

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ44.13

3-895

435/2-76

9/II-76

13 - 9318

В.П.Зрелов, П.Павлович, В.И.Сидорова, В.М.Суворов,
Г.А.Шелков, Й.Шюлер

СЧЕТЧИКИ ЧЕРЕНКОВА

В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ПОИСКУ АНТИТРИТИЯ

1975

13 - 9318

В.П.Зрелов, П.Павлович, В.И.Сидорова, В.М.Суворов,
Г.А.Шелков, Й.Шюлер

**СЧЕТЧИКИ ЧЕРЕНКОВА
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ПОИСКУ АНТИТРИТИЯ**

1. Введение

В эксперименте по поиску антитрития^{/1/} одна из основных трудностей состояла в необходимости обеспечить надежную идентификацию ядер антитрития на фоне $\geq 10^{11}$ более легких частиц. При этом единственным измеряемым на опыте параметром, отличающим ядра антитрития от других однозарядных частиц пучка с заданным импульсом, является скорость. Для успешного решения этой проблемы была создана установка, описанная в работах^{/2-8/}. В этой установке в качестве элементов дискриминации и отбора частиц использовались четыре газовых пороговых /ПЧС/, один дифференциальный /ДСЧ/ и один многоканальный черенковские счетчики.

Данная работа посвящена описанию газовых порогового и дифференциального счетчиков Черенкова.

II . Пороговый газовый счетчик Черенкова

Два из четырех газовых пороговых черенковских счетчиков /ПЧС/ имели конструкцию, описанную в работе^{/9/}, и использовались в этой установке для дискриминации легких частиц до уровня $\approx 10^{-6}$. Дальнейшая дискриминация указанных частиц до уровня $\leq 10^{-11}$, а также дискриминация антинейтронов (\bar{n}) производилась с помощью второй пары ПЧС, позволявших работать при более высоких давлениях. Конструкция одного из них (С₄) приведена на рис. 1.

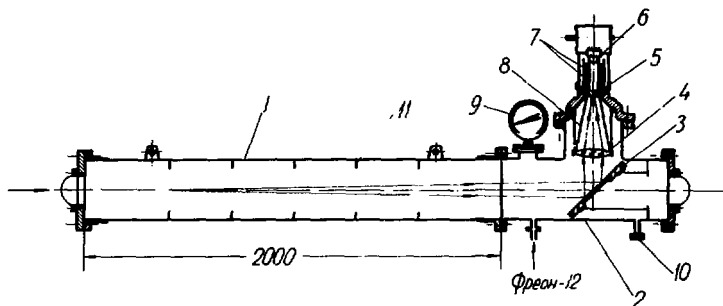


Рис. 1. Пороговый счетчик Черенкова (С₄): 1 - труба, 2 - головка, 3 - плоское эллиптическое зеркало, 4 - кварцевая линза диаметром 160 мм с фокусным расстоянием $f = 270$ мм, 5 - пробка-окно из кварца $\phi 60$ и толщиной 30 мм, 6 - фотоумножитель ХР-1023, 7 - многослойная магнитная защита, 8 - светособирающий конус, 9 - манометр, 10 - предохранительный клапан, 11 - бленды.

Счетчик состоит из стальной трубы /1/ с внутренним диаметром 248 мм, толщиной стенок 4 мм и длиной 2 м /путем подсоединения дополнительных секций длину счетчика можно увеличить до 10 м/. К трубе /1/ подсоединялась головка счетчика, в которой размещались плоское зеркало /3/ из алюминизированной лавсановой пленки толщиной 40 мкм, наклоненное под углом 45° к оси счетчика; кварцевая линза /4/ диаметром 160 мм и фокусным расстоянием $f = 270$ мм; пробка-окно толщиной 30 мм /обе детали изготовлены из кварца марки "КВ"/; фотоумножитель ХР-1023 с кварцевым входным окном, окруженный многослойной магнитной защитой /7/; а также светособирающий лавсановый зеркальный конус /8/. Максимально допустимое давление газа в счетчике составляло 12 атм. Рабочим газом был фреон - 12 (CCl_2F_2).

В качестве справочных данных в табл. 1 приведены значения величин скоростей $(1 - \beta)$, лоренц-фактора $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$ для различных частиц с импульсом 25 ГэВ/с, а также пороговые значения давления газа фреона-12.

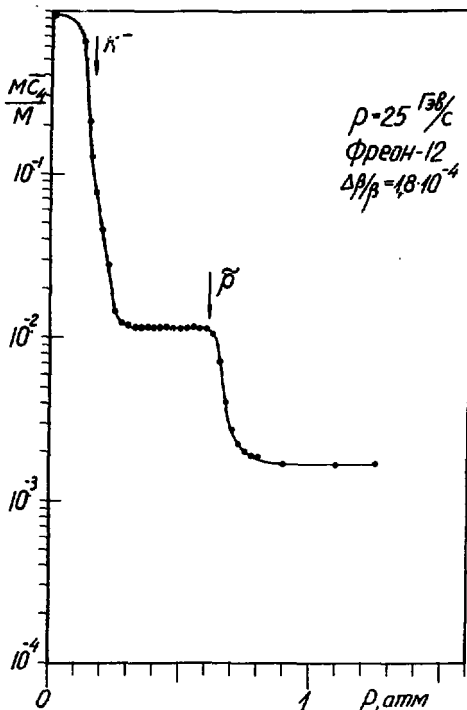


Рис. 2. Пороговая кривая счетчика C_4 , полученная на пучке частиц с импульсом $p = 25 \text{ ГэВ/с}$.

На рис. 2 показана пороговая кривая счетчика C_4 , полученная при работе на пучке вторичных отрицательно заряженных частиц с импульсом 25 ГэВ/с .

Из этой кривой можно получить одну из основных характеристик ПЧС: разрешение по скорости $(\Delta\beta/\beta)$, которое определяется как интервал изменения скорости частиц от порога регистрации до значения, при котором эффективность счетчика $\epsilon = 90\%$ и которое для данного

ПЧС равно $\Delta\beta/\beta = 1,8 \cdot 10^{-4}$. Величина среднего угла излучения Вавилова-Черенкова при эффективности регистрации частиц $\epsilon \approx 90\%$ равна $\bar{\theta}_{0,9} = 1^{\circ}5'$.

Таблица 1

Частица	Скорость частицы ($1-\beta$)	$\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$	p^* порог, атм., фреон-12
π^-	$1,56 \cdot 10^{-5}$	179	0,0145
K^-	$1,95 \cdot 10^{-4}$	50,6	0,182
\bar{p}	$0,70 \cdot 10^{-3}$	26,7	0,652
\bar{d}	$2,80 \cdot 10^{-3}$	13,4	2,61
${}^3\bar{H}_4$	$6,25 \cdot 10^{-3}$	8,96	5,82

На рис. 3 приведены амплитудные распределения сигналов от π^- -мезонов и антинейтронов с импульсом $p = 25$ ГэВ/с, зарегистрированных этим счетчиком при давлении фреона-12 $p = 2,4$ атм. По относительной ширине этих амплитудных распределений можно определить средние числа фотоэлектронов в максимумах распределений по формуле:

$$\bar{N}_{\text{ф.э.}} = \frac{\bar{m}}{\bar{m} - 1} (1 + b) \left[2,36 \frac{A}{\Delta A_{1/2}} \right]^2, \quad /1/$$

где \bar{m} - средний коэффициент вторичной эмиссии, который принят одинаковым для всех динодов и равным $\bar{m} = 4^{11/}$; b - параметр, который зависит от закона распределения однофотоэлектронных импульсов по амплитуде. Для распределения Пуассона $b = 0$, для квазиэкспоненциального закона $b = 1$, здесь $b = 0,05^{12/}$, A - амплитуда им-

*Пороговые давления для газа фреона-12 приведены для $t = 26^{\circ}\text{C}$, т.е. при постоянной рефракции $K =$
 $= \frac{n - 1}{p} = 1,073 \cdot 10^{-3}$ по данным $/10/$.

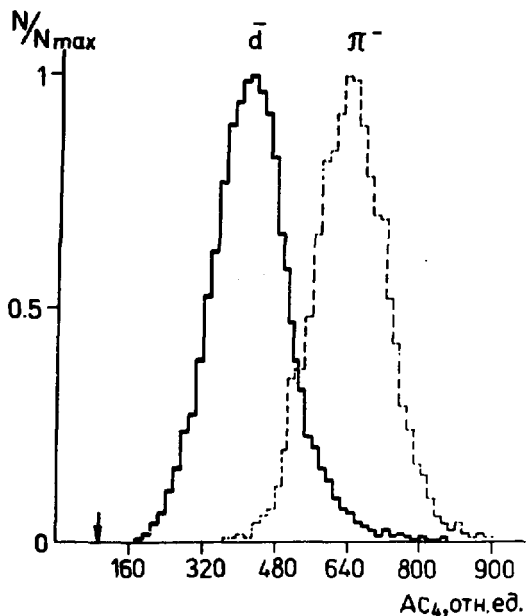


Рис. 3. Амплитудные распределения сигналов с фотоумножителя XP-1023 от π^- -мезонов и антидейтронов с импульсом 25 ГэВ/с, регистрируемых пороговым счетчиком при давлении фреона-12 $p = 4,2$ атм.

пульса, соответствующая максимуму распределения; $\Delta A_{1/2}$ - полная ширина кривой амплитудного распределения на половине высоты.

Для приведенных на рис. 3 распределений среднее число фотоэлектронов, выбиваемых с фотокатода ФЭУ, для π^- -мезонов равно $\bar{N}_{\pi}^{\text{ФЭУ}} \approx 82$, а для антидейтронов $\bar{N}_{\bar{d}}^{\text{ФЭУ}} \approx 24$. Расчетное число фотоэлектронов, выбиваемых с фотокатода ФЭУ, можно оценить по формуле

$$\bar{N}_{\text{ФЭУ}}^{\text{Р}} = \epsilon \cdot K \cdot S \cdot \sin^2 \bar{\theta} \cdot L, \quad /2/$$

