

## «СЧЁТЧИК ЧЕРЕНКОВА» ДЛЯ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Новый вид свечения, возникающего при прохождении заряжённых частиц в веществе со скоростями, превышающими фазовую скорость света ( $\frac{c}{n}$ , где  $n$  — показатель преломления), был открыт советским физиком П. А. Черенковым в 1934—1940 гг.<sup>1, 2</sup>

Теория этого явления подробно дана в работах И. Е. Тамма и И. М. Франка<sup>3, 4</sup>. Благодаря своей направленности и другим свойствам свечение Черенкова представляет большой интерес для экспериментатора как средство обнаружения и определения направления и скорости быстрых заряжённых частиц. Делавшиеся в 1947 г. попытки использования эффекта Черенкова для счёта быстрых электронов (Дикке, 1947<sup>5, 6</sup>), а также частиц космического излучения<sup>5, 7</sup> не дали достаточно надёжных результатов.

В настоящей заметке будут описаны успешные опыты регистрации заряжённых частиц космического излучения ( $\mu$ -мезонов) по вызываемым ими черенковским сцинтилляциям в дистиллированной воде<sup>8</sup>. Регистрация сцинтилляций осуществлялась с помощью фотоумножителя. Успех опытов объясняется низким уровнем шума фотоумножителя и малой постоянной времени применённой схемы усиления. На рис. 1 представлена схема расположения счётчиков Гейгера и «счётчика Черенкова», работавших в этом случае на совпадения. Счётчики Гейгера эффективной площадью в  $120 \text{ см}^2$  были расположены над цилиндрической кюветой, заполненной дистиллированной водой. Стенки кюветы для уменьшения потерь света были посеребрены, а верхний конец закрыт чёрной бумагой. У нижнего конца кюветы находился светособирающий конус, покрытый окисью магния, охватывавший фотокатод  $K$  11-каскадного фотоумножителя типа 5311. Импульсы на выходе умножителя усиливались и попадали, пройдя дискриминатор, в один из каналов схемы совпадений с разрешающей способностью  $\tau = 1,8 \text{ мксек}$ .

Счётчики Гейгера через катодный повторитель были соединены со вторым входом схемы совпадений. Усилитель имел постоянную времени, равную  $3,2 \cdot 10^{-8}$  сек., что обуславливало значительное снижение уровня шума фотоумножителя относительно короткого импульса от излучения Черенкова, продолжительность которого не превышала в данном случае  $10^{-9}$  сек. Выбор воды в качестве среды, в которой возникало свечение, был сделан с целью избежать регистрации сцинтилляций

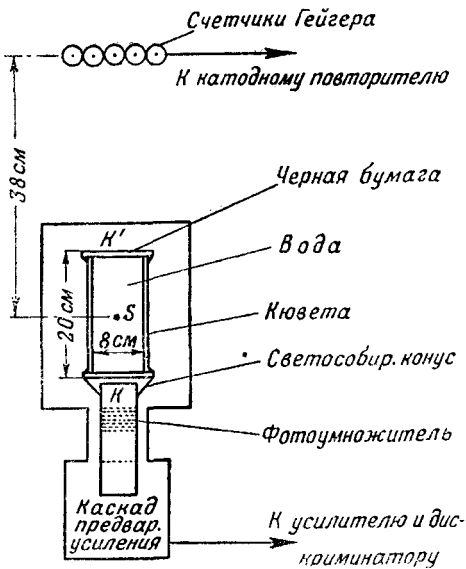


Рис. 1.

«нечеренковского» происхождения. Цилиндрическая форма кюветы была удобной для контрольных опытов, когда кювета и умножитель перемещались вверх дном.

При указанном на рис. 1 расположении счётчиков был проведён ряд серий отсчётов числа совпадений между импульсами счётчиков Гейгера и фотоумножителя. Количество случайных совпадений вычислялось и вычиталось из полученных результатов.

Решительным доказательством того, что регистрируемые сцинтилляции обусловлены излучением Черенкова, можно считать обнаруженный автором сильный эффект направленности. Как известно, в воде свечение должно заключаться внутри конуса, ограниченного углом  $41^\circ$  с направлением пути частицы. Угол излучения  $\theta$  связан с показателем преломления среды  $n$  и отношением скорости частицы к скорости света в вакууме  $\beta$  соотношением  $\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$ ; для воды  $n = 1,33$  и при  $\beta \rightarrow 1$   $\theta = 41^\circ$ .

Серии отсчётов числа совпадений проводились для двух положений счётчика: при фотокатоде под кюветой (положение  $B$ ) и при фотокатоде в точке  $K'$  над кюветой (положение  $A$ ). Были также проведены серии контрольных отсчётов при пустой кювете в положениях  $B$  и  $A$  для оценки числа совпадений, регистрируемых при возникновении импульса от быстрой частицы в самом фотоумножителе. В таблице приведены средние результаты подобных измерений для трёх разных потенциалов смещения дискриминатора, срезающих часть возникающих импульсов.

