных потерь энергии для пионов, каонов и протонов с импульсами  $2 - 200$  ГэВ/с в слоях ксенона толщиной  $l = 0,2; 0,5; 1$  и  $2$  см при нормальных условиях ( $1$  атм,  $0^\circ\text{C}$ ) получены моделированием методом Монте-Карло. В ксеноне наблюдается наибольший релятивистский рост ионизационных потерь энергии и пороговой эффективности. Кроме того, в ксеноне эффективно реализуется не только пропорциональный, но и электролюминесцентный режим регистрации  $\Delta$ . Процедура моделирования  $\varphi(l, \Delta, \gamma)$  состояла в розыгрыше числа ионизирующих столкновений в слое  $l$  и величины передаваемой энергии в каждом столкновении. Дифференциальные сечения  $d\sigma/d\omega$  неупругих столкновений быстрых заряженных частиц с атомами рассчитывались в соответствии с моделью ионизационного фотопоглощения  $/4, 5/$ , согласно которой

$$d\sigma/d\omega = - \frac{e^2}{\pi \hbar^2 c^2 n_a} \operatorname{Im} \left[ \left( \frac{1}{\beta^2 \epsilon} - 1 \right) \ln \frac{2mv^2}{\omega(1 - \beta^2 \epsilon)} \right] + \frac{2\pi Z e^4}{mv^2 \omega^2} \int_0^\omega \frac{f(\omega') d\omega'}{|\epsilon(\omega')|^2},$$

где  $\omega$  — энергия, переданная атому;  $e, m$  — заряд и масса электрона;  $Z$  — атомный номер;  $n_a$  — число атомов в  $\text{см}^3$ ;  $c, v$  — соответственно скорости света и частицы ( $\beta = v/c$ );  $\hbar$  — постоянная Планка;  $f(\omega)$  — дипольные силы осцилляторов атомов, полученные из сечений фотопоглощения  $/6/$ . Комплексная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon(\omega)$  определялась из дисперсионного соотношения

$$\epsilon(\omega) = 1 - \omega_p^2 \int_0^\infty \frac{f(\omega') d\omega'}{\omega^2 - \omega'^2 + 2i \eta \omega'^2}, \quad (\eta \approx 0,01),$$

где  $\omega_p^2 = 4\pi e^2 \hbar^2 n/m$  — квадрат плазменной энергии,  $n = Zn_a$  — плотность электронов.