где ϵ - коэффициент, учитывающий потери излучения на пути от места возникновения до попадания на фотокатод ФЭУ, S - интегральная чувствительность ФЭУ в мкА/лм, $\bar{\theta}$ - средний угол излучения, L - эффективная длина газового радиатора, а K - постоянная для фотокатода данного типа, определяемая согласно /3/:

$$K = 2\pi a \eta(\lambda_m) \lambda_m \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{S(\lambda)}{\lambda^3} d\lambda. \quad /3/$$

В формуле /3/ $a = 1/137$, $\eta(\lambda_m)$ - квантовая эффективность фотокатода при длине волны, соответствующей

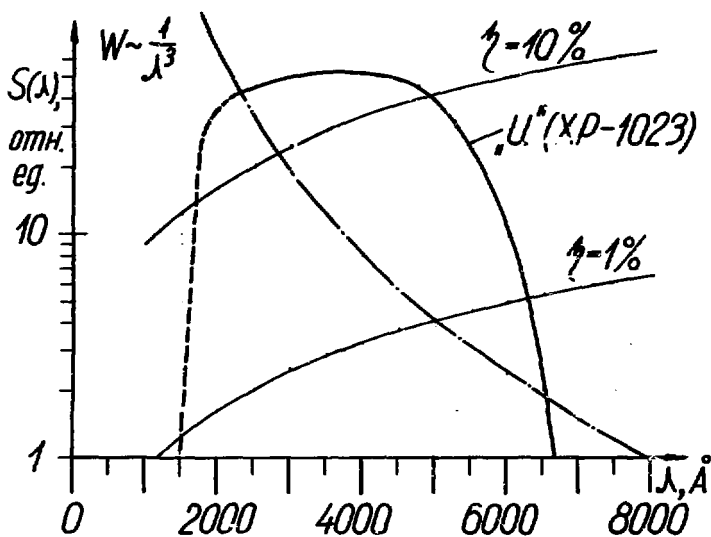


Рис. 4. Спектральная характеристика типа "U" фотокатода фотоумножителя XP-1023.

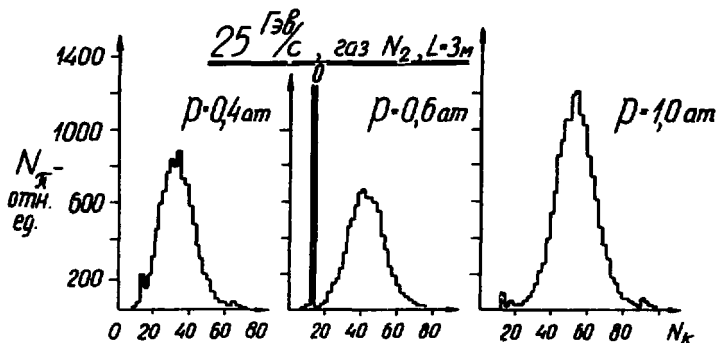


Рис. 5. Амплитудные распределения сигналов от ФЭУ порогового счетчика при различных давлениях газа азота, полученные на π^- -мезонах с импульсом $p=25$ ГэВ/с /длина газового радиатора $L=3$ м/.

максимуму кривой спектральной чувствительности фотокатода при $S_0 = 1$ мкА/мм, равная $3,5 \cdot 10^{-3}$ для фотомножителя ХР-1023. Для спектральной характеристики $S(\lambda)$ типа "U", приведенной на рис. 4 и характерной для ФЭУ ХР-1023, постоянная $K = 3,62$ см $^{-1}$.

В связи с тем, что постоянная K тесно связана с основными характеристиками ПЧС и знание ее величины необходимо при проектировании ПЧС, величина K определялась нами для данного экземпляра ФЭУ ХР-1023 экспериментально. Конструкция трехметрового ПЧС, использовавшегося в этих измерениях, аналогична изображенной на рис. 1, но без пробки-окна, так как счетчик работал при небольших давлениях. На рис. 5 показаны амплитудные распределения импульсов с ФЭУ ПЧС, возникающих при прохождении через счетчик π^- -мезонов с импульсом 25 ГэВ/с, для трех значений давления азота в ПЧС. Определенные по этим данным значения θ , $\bar{N}_{\text{ф.э.}}$, а также $A = \bar{N}_{\text{ф.э.}} / \sin^2 \theta \cdot L$ даны в табл. 2. Полученная экспериментальная величина A находится в согласии с данными, приведенными в работе /14/.

Учитывая, что $A = \epsilon \cdot K \cdot S$, исходя из этих данных
 можно найти произведение $K_3 \cdot \epsilon = /3,1 \pm 0,4/ \text{см}$
 /при $\bar{S} = 55 \text{ мкА/лм/}$, откуда $\epsilon = \frac{K_3}{K_{\text{расч.}}} \approx 0,85$.

