

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

P-398.

А.С. Вовенко, А.Л. Любимов, И.А. Савин, В.С. Ставинский,  
Т.Т. Стойчев

ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК,  
ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ПРИНЦИП  
ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ  
*ЖТЭ, 1960, №5, с 119-120*

А.С. Вовенко, А.Л. Любимов, И.А. Савин, В.С. Стевинский,  
Т.Т. Стойчев

ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК,  
ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ПРИНЦИП  
ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Исследования  
ядерной физики  
БИБЛИОТЕКА

### А н н о т а ц и я

Описана конструкция черенковского счетчика, использующего принцип полного внутреннего отражения излучения от границы раздела. Приведены результаты испытания счетчика.

## 1. Введение

На современных ускорителях обычно пучки состоят из частиц с разными значениями масс. Выделить частицы той или другой массы можно методом определения импульса и скорости. По импульсу частицы сортируются магнитным полем. Скорость определяется различного рода черенковскими счетчиками. В тех случаях, когда требуется регистрировать частицы со скоростью меньше определенной величины, удобно использовать явление полного внутреннего отражения черенковского излучения от границы раздела. Счетчики, основанные на этом принципе, уже применялись [1]. Нами разработана конструкция счетчика, работающего вблизи границы применимости принципа.

### Описание и принцип действия

На рис. 1а и 1б схематически изображено устройство счетчика. Черенковский свет от заряженной частицы, проходящей через радиатор, падает на передний торец под разными углами в зависимости от скорости. Для частиц со скоростью  $\beta_0 = (n_1^2 - n_2^2)^{-1/2}$  угол падения равен углу полного внутреннего отражения. Свет от частиц со скоростью  $\beta_2 > \beta_0$  испытывает полное внутреннее отражение и поглощается на задней стенке контейнера, покрытой черным бархатом. Для частиц со скоростью  $\beta_1 < \beta_0$  излучение выходит из радиатора и попадает на два фотоумножителя типа ФЭУ-33, расположенных ниже пучка частиц. Каждый ФЭУ имеет отдельный выход. Для улучшения собирания света используется зеркало специальной формы. Минимальная разница между скоростями  $\beta_1$  и  $\beta_0$  с одной стороны, и  $\beta_2$  и  $\beta_0$  - с другой, а следовательно и разрешение счетчика по скорости  $\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$  определяются дисперсией среды, многократным рассеянием и ядерными взаимодействиями частиц в радиаторе, разбросом по импульсу и коллинеарностью частиц в пучке. Оценки показывают, что  $\Delta\beta \approx 0,05$ . Таким образом, если  $\beta_2 \approx 1$ , то максимальная скорость, которая может быть выделена данным принципом,  $\beta_1 \approx 0,95$ . При этом необходимо использовать среду с показателем преломления, близким к  $\sqrt{2}$ . Следует отметить также, что сцинтилляция среды,

образование  $\delta$ -электронов частицей, проходящей через радиатор, и ядерные взаимодействия в нем приводят к тому, что для любой скорости малая доля света выходит из радиатора и имеется определенная вероятность его регистрации. Для уменьшения этой вероятности необходимо использовать слабо сцинтиллирующие среды и минимально возможную толщину счетчика.

### Испытание счетчика

Исследование характеристик счетчика проводилось на пучке  $\pi^+$ -мезонов синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований. На рис. 2 представлены типичные кривые зависимости эффективности  $\epsilon$  от скорости  $\beta$   $\pi$ -мезонов для различных показателей преломления /  $n_2 = 1,545, 1,505$  - стирол со спиртом;  $n_2 = 1,466, 1,433, 1,420, 1,400$  - глицерин со спиртом./, полученные с одним фотоумножителем. Спад кривых в сторону малых значений  $\beta$  обусловлен тем, что выходящий свет не попадает на ФЭУ. Резкое падение эффективности в сторону больших значений  $\beta$  определяется полным внутренним отражением. Эффективность счетчика вследствие малого количества света /  $\sim 30$  фотонов на 1 ФЭУ/ сильно зависит от экземпляра ФЭУ. Для счетчика подбирались фотоумножители с максимальными синей /  $\sim 10$   $\mu\text{A}/\text{дюм}/$  и интегральной /  $\sim 50$   $\mu\text{A}/\text{дюм}/$  чувствительностями, которые позволили получить эффективность 95-96%.

Из кривых видно, что разрешение счетчика по скорости  $\Delta\beta \approx 0,03$ . Эффективность при  $\beta \rightarrow 1$  для всех показателей преломления  $\epsilon_x \rightarrow 0,01$ . Оценки показывают, что с такой вероятностью могут регистрироваться  $\pi^+$ -мезоны через  $\delta$ -электроны. Величина  $\epsilon_x$  была проверена и на пучках  $\pi^+$ -мезонов с импульсом 2,8 Бэв/с синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований и оказалась равной 0,01 - 0,03 для разных ФЭУ. В аналогичных счетчиках, используемых на беватроне в Беркли  $\epsilon_x \approx 0,1$  [2].