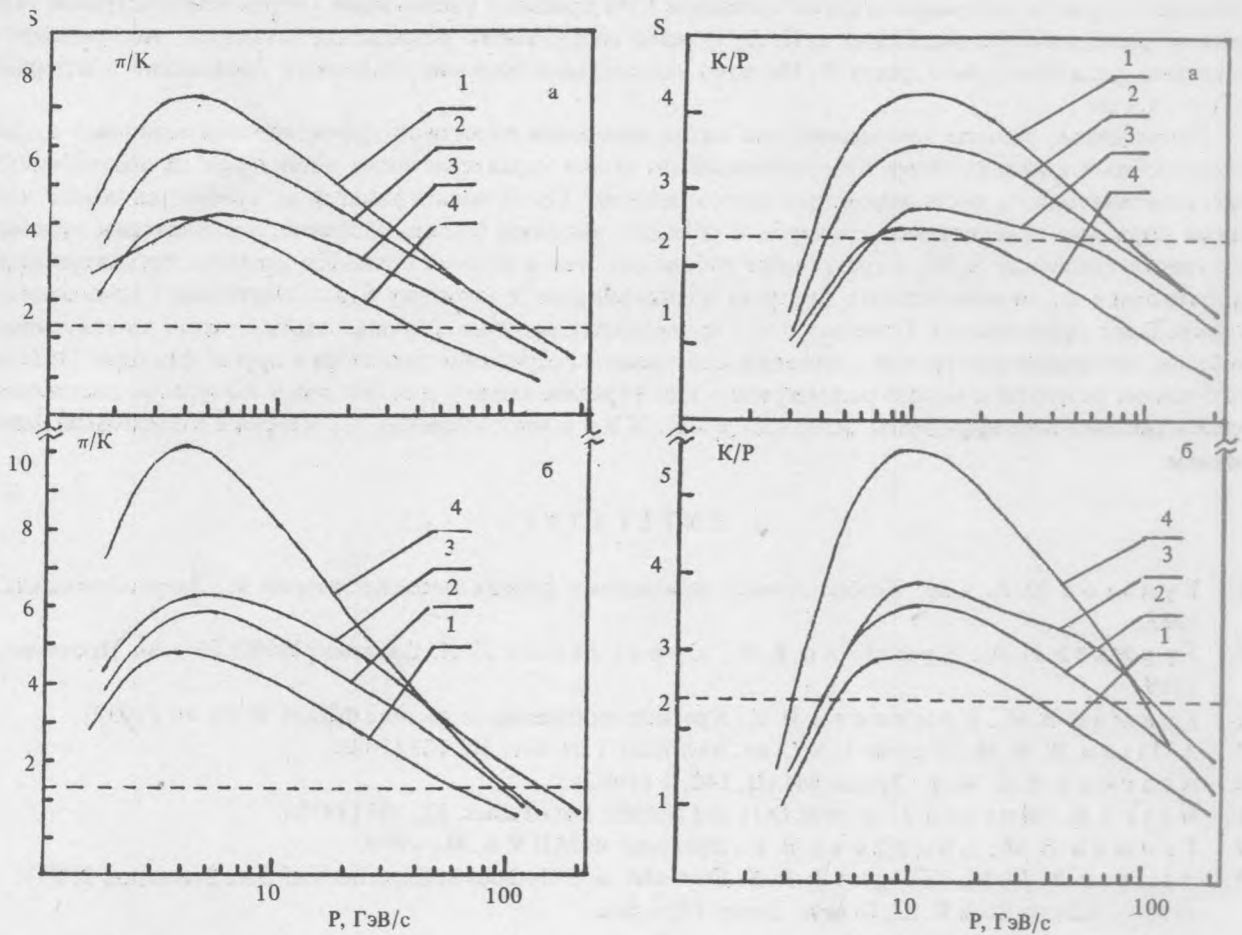


Рис. 1. Зависимость коэффициента сепарации пионов и каонов от импульса при  $N = 500$  (а) и  $L = 500$  см (б). Сплошные кривые: 1 -  $l = 2$  см,  $\Delta_t = 8$  кэВ; 2 -  $l = 1$  см,  $\Delta_t = 4$  кэВ; 3 -  $l = 0,5$  см,  $\Delta_t = 2$  кэВ; 4 -  $l = 0,2$  см,  $\Delta_t = 0,4$  кэВ. Пунктирная прямая:  $S = 2,36$ .

Рис. 2. Зависимость коэффициента сепарации каонов и протонов от импульса при  $N = 500$  (а) и при  $L = 500$  см (б). Обозначения те же, что и на рис. 1.

Пороговая эффективность  $\theta(\Delta_t, \gamma) = \int_{\Delta_t}^{\infty} \varphi(l, \Delta, \gamma) d\Delta$  отвечает вероятности потерь энергии  $\Delta \geq \Delta_t$  при прохождении слоя толщиной  $l$ . В многослойном детекторе экспериментальной оценкой  $\theta$  служит отношение  $N_t/N$  ( $N_t$  - число слоев, где  $\Delta \geq \Delta_t$ ) со среднеквадратичной (биномиальной) ошибкой  $\delta = [\theta(1 - \theta)/N]^{1/2}$ . При  $\gamma \gg 4$  пороговая эффективность растет пропорционально  $\ln \gamma$  и для газа при нормальных условиях выходит на плато в области  $\gamma \gg 10^3 / |Z|$ .

Введем коэффициент сепарации  $S$  двух частиц с массами  $m_1, m_2$  ( $m_1 < m_2$ ) и импульсом  $P/1, 3/$ :

$$S = (\theta_1 - \theta_2) / \bar{\delta}, \quad \bar{\delta} = (\delta_1 + \delta_2) / 2,$$

где индексы 1 и 2 относятся к парам разделяемых частиц, напр.,  $\pi$  и  $K$ ,  $K$  и  $p$ .

На рис. 1 и 2 показаны зависимости коэффициентов сепарации  $\pi$  и  $K$ ,  $K$  и  $p$  от импульсов частиц при  $N = 500$  (а) и  $L = Nl = 500$  см (б) ( $L$  - полная длина детектора). Выбранные значения  $\Delta_t$  отвечали максимальным  $S$  в интервале импульсов 10-20 ГэВ/с. Видно, что при постоянном значении  $N$  коэффициент сепарации и интервал идентификации (область импульсов, где выполняется критерий Рейли  $S \geq 2,36$  /8/) растут с ростом  $l$ . Однако при этом увеличивается общая длина детектора. Напротив, при постоянном

значении  $L$  лучшая сепарация отвечает меньшим  $l$ . На практике уменьшение  $l$  ограничено растущим искажением расчетного распределения  $\varphi(l, \Delta, \gamma)$  из-за собственного разрешения детектора, что приводит к снижению релятивистского роста  $\theta$ . Поэтому оптимальная толщина отдельного слоя лежит в интервале  $\sim 0,5 - 1,5$  см.

Проведенные расчеты показывают, что метод измерения пороговой эффективности позволяет создать многослойный идентификатор, не уступающий по своим характеристикам детекторам на основе измерения релятивистского роста вероятных потерь энергии. Такой идентификатор не требует сложного алгоритма обработки амплитудных спектров и обладает высоким быстродействием, позволяющим включать его сигнал (величину  $N_t/N$ ) в триггер при отборе событий в режиме реального времени. Регулируя порог срабатывания  $\Delta_t$ , можно задавать интервал идентификации и величину  $S$  в соответствии с требованиями конкретного эксперимента. Отметим, что в приведенных расчетах не учитывалось влияние молекулярных добавок, диффузия электронов ионизации, собственное разрешение детектора и другие факторы. Поэтому полученные результаты можно рассматривать как верхнюю оценку для интервала импульсов достоверной идентификации и коэффициента сепарации  $\pi$  и  $K$ ,  $K$  и  $\rho$  в многослойных детекторах с ксеноновым наполнением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Будагов Ю. А. и др. Ионизационные измерения в физике высоких энергий. М., Энергоатомиздат, 1988.
2. Гуржиев Н. А., Крышкин В. И., Курчанинов Л. И. Препринт ИФВЭ 89 – 84, Протвино, 1989.
3. Гришин В. М., Ермилова В. К. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 40 (1989).
4. Allison W. W. M., Cobb J. N. Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., 30, 103 (1980).
5. Асосков В. С. и др. Труды ФИАН, 140, 3 (1982).
6. West J. V., Morton J. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 22, 103 (1978).
7. Гришин В. М., Ермилова В. К. Препринт ФИАН № 8, М., 1990.
8. Allison W. W. M., Wright P. R. S. Formulae and Methods in Experimental Data Evaluation 2, № 1, (1984). Editor: Bock R. K., Geneva, Europ. Phys. Soc.

Поступила в редакцию 9 апреля 1990 г.