Таблица 2

$P_{N_2}, \text{атм}$	$\bar{\theta}, \text{град}$	$\bar{N}_{\text{ф.э.}}$	A
0,9	21,7	21,5	152
1,0	23,0	32,0	202
1,5	28,4	38,2	160
2,0	33,0	56,8	181
3,0	40,5	63,9	139
$A = 169 \pm 22$			

Для нашего ПЧС расчетное число фотоэлектронов, подсчитанное по формуле /2/ при $\theta^p = 1^\circ 5'$, $S = 50 \text{ мкА/лм}$, $L = 2,5 \cdot 10^2 \text{ см}$ и $K = 3,62 \text{ см}^{-1}$, составляет $\bar{N}_{\text{ф.э.}}^p = 16 \text{ ф.эл.}$ Такое количество фотоэлектронов теоретически обеспечивает не только высокую эффективность регистрации частиц /1 - $\epsilon < 10^{-6}$ /, но и позволяет производить дополнительную дискриминацию частиц по амплитуде, как показано в /15-17/.

III. Дифференциальный счетчик Черенкова /ДСЧ/

Поскольку скорость антинитрития с импульсом 25 ГэВ/с отличается от скорости ближайшей по массе частицы пучка - антинейтрона на величину

$$\Delta\beta_{\bar{n}, \bar{\nu}} = 3,45 \cdot 10^{-3}, \quad /4/$$

что почти на порядок превышает типичное для ДСЧ значение разрешения по скорости ($\Delta\beta/\beta \approx 10^{-4} \div 10^{-5}$), для выделения антитрития использовался ДСЧ без компенсации дисперсии газа, аналогичный описанному в работе^{18/}.
 Схема ДСЧ изображена на рис. 6.

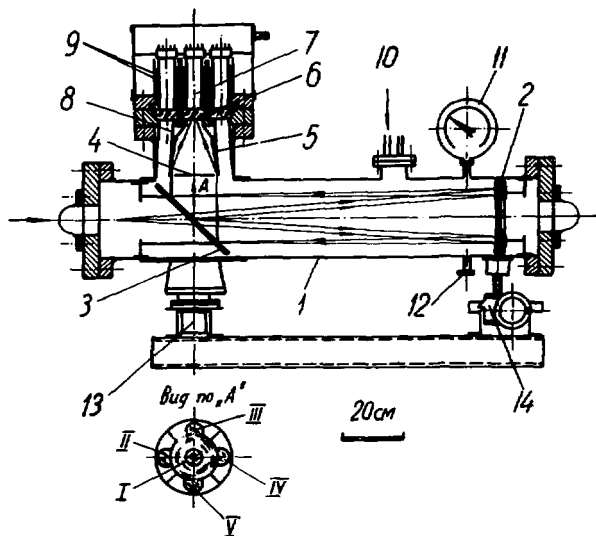


Рис. 6. Схематическое устройство дифференциального счетчика Черенкова /ДСЧ/: 1 - корпус счетчика с системой термостатирования, 2 - сферическое зеркало с фокусным расстоянием $f = 1152$ мм, 3 - плоское эллиптическое зеркало с отверстием для пучка частиц, 4 - диафрагма, 5 - светособирающий конус, 6 - кварцевая пробка, 7 - фотоумножитель ХР-1023, 8 - светособирающие раструбы из алюминизированной лавсановой пленки, 9 - многослойная магнитная защита, 10 - подача газа, 11 - манометр, 12 - предохранительный клапан, 13 - ось вращения счетчика в горизонтальной плоскости, 14 - привод дистанционного перемещения счетчика по вертикали и горизонтали.

Излучение Вавилова-Черенкова, испущенное частицами на эффективной длине $L = 115$ см под углом $\theta = 4^\circ$, фокусировалось сферическим зеркалом /2/ с фокусным расстоянием $f = 1152$ мм и отводилось плоским зеркалом эллиптической формы /3/ в сторону кольцевой диафрагмы /4/. Прошедшее через щель диафрагмы излучение с помощью конического зеркала /5/ собиралось на центральный фотоумножитель ХР-1023 /7/ кварцевым окном /канал А/.

Фотоумножители II, III, IV, V регистрировали излучение, испущенное в диапазоне углов от 4° до 6° /канал В/. В рабочем режиме работы ДСЧ сигналы с этих ФЭУ включались на антисовпадения с сигналами от центрального ФЭУ. По настройке и калибровке ДСЧ относительная величина показателя преломления измерялась интерферометром Рэлея с газовым лазером в качестве источника света /19/. На рис. 7 приведена зависимость эффективности регистрации в ДСЧ π^- -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с от давления газа фреон-12 при ширине кольцевой щели $b = 4,6$ мм. Поскольку счетчик работал без стабилизации температуры газа и абсолютные измерения показателя преломления газа не производились, величина коэффициента рефракции фреона-12, необходимая для вычисления ожидаемого положения центров пиков K^- -мезонов и антипротонов, определялась по положению центра экспериментально измеренного пика π^- -мезонов, $K_{\text{фр-12}} = 0,99 \cdot 10^{-3}$.

Экспериментально определенная величина разрешения ДСЧ по скорости $(\Delta\beta/\beta)_{\text{экс.}} = 2,7 \cdot 10^{-4}$ совпадает с ожидаемой величиной разрешения, определяемой оптической системой счетчика $(\Delta\beta/\beta)_0$,

$$(\Delta\beta/\beta)_0 = \text{tg} \bar{\theta} \Delta\theta \approx 2,8 \cdot 10^{-4}, \quad /5/$$

где $\bar{\theta} = \bar{R}/f$; $\Delta\theta = b/f$; R и b - средний радиус и ширина щели кольцевой диафрагмы счетчика.

Дополнительные ограничения на величину разрешения ДСЧ по скорости накладывают следующие факторы /20-22/:

1. Угловая расходимость пучка частиц $(\Delta\alpha)$

$$\Delta\theta_\alpha = \Delta\alpha, \quad /6/$$

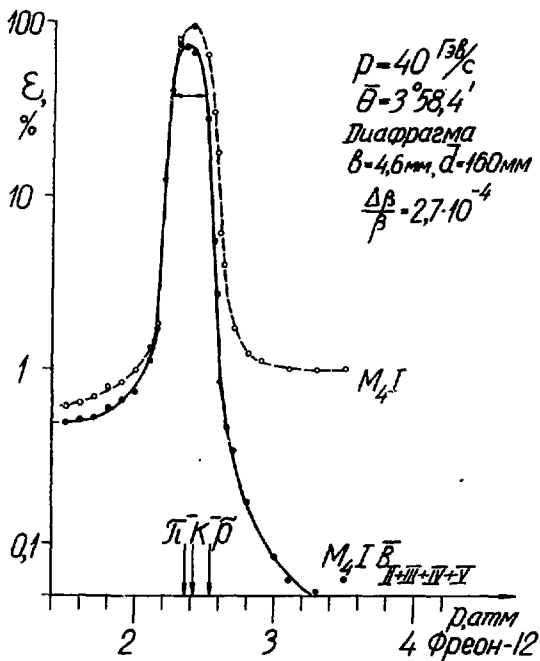


Рис. 7. Зависимость эффективности регистрации (ϵ) π^- -мезонов с импульсом $\rho = 40$ ГЗВ/с дифференциальным счетчиком Черенкова /ДСЧ/ при среднем угле регистрации $\bar{\theta} = 3^{\circ}58,4'$, среднем диаметре $\bar{d} = 160$ мм и ширине щели диафрагмы $b = 4,6$ мм. M_4 - сигнал совпадений от четырех сцинтилляционных счетчиков телескопа частиц. Кривая $M_4 I$ получена в случае, когда сигнал от центрального ФЭУ ДСЧ включался на совпадения с сигналом M_4 . Кривая $M_4 I \bar{B}_{II+III+IV+V}$ получена в случае, когда сигнал $\bar{B}_{II+III+IV+V}$, представляющий собой логическую сумму сигналов от четырех ФЭУ канала регистрации в ДСЧ, включен на антисовпадения с сигналом $M_4 I$.

2. Импульсный разброс частиц в пучке ($\Delta p/p$)

$$\Delta\theta_p = \frac{1}{\gamma^2 \text{tg}\bar{\theta}} \frac{\Delta p}{p}, \quad \text{где } \gamma = (1-\beta^2)^{-1/2} \quad /7/$$

3. Многократное кулоновское рассеяние в веществе ДСЧ

$$\Delta\theta_s \approx \frac{E_s}{\sqrt{2} E} \sqrt{t}, \quad /8/$$

где $E_s = 21 \text{ МэВ}$, E - полная энергия частицы, а t - толщина ДСЧ в радиационных единицах. Необходимо отметить, что это несколько завышенная оценка, так как в формулу /8/ входит полная толщина газового радиатора, тогда как часть черенковского излучения возникает на начальном участке траектории, где рассеяние слабее, чем в среднем на всей длине радиатора. Точная оценка вклада многократного кулоновского рассеяния была произведена Дедриком /23/, который получил выражение для результирующего углового распределения интенсивности черенковского излучения, рассматривая траекторию частицы в ДСЧ как ломаную прямую.

4. Дисперсия рабочего газа ДСЧ

$$\Delta\theta_D = \frac{\bar{\theta}}{2\nu} \left(1 + \frac{1}{\gamma^2 \bar{\theta}^2}\right), \quad /9/$$

где ν - коэффициент дисперсии газа, $\nu = \frac{n(\lambda_2) - 1}{n(\lambda_1) - n(\lambda_3)}$,

$n(\lambda_1)$, $n(\lambda_3)$ - показатели преломления газа для длин волн λ_1 и λ_3 , определяющих границы спектрального диапазона ДСЧ, а $n(\lambda_2)$ - показатель преломления для некоторой средней длины волны.

5. Аберрация сферического зеркала $\Delta\theta_{\text{ЗЗ}} \approx \theta^3$.

В табл. 3 приведены данные, характеризующие вклад отдельных факторов и их совокупности в разрешающую способность ДСЧ по скорости для π -мезонов с импульсами 25 и 40 ГэВ/с, а также антинитрия (\bar{N}) с импульсом 25 ГэВ/с. Средний угол регистрации частиц в ДСЧ $\bar{\theta} = \approx 4^\circ \approx 7 \cdot 10^{-2}$.