Используя несколько счетчиков, можно эффективно выделять частицы с данной скоростью до  $\beta \approx 0,95$  на весьма большом фоне быстрых частиц. В частности, применение их для выделения антипротонов с импульсом 2,8 Бэв/с описано в работе [3].

В заключение авторы выражают благодарность В.И. Векслеру за ценные обсуждения и постоянное внимание к работе.

Рукопись поступила в издательский отдел 29 августа 1959 года.

Л и т е р а т у р а

- 1 V.Fitch, R.Motley. Phys.Rev. 101, 496 (1956).
- 2 L.E.Agnew et.al. Phys.Rev. 108, 1545 (1957).
- 3 Н.М. Вирясов и др. /будет опубликовано в ЖЭТФ/.

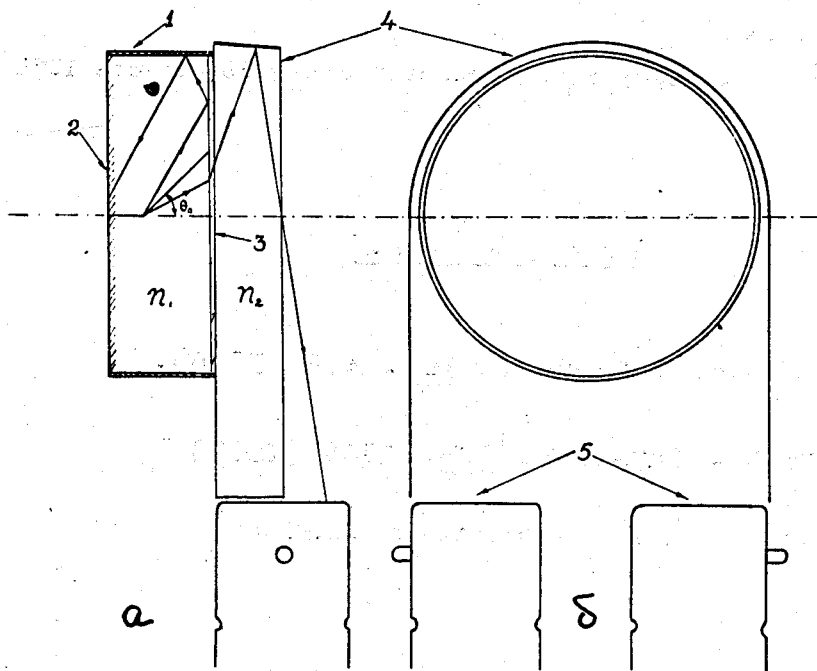


Рис. 1. Схематический вид счетчика.

- 1 - дюралевый контейнер  $\phi$  10 см, толщина 3 см.
- 2 - задняя крышка с бархатом.
- 3 - стеклянная пластинка, толщина 1 мм.
- 4 - зеркало.
- 5 - фотоумножители типа ФЭУ-33.
- $n_1$  - показатель преломления среды /радиатора/.
- $\theta_0$  - угол полного внутреннего отражения.

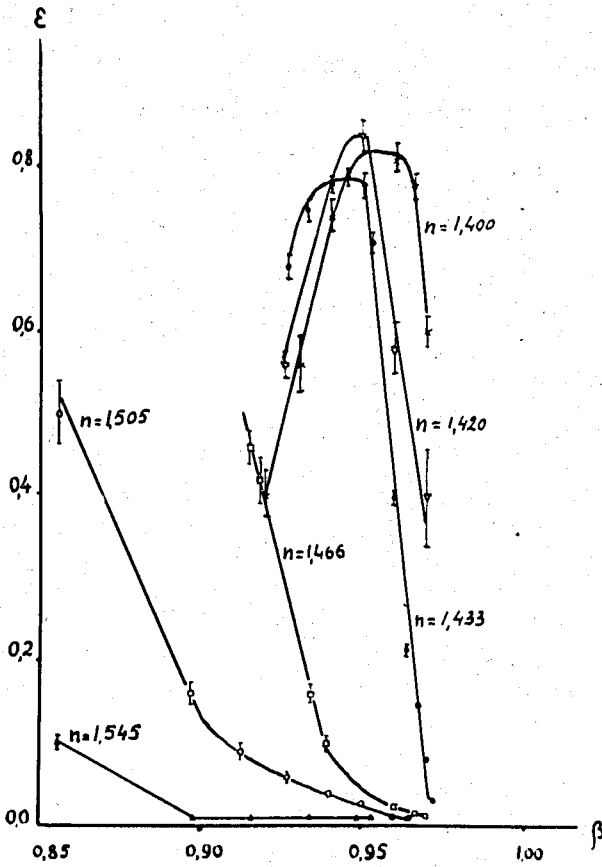


Рис. 2. Зависимость эффективности счетчика от скорости частиц для разных значений  $n_1$ .

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА