

476
-44

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

P-476

А. Беляков, А. Вовенко, А. Кириллов, Б. Кулаков,
А. Любимов, Ю. Матуленко, И. Савин

ГАЗОВЫЕ ПОРОГОВЫЕ
ЧЕРЕНКОВСКИЕ СЧЕТЧИКИ
ДЛЯ РАБОТЫ НА УСКОРИТЕЛЯХ

ЖТФЭ, 1961, № 1, с. 32.

А. Беляков, А. Вовенко, А. Кириллов, Б. Кулаков,
А. Любимов, Ю. Матуленко, И. Савин

567/6 yr.

ГАЗОВЫЕ ПОРОГОВЫЕ
ЧЕРЕНКОВСКИЕ СЧЕТЧИКИ
ДЛЯ РАБОТЫ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

А н н о т а ц и я

В работе приводятся результаты испытания газовых пороговых черенковских счетчиков двух конструкций. Эффективность счетчиков близка к 1. Установлена возможность выделения в пучках ускорителей редких частиц на большом фоне более медленных частиц.

Направлено в ПТЭ.

Разделение по скоростям быстрых заряженных частиц $\beta \sim 1$ с помощью черенковских счетчиков, использующих зависимость порога или угла черенковского излучения от скорости, возможно в том случае, если показатель преломления среды близок к единице. Этому условию удовлетворяют только газовые среды.

В настоящей работе приведены характеристики двух газовых пороговых черенковских счетчиков. Один из них C_1 ^{x/} был экспериментальным макетом, на котором исследовалась возможность выделения пороговым счетчиком редких частиц на большом фоне других частиц. Второй счетчик C_2 предназначен для работы на пучках синхрофазотрона Объединенного института ядерных исследований с π и K - мезонами.

Особенности конструкции каждого из счетчиков видны на рис. 1 и 2.

Измерения со счетчиком C_1 проводились на синхротроне Объединенного института ядерных исследований в пучке π^+ - мезонов с энергией ~ 300 Мэв. Счетчик C_1 испытывался в пучке положительных частиц синхрофазотрона Объединенного института ядерных исследований (в основном π - мезоны и протоны) с импульсом ~ 3 Бэв/с.

В обоих случаях черенковский счетчик включался на совпадение со сцинтилляционным мониторным телескопом, счетчики которого имели диаметр несколько меньший диаметра черенковского.

Электронная аппаратура, блок-схема которой приведена на рис. 3, удовлетворяла условию регистрации одиночных фотоэлектронов, выбиваемых с катода фотоумножителя черенковского счетчика.

В проведенных опытах измерялось отношение $m = \frac{N_1}{N_2}$. На рис. 4 приведена зависимость m от давления для счетчика C_1 ^{N₂}, наполненного воздухом.

По мере увеличения давления возрастает угол свечения и количество света, попадающего на катод фотоумножителя. Соответственно возрастает

^{x/} Авторы благодарят Ю.Трояна, Л.Охрименко и С.Мухина, предоставивших им этот счетчик.

и эффективность счетчика, приближаясь к единице. На кривой /а/ отчетливо видно два плато, соответствующие присутствию в пучке μ и π -мезонов.

Кривая /в/ снята с телескопом, содержащим черенковский счетчик более эффективный к μ -мезонам, чем к π -мезонам. В этом случае плато, соответствующее μ -мезонам, выражено более отчетливо.

Заметная эффективность счетчика при давлениях ниже порога свечения μ -мезонов может объясняться, в основном, сцинтилляцией газа и черенковским излучением δ -электронов, образованных первичной частицей в стенках и газе счетчика. Оказалось, что вклад сцинтилляции мал: поворот счетчика на 180° снижал счет до уровня случайных совпадений $\sim 0,1\%$.

Вероятность регистрации частиц через δ -электроны при одинаковом коэффициенте преломления зависит от плотности среды. При наполнении счетчика C_1 этиленом /рис. 5/ счет ниже порога свечения μ -мезонов упал в ~ 4 раза, что хорошо согласуется с отношением плотностей воздуха и этилена. Следовательно, при работе с редкими частицами для лучшего выделения предпочтительно применение газов с максимальной рефракцией R . На кривых на рис. 4 и 5 видно, что возможно выделять μ -мезоны в пучке π -мезонов. Эффективность к μ -мезонам ниже порога регистрации π -мезонов можно получить на основании данных об эффективности к π -мезонам. Она близка к единице. При этом эффективность к π -мезонам за счет случайных совпадений и регистрации через δ -электроны не превышает нескольких процентов. Очевидно, что при использовании нескольких черенковских счетчиков доля присчитанных π -мезонов может быть значительно снижена.

На рис. 6 приведена зависимость $\frac{N_2}{N_3}$ от давления для счетчика C_2 , наполненного воздухом, снятая в пучке, содержащем $\sim 40\%$ π -мезонов и $\sim 60\%$ протонов.

Теоретически эффективность счетчика определяется соотношением

$$\eta = 1 - e^{-\bar{n}},$$

где \bar{n} - среднее число фотоэлектронов, выбиваемых с катода фотоумножителя

$$\bar{n} = \frac{\omega}{c} \int \int \sin^2 \theta \cdot \epsilon \cdot f \cdot dl \cdot d\omega,$$

θ - угол черенковского излучения, ϵ - коэффициент сбора света, f - квантовая чувствительность фотоумножителя, L - рабочая длина счетчика, ω - частота излучения.

Если считать, что светосбор для малых углов не зависит от θ и брать $\mathcal{D}(\omega) = \mathcal{D}(\bar{\omega})$, то выражение для \bar{n} можно значительно упростить

$$\bar{n} = \frac{L}{c} \int_{\omega} \epsilon f d\omega \int_0^L \sin^2 \theta dl = K \int_0^L \sin^2 \theta dl.$$

Величина K , характеризующая счетчик, определяется только качеством оптической системы и спектральной характеристикой умножителя.

Эффективность к π -мезонам, определяемая из экспериментальных данных, равна

$$\eta_{\pi} = \frac{1}{n_{\pi}} \left(\frac{n - \eta'}{1 - \eta'} - \eta_{\mu} \eta_{\mu} \right),$$

где η' - эффективность регистрации частиц через δ -электроны и случайные совпадения; η_{μ} - эффективность регистрации μ -мезонов, обусловленная черенковским эффектом / $\eta_{\mu} \approx 1$ для C_1 /; η_{μ} - доля μ -мезонов в пучке /вычислялась по первому плато; для счетчика C_2 принималась равной нулю/; n_{π} - доля π -мезонов в пучке /определялась из условия, что $\eta_{\pi} \rightarrow 1$ с ростом давления/.

Расчет показателя преломления производится по формуле Лоренц-Лоренца

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho} = R.$$

Плотность определялась для воздуха по закону идеального газа, для этилена - по формуле Битти-Бриджмена [1].

K вычислялось из экспериментальных данных методом наименьших квадратов.

При обработке результатов, полученных со счетчиком C_1 , необходимо было учитывать торможение частиц в газе счетчика. В этом случае величина

$$\int_0^L \sin^2 \theta dl = \frac{m_{\pi}}{n^2 \rho \left(\frac{dE}{dx} \right)_n} \left\{ (n^2 - 1)(E_0 - E_1) - \frac{1}{2} \ln \frac{E_0 - 1}{E_0 + 1} \cdot \frac{E_1 + 1}{E_1 - 1} \right\},$$

где ρ - плотность газа, $\epsilon_0 = \frac{E_0}{m\pi}$, $\epsilon_1 = \frac{E_1}{m\pi}$ - полные начальная и конечная энергии в единицах массы π -мезона, $\left(\frac{dE}{dx}\right)_c$ - ионизационные потери π -мезона в газе.

В опыте со счетчиком C_1 торможение частиц в газе несущественно, поэтому

$$\int_0^L \sin^2 \theta dl = L \left(1 - \frac{1}{n^2 \beta^2}\right).$$

Учитывая, что величины n^2 и β^2 мало отличаются от единицы, можно в первом приближении написать

$$\int_0^L \sin^2 \theta dl \approx L \left[(n^2 - 1) - (1 - \beta^2) \right].$$

Из расчета получено для счетчика C_1 $K = 2,04 \pm 0,03$, для счетчика C_2 $K = 11,4 \pm 0,5$, $E_2 = 2,95 \pm 0,02$ Бэв.

Ошибки даны статистические. Увеличение K в счетчике C_2 обусловлено улучшением оптической системы.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 декабря 1959 года.

Л и т е р а т у р а

/1/ Gillespie L.J. Journ. Phys. Chem. (1929), 33, 354-360.

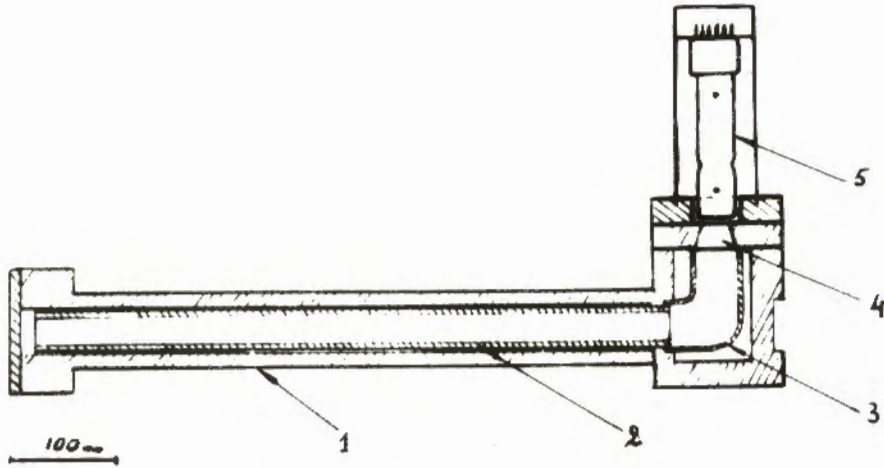


Рис. 1. Конструкция газового порогового счетчика C_1 .

1 - стальной корпус счетчика, 2 - стеклянная труба диаметром 30 мм, напыленная внутри алюминием, 3 - полый стеклянный световод, 4 - плексигласовое окно, 5 - фотоумножитель типа ФЭУ-33.

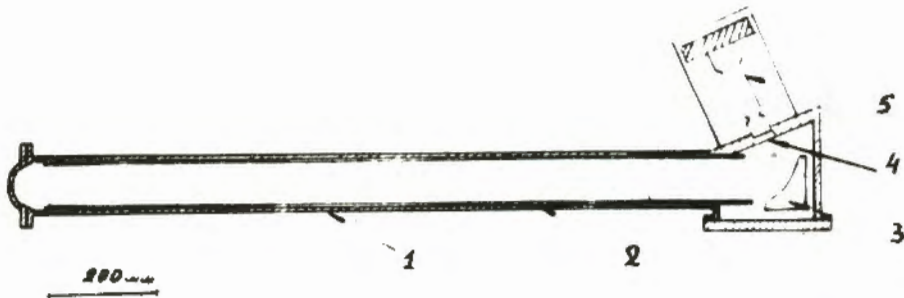


Рис. 2. Конструкция газового порогового счетчика C_2 .

1 - стальной корпус счетчика, 2 - полированная дюралевая труба диаметром 80 мм, покрытая органической пленкой и напыленная алюминием, 3 - параболическое зеркало, 4 - кварцевое окно, 5 - фотоумножитель типа ФЭУ-33.

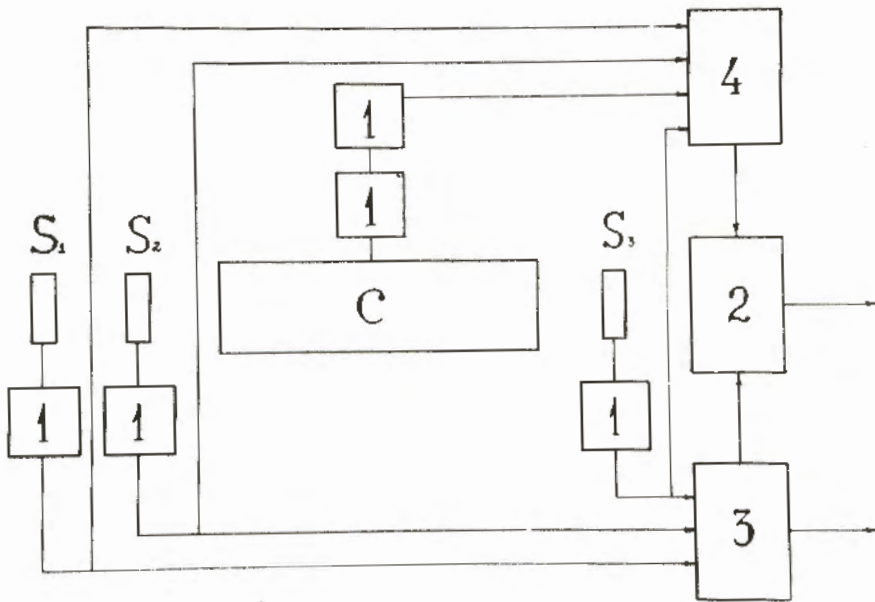


Рис. 3. Блок-схема электронной аппаратуры.

S_1, S_2, S_3 - сцинтилляционные счетчики, C - черенковский счетчик, 1 - усилитель типа УР-1а, 2 - двойная схема совпадений $\tau \sim 10^{-8}$, 3 - тройная схема совпадений $\tau \sim 10^{-8}$, 4 - четверная схема совпадений $\tau \sim 10^{-8}$.

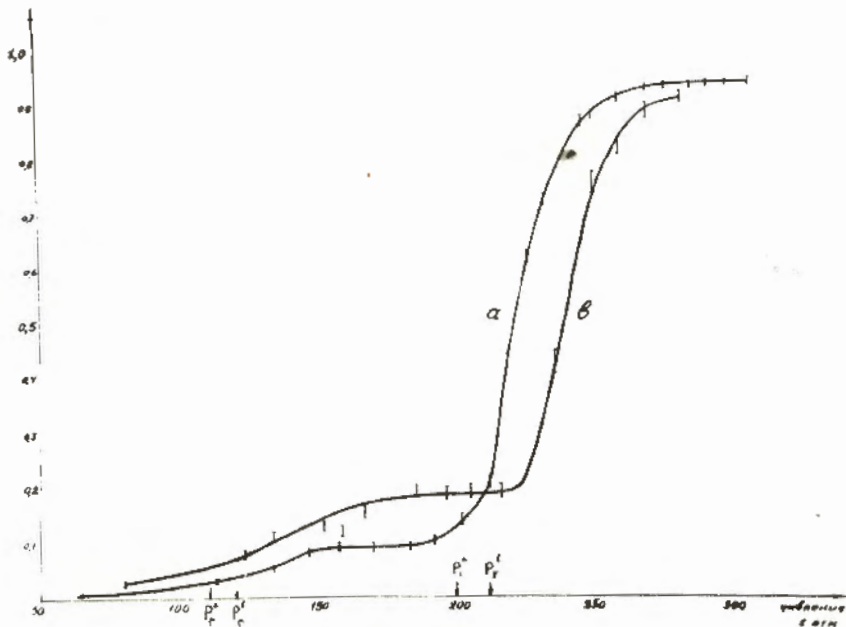


Рис. 4. Зависимость относительного счета $m = \frac{N_2}{N_3}$ от давления для счетчика S_1 , наполненного воздухом, кривая a для кинетической энергии $E_k = 287$ Мэв, кривая b для кинетической энергии $E_k = 280$ Мэв, $p_c^a, p_c^b, p_{\pi}^a, p_{\pi}^b$ - пороговые давления для кривых a и b для μ и π -мезонов соответственно.