Таблица 3

Факторы уширения конуса излучения	$\Delta\beta/\beta$ при $p = 25 \text{ ГэВ/с}$		$\Delta\beta/\beta$ при $p=40 \text{ ГэВ/с}$
	π^-	$^3\bar{\text{H}}$	π^-
$\Delta\theta_\alpha^*$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
$\Delta\theta_p^{**}$	$0,94 \cdot 10^{-6}$	$3,75 \cdot 10^{-4}$	$0,37 \cdot 10^{-6}$
$\sqrt{\Delta\theta_\alpha^2 + \Delta\theta_p^2}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
$\Delta\theta_s$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$
$\Delta\theta_D^{***}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
$\Delta\theta_{\text{аб}}$	$0,24 \cdot 10^{-4}$	$0,24 \cdot 10^{-4}$	$0,24 \cdot 10^{-4}$
$\sqrt{\Delta\theta_\alpha^2 + \Delta\theta_p^2} +$ $+\Delta\theta_s + \Delta\theta_D + \Delta\theta_{\text{аб}}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$

Следует обратить внимание на тот факт, что факторы 3,4 и 5 в отличие от первых двух факторов не являются статистически независимыми в том смысле, что их вклад приводит к размытию конуса черенковского излучения от каждой отдельной частицы, а поэтому вклады от этих факторов суммируются линейно со среднеквадратичным вкладом от статистически независимых факторов 1 и 2. В некоторых работах, например ^{122/}, это различие упущено и вклады всех факторов суммируются квадратично.

Величина $(\Delta\beta/\beta)_{\text{теор}}$, учитывающая вклад всех основных факторов, определяет предельную величину разрешения ДСЧ по скорости, которая может быть достигнута при сохранении высокой эффективности регистрации частиц ДСЧ / $\epsilon \approx 1/$. Если не требуется высокая эффективность, то, уменьшая размер щели диафрагмы, можно улучшить разрешение ДСЧ по скорости за счет исключения первых двух факторов, так как при достаточно малой величине щели диафрагмы ДСЧ приобретает автоколлимационные

* $\Delta\alpha = 2 \cdot 10^{-3}$.** $\Delta p/p = 3 \cdot 10^{-2}$.*** $\Delta\theta_D$ приведена для диапазона длин волн от $\lambda_1 = 3125 \text{ \AA}$ до $\lambda_3 = 5460 \text{ \AA}$, $\nu = 0,046$.

свойства. Дальнейшее улучшение разрешения возможно только путем уменьшения влияния многократного рассеяния, дисперсии рабочего газа и аберрации сферического зеркала, так как в отличие от остальных эти три фактора приводят к "размытию" конуса излучения для каждой отдельной частицы. На рис. 8 приведены зависимости эффективности регистрации ДСЧ частиц с импульсом 25 ГэВ/с от величины давления фреона-12. В этих измерениях внутренний зеркальный конус /5/, собирающий излучение на центральный ФЭУ ДСЧ, полностью открыт, а перед четырьмя ФЭУ канала "В" помещена кольцевая диафрагма с шириной щели $b = 1$ мм и средним радиусом $\bar{R} = 83,5$ мм. При этом разрешение ДСЧ по скорости в варианте, когда сигналы от всех четырех ФЭУ канала включены на совпадения между собой и на совпадение с сигналом M_4 от телескопа четырех сцинтилляционных счетчиков [кривая М (II·III·IV·V)], равно $\Delta\beta/\beta \approx 5 \cdot 10^{-5}$. Это улучшение разрешения достигается, однако, потерей эффективности регистрации π -мезонов от 80% /см.рис.7/ до 3% в данном случае. Достигнутое разрешение примерно в 3 раза лучше оценки, получаемой для величины предельного разрешения, определяемой многократным рассеянием, дисперсией газа и аберрацией зеркала. Это можно объяснить оценочным характером приведенных расчетов, а также тем, что в этих измерениях в канале регистрации использовались стеклянные окна и ФЭУ типа DVP-56 со стеклянной колбой, тогда как при расчете вклада дисперсии в расчетное разрешение учитывалась и ультрафиолетовая область спектра. Необходимо отметить, что наличие канала антисовпадений, непосредственно граничащего с каналом регистрации, может улучшить разрешение ДСЧ даже за пределом, определяемым факторами 3,4,5, так как часть случаев, в которых ширина "размытого" кольца излучения в фокальной плоскости превышает ширину щели диафрагмы канала регистрации, будет отключена каналом антисовпадений. В данном случае включение канала антисовпадений [кривая M_4 (II·III·IV·V· \bar{I})] улучшает разрешение ДСЧ в 1,5 раза до величины $\Delta\beta/\beta \approx 3,5 \cdot 10^{-5}$.

