

СИСТЕМА ДЛЯ СОБИРАНИЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА ИЗ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА

Н.З. Гогитидзе, В.А. Царев, В.А. Чечин

УДК 535.313.2; 539.1.074.4

Предложена система для собирания черенковского света от широкого пучка релятивистских частиц.

Метод регистрации релятивистских частиц по их черенковскому излучению широко используется в практике физического эксперимента. Чувствительность метода существенно повышается, если черенковский свет собирается с большой площади на фотоприемник. Однако, в силу специфической направленности черенковского излучения, эффективное светособирание удастся обеспечить лишь в некоторых специальных случаях [1], ограниченных, как правило, требованием малости поперечных размеров пучка частиц по сравнению с размерами светособирающей системы. В настоящей работе мы предлагаем оптическую систему, которая позволяет решить задачу в

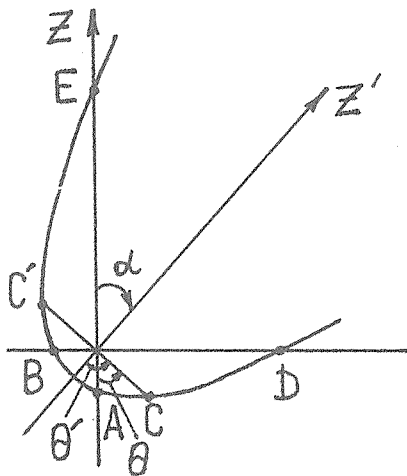


Рис. 1. Параболический отрагатель

противоположной ситуации: она собирает черенковский свет от параллельно движущихся частиц, когда поперечные размеры пучка много больше размеров светособирающей системы. Такая задача возникает, например, при регистрации равновесных мюонов от нейтринного пучка на больших расстояниях от ускорителя /2/. В силу ограниченности объема данной статьи мы приведем здесь только результаты. Вычисление и подробное обсуждение различных вариантов можно найти в нашей работе /3/.

Прибор состоит из детектора и отражателя. В качестве детектора могут быть использованы ФЭУ, МСП-детектор или какой-то иной фотоприемник, чувствительный к черенковскому свету в заданном диапазоне длин волн. Детектор может быть снабжен дополнительным оптическим устройством, собирающим сходящиеся лучи на светочувствительную поверхность. В дальнейшем для определенности предполагаем, что входное окно детектора плоское, имеет форму круга диаметром d . (Учет другой формы окна не представляет труда.) Отражатель представляет собой фигуру, образованную вращением выбранных участков параболы (см. рис. 1) вокруг оси симметрии. В качестве оси симметрии может быть выбрана ось z , которую мы считаем параллельной пучку частиц, или ось z' параболы, которая повернута вокруг фокуса O на угол α , равный углу испускания черенковских фотонов в данной среде. Центр детектора совпадает с фокусом. При этом возникает семь различных конфигураций отражающей поверхности, изображенных на рис. 2. В случаях 2, 5 и 6 окно детектора направлено навстречу черенковским фотонам, приходящим от частиц, в остальных случаях — в противоположную сторону.

Обозначим через k коэффициент светособирания, который мы определим как отношение числа черенковских фотонов N , приходящих в детектор, снабженный отражателем, к числу фотонов N_0 , приходящих в тот же детектор без отражателя, направленный навстречу пучку частиц (входное окно нормально к оси z), т.е. $k = N/N_0$. Величина N_0 может быть выражена через плотность потока частиц n , длину поглощения света в среде Λ , площадь детектора $\pi d^2/4$ и величину η , определяющую число черенковских фотонов, испускаемых с единицы длины трека частицы /3/

$$N_0 = n\eta\Lambda (\pi d^2/4) \cos\alpha.$$

Полное число фотонов N , попавших на детектор от отражателя, может быть вычислено по формуле /3/

$$N = \frac{n\eta\Lambda k}{\sin\alpha} \int \sin\Theta r(\Theta) d\Theta,$$

где k — коэффициент отражения, Θ — угол падения света на детектор и r —

расстояние от центра детектора до отражающей поверхности; область интегрирования определяется угловыми размерами отражателя. Можно показать [3], что коэффициент светосбора для предлагаемых отражателей про-