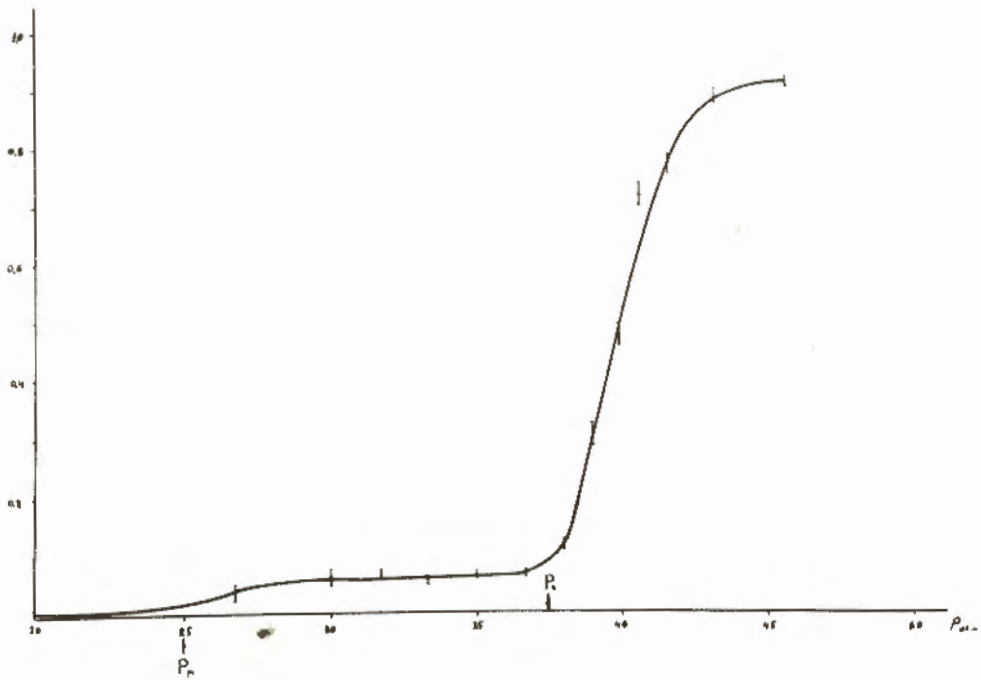


Рис. 5. Зависимость m от давления для счетчика C_1 , наполненного этиленом. $E_k^+ = 393$ Мэв. P_{μ}, P_{π} - пороговые давления для μ и π -мезонов.

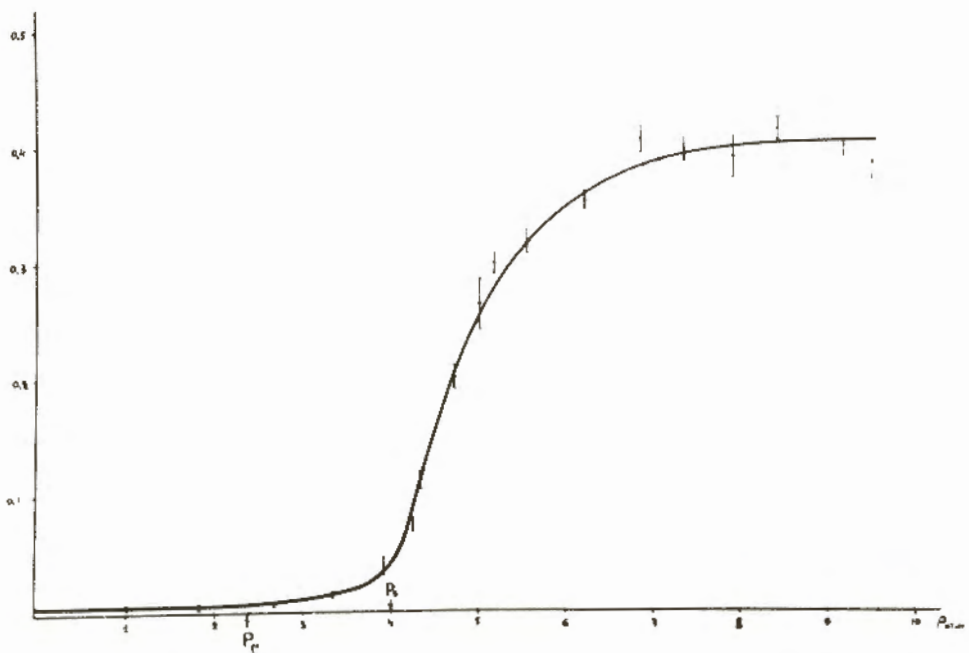


Рис. 6. Зависимость m от давления для счетчика C_2 , наполненного воздухом. P_{μ}, P_{π} - пороговые давления для μ и π -мезонов.