Как следует из данных табл. 3, при заданных характеристиках пучка частиц с импульсом 25 ГэВ/с для эффек-

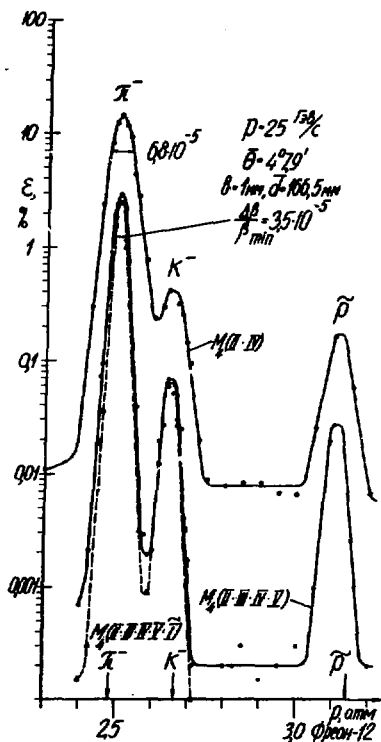


Рис. 8. Зависимость эффективности регистрации ϵ частиц с импульсом $p = 25 \text{ ГэВ/с}$ ДСЧ при узкой кольцевой диафрагме /средний диаметр $d = 166,5 \text{ мм}$, ширина щели $b = 1 \text{ мм}$. M_4 - сигнал совпадений от четырех сцинтилляционных счетчиков телескопа частиц. Кривая $M_4(\text{II-IV})$ получена в случае, когда на совпадения с сигналом M_4 включен сигнал совпадений от двух ФЭУ (II, IV) канала регистрации В, кривая $M_4(\text{II-III-IV-V})$ - в случае, когда на совпадения с сигналом M_4 включены сигналы от всех четырех ФЭУ канала регистрации В, кривая $M_4(\text{II-III-IV-V-I})$ - в случае, когда на антисовпадения с сигналом $M_4(\text{II-III-IV-V})$ включен сигнал от центрального ФЭУ.

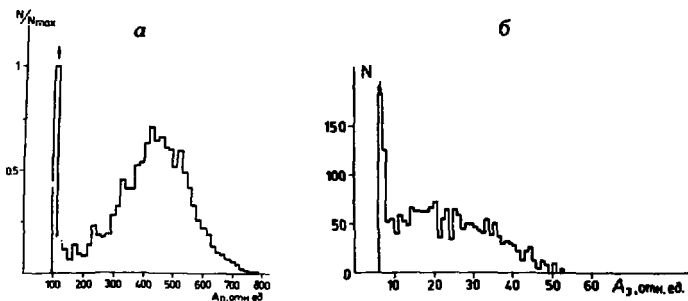


Рис. 9. а/. Амплитудный спектр сигналов от центрального ФЭУ дифференциального счетчика Черенкова /ДСЧ/, измеренный в случае, когда ДСЧ настроен на эффективную регистрацию π^- -мезонов с импульсом $p = 25$ ГэВ/с центральным ФЭУ. б/. Амплитудный спектр сигналов от одного из ФЭУ (III) канала регистрации "В" ДСЧ, полученный в случае, когда ДСЧ настроен на эффективную регистрацию π^- -мезонов в канале "В"/стрелка указывает начало шкалы амплитуд/.

тивной регистрации антитрития разрешение ДСЧ по скорости должно быть не лучше чем $(\Delta\beta/\beta)_{\text{теор}} \cong 8,2 \cdot 10^{-4}$. В то же время для разделения ядер антитрития и ближайших к ним по скорости антинейтронов разрешение ДСЧ должно быть не хуже чем $3 \cdot 10^{-3}$. Поэтому ДСЧ должен был иметь разрешение в интервале

$$8,2 \cdot 10^{-4} \leq \Delta\beta/\beta \leq 3 \cdot 10^{-3}.$$

В рабочих измерениях ДСЧ работал при полностью открытых светособирающих конусах как канала "А", так и канала "В"/см.рис.6/ и настраивался на регистрацию антитрития в канале "А". Разрешение ДСЧ по скорости в этом случае составляло $\Delta\beta/\beta \cong 1,2 \cdot 10^{-3}$ для канала "А"/рис. 6/ и $\Delta\beta/\beta \cong 4,5 \cdot 10^{-3}$ для канала "В".

На рис. 10 приведено амплитудное распределение сигналов с центрального ФЭУ ДСЧ в рабочем режиме. По относительной ширине этого распределения можно определить среднее число фотоэлектронов, образуемых черенковским излучением $\bar{N}_{\text{эксп}} = 16$ ф.э.