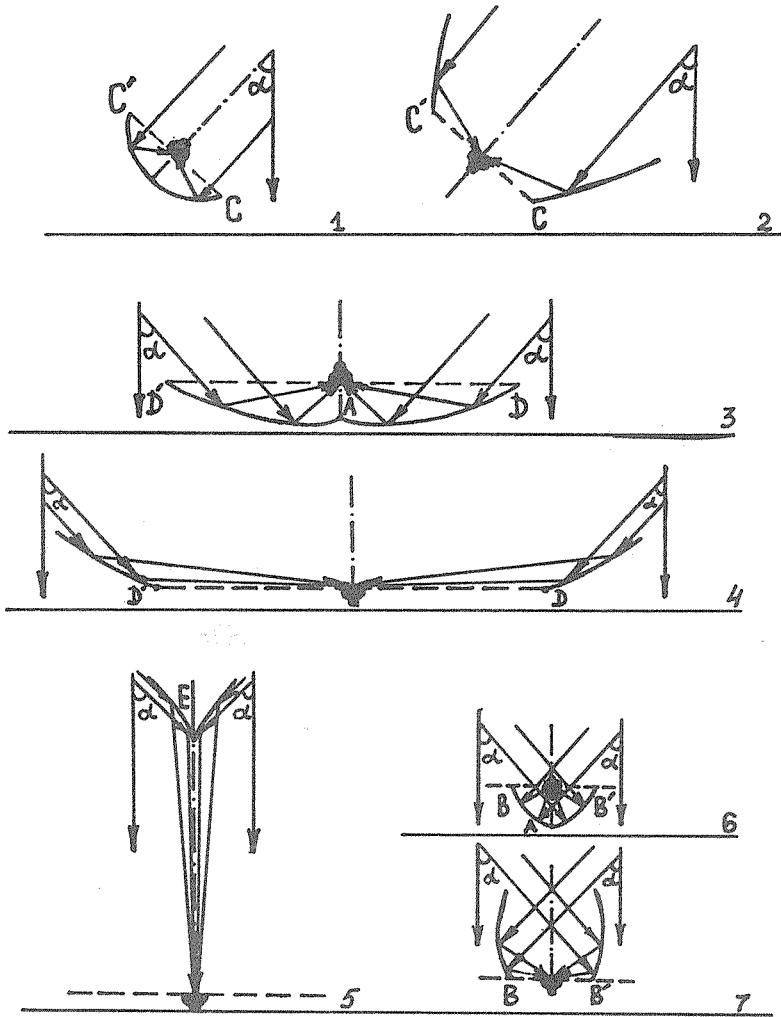


рис. 2. Различные конфигурации отражающей поверхности при вращении вокруг осей z и z'

порционален отношению диаметров отражателя D и детектора d : $k = C_k D/d$, где величина D определяется как удвоенное максимальное расстояние отражателя от оси симметрии. Значения коэффициента пропорциональности C для различных вариантов отражающей системы в случае, когда радиатором излучения является морская вода ($\alpha = 41^\circ$), приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Значения коэффициентов C и C_ϵ .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
C	0,89	0,69	0,62	0,28	0,13	1,12	1,52
C_ϵ	0,63	0,56	0,51	0,12	0,19	0,71	1,02

Там же приведены значения C_ϵ этого коэффициента в том случае, если имеется дополнительная зависимость от Θ эффективности светосбора $\epsilon = \cos\Theta$.

Если в среде имеется изотропный фон фотонов (например, черенковское излучение, обусловленное распадами радиоактивных атомов ^{40}K , растворенного в морской воде /4/), учитывая изотропию и соображения симметрии, легко показать, что фоновые загрузки в детекторе без отражателя и с отражателем в точности равны. Таким образом предлагаемые светособирающие системы позволяют повысить сигнал на детекторе и отношение сигнала к фону пропорционально D/d .

Поступила в редакцию 15 декабря 1983 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П. Зрелов, Излучение Вавилова – Черенкова и его применение в физике высоких энергий, ч. II, Атомиздат, М., 1968 г.
2. В.А. Царев, В.А. Чечин, Краткие сообщения по физике ФИАН № 8, 21 (1982).
3. Н.З. Гоготидзе, В.А. Царев, В.А. Чечин, Препринт ФИАН № 94, М., 1984 г.
4. B.D. Geelhood, DUMAND-82, Univ. of Hawaii, Honolulu, 1982, p. 30.