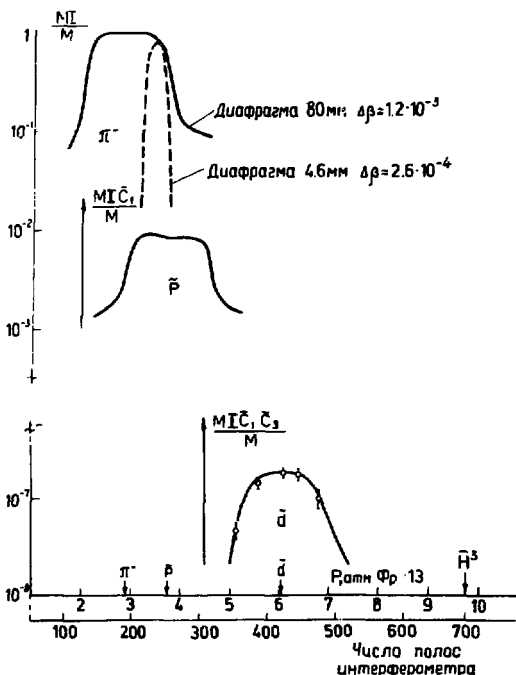


Рис. 10. Зависимость эффективности регистрации частиц с импульсом $p = 25$ ГэВ/с дифференциальным счетчиком Черенкова, ДСЧ, от давления (p) /относительной величины показателя преломления/ газа фреон -13. М - сигнал совпадений от телескопа из семи сцинтилляционных счетчиков частиц. 1 - сигнал от центрального ФЭУ ДСЧ. Внутренний конус, собирающий свет на центральный ФЭУ, полностью открыт. Для выделения антипротонов и антидейтронов на антисовпадения с сигналом М1 включались сигналы от пороговых черенковских счетчиков C_1 , регистрирующего π^- - и K^- -мезоны, и C_3 , регистрирующего π^- , K^- и \bar{p} . Расчетные значения, соответствующие максимальной эффективности регистрации различных частиц ДСЧ с диафрагмой 80 мм /полностью открыт внутренний конус/, указаны на оси абсцисс стрелками. Пунктиром нанесена кривая, приведенная на рис. 7, но пересчитанная для фреона-13.

Число фотоэлектронов, определенное по формуле /2/ при $L = 115$ см и $A = 170$, $\epsilon = 1$, составляет $N = 95$ ф.э., что значительно превосходит экспериментальную величину. Это обусловлено, видимо, тем, что коэффициент потерь ϵ в этом счетчике существенно меньше единицы из-за: 1/ потерь на отражение на трех зеркальных поверхностях; 2/ поглощения излучения в пробке-окне из кварца "КВ".

Значительная величина допустимого давления в счетчике / $p_{\max} = 20$ атм/ в принципе позволяет использовать его при наполнении газом фреон-13 для регистрации сравнительно медленных частиц, до $\beta_{\min} = 0,9846$, т.е. частиц, имеющих кинетические энергии $E_{\mu} = 0,5$ ГэВ; $E_{\pi} = 0,69$ ГэВ; $E_K = 2,33$ ГэВ; $E_p = 4,42$ ГэВ и $E_d^{\pm} = 8,84$ ГэВ.

Авторы благодарят В.И.Петрухина, а также остальных участников эксперимента по поиску антитрития, при подготовке и проведении которого были получены основные материалы, вошедшие в данную работу, и П.Шулека за помощь в размещении заказов на оптические детали счетчиков на предприятии "Днюпра" /ЧССР, г. Турнов/.

Литература

1. Н.К.Вишневский и др. ЯФ, 2С, 694 /1974/.
2. Б.Ю.Балдин и др. Препринт ОИЯИ, Р1-8322, Дубна, 1974.
3. Б.Ю.Балдин и др. Препринт ОИЯИ, 13-7751, Дубна, 1974.
4. Р.Ляйсте и др. Препринт ОИЯИ, 13-7699, Дубна, 1974.
5. Л.С.Вертоградов и др. Сообщение ОИЯИ, 1-7798, Дубна, 1974.
6. А.В.Гришкевич и др. Труды Междунар. конф. по аппаратуре в физике высоких энергий, Дубна, 8-12 сентября 1970 г. Под ред. В.П.Джелелова и др. ОИЯИ, Д-5805, Дубна, 1971, стр. 29.
7. Н.К.Вишневский и др. Труды Междунар. конф. по аппаратуре в физике высоких энергий, Дубна, 8-12 сентября 1970 г. ОИЯИ, Д-5805, Дубна, 1971, стр. 305.
8. Н.К.Вишневский и др. Препринт ИФВЭ, СЭФ71-86, Серпухов, 1971.
9. С.В.Донсков и др. ПТЭ, №3, 60 /1969/.
10. E.R.Hayes, R.Schulter, A.Tamosaitis. Preprint ANL-6916, 1964.

11. *Philips Data Handbook. Electron Tubes*, P.6, 1970.
12. J.R.Prescott. *Nucl.Instr.Meth.*, 39, 173 (1966).
13. В.П.Зрелов. *Излучение Вавилова-Черенкова и его применение в физике высоких энергий /Ч.II.Счетчики Черенкова/*, Атомиздат, Москва, 1968, стр. 48.
14. P.Duteil et al. *CERN 68-14*, Geneva, 1968.
15. M.Deutsch. *Int. Conf. High-Energy Accel. and Instr. CERN*, 1959, 593.
16. M.Vivargent et al. *Nucl.Instr.Meth.*, 22, 165 (1963).
17. Ю.Д.Прокошкин. *ПТЭ*, №2, 71 /1970/.
18. S.J.Lindenbaum et al. *Nucl.Instr. and Meth.*, 20, 256 (1963).
19. Г.А.Шелков, Й.Шюлер. *Препринт ОИЯИ, P13-8519*, Дубна, 1975.
20. Дж.Джелли. *Черенковское изучение и его применения*. стр. 73, ИИЛ, Москва, 1960.
21. С.П.Денисов. *Труды Междунар. конф. по аппаратуре в физике высоких энергий*. Дубна, 8-12 сентября 1970 г. ОИЯИ, Д-5805, Дубна, 1971, стр. 453.
22. А.С.Вовенко и др. *УФН*, 81, 453 /1963/.
23. K.G.Dedrick. *Phys.Rev.*, 87, 891 (1952).

Рукопись поступила в издательский отдел
18 ноября 1975 года.