В таблице даны истинные числа совпадений в минуту (случайные вычтены). Буквы  $\Phi$ ,  $K$  и  $\mathcal{K}$  обозначают соответственно фотоумножитель, кювету и воду в ней. Отношение количеств совпадений  $\frac{\mathcal{K}_B}{\mathcal{K}_A}$  значительно превышает единицу и растёт с потенциалом смещение дискриминатора. В контрольных опытах кювета вместо воды заполнялась 0,5% раствором терфенила в ксилоле (см.<sup>6,9</sup>). Можно бы было ожидать, что возникающие в этом случае «обычные» сцинтилляции дадут отношение  $\frac{\mathcal{K}_B}{\mathcal{K}_A}$ , меньшее единицы, ввиду большей плотности потока частиц у фотокатода в положении  $A$ . Опыт, однако, дал отношение, равное  $1,26 \pm 0,06$  при смещении в 2 вольта. Величина его, превосходящая единицу, может быть объяснена тем, что и в ксилоле значительную долю сцинтилляций составляют черенковские.

Отношение  $\frac{\mathcal{K}_B}{\mathcal{K}_A}$  для воды, не стремящееся к бесконечности, обусловлено тем, что и в перевёрнутом положении ( $A$ ) в результате отражения от стенок, некоторые из сцинтилляций способны вызвать регистрируемый импульс. Рост отношения  $\frac{\mathcal{K}_B}{\mathcal{K}_A}$  со смещением дискриминатора согласуется с этим.

Согласно современным данным об интенсивности космического излучения на уровне моря (см., например,<sup>10</sup>) число совпадений в минуту для счётчика эффективностью в 100% и площадью  $57 \text{ см}^2$ , помещённого в точку  $S$  (см. рис. 1), должно составить 7 в минуту, что можно сравнить с 3,4 для фотоумножителя в положении  $B$ . В случае наполнения кюветы раствором терфенила в ксилоле число импульсов в минуту составляло 3,5.

Контрольные опыты, при которых слой свинца в 10 см размещался над счётчиками Гейгера, дали число совпадений в положении  $B$ , равное  $2,67 \pm 0,11$  в минуту в сравнении с  $3,35 \pm 0,04$  без свинца. Отсюда сле-

Таблица

Смещение дискриминатора	2 вольт		5 вольт		15 вольт	
	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
$\Phi + K + Ж$	$4,14 \pm 0,03$	$2,29 \pm 0,10$	$4,01 \pm 0,11$	$1,73 \pm 0,04$	$2,54 \pm 0,08$	$0,71 \pm 0,03$
$\Phi + K$	$0,79 \pm 0,03$	$1,26 \pm 0,02$	$0,47 \pm 0,01$	$0,98 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,01$	$0,40 \pm 0,02$
$Ж$	$3,35 \pm 0,04$	$1,03 \pm 0,10$	$3,54 \pm 0,11$	$0,75 \pm 0,05$	$2,39 \pm 0,08$	$0,3 \pm 0,04$
Отношение $\frac{Ж_B}{Ж_A}$	$3,25 \pm 0,32$		$4,72 \pm 0,35$		$7,7 \pm 1,0$	

дует заключение авторов о том, что 80% обнаруженного эффекта вызывается  $\mu$ -мезонами.

На рис. 2 дана зависимость числа импульсов в минуту, регистрируемых «счётчиком Черенкова», от глубины воды в кювете. Из того, что асимптотическое значение не достигается и при глубине воды 20 см, видно, что эффективность счётчика меньше единицы. Рис. 3 изображает зависимость числа импульсов в минуту от угла между осью симметрии «счётчика Черенкова» и вертикалью. Ход кривой достаточно хорошо

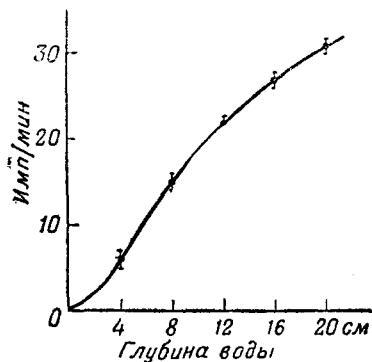


Рис. 2.

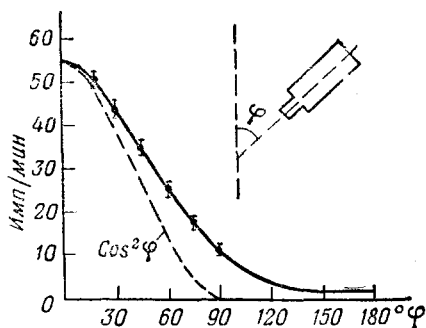


Рис. 3.

согласуется с ожидаемым, если учесть, что благодаря углу излучения в  $41^\circ$  и внутренним отражениям надо ждать большого числа импульсов при счётчике, лежащем горизонтально, и даже при углах  $180^\circ > \varphi > 90^\circ$ . Кривая косинусоидального распределения ( $\cos^2 \varphi$ ), совпадения с которой ожидать не следовало, приводится для сопоставления.

Весьма возможно, что по мере усовершенствования фотоумножителей и, в особенности, усилительных схем с малыми постоянными времени «счётчики Черенкова» станут распространённым и ценным дополнением в ряду приборов для регистрации отдельных быстрых частиц. Особенно важными свойствами их следует считать направленность действия и зависимость предельного угла излучения от скорости частиц, благодаря чему в принципе возможно прямое определение скорости. Как и другие сцинтилляционные счётчики «счётчик Черенкова» характерен крайней быстротой действия. Вместе с тем возможно получение очень больших рабочих объёмов. Чувствительность же его к ядерным «звёздам» и  $\gamma$ -квантам (в частности, лабораторному фону) низка, что также представляет преимущество.

*В. Вавилов*

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Черенков, ДАН 2, 451 (1934).
2. П. А. Черенков, Труды ФИАН СССР 2, № 4 (1944).
3. И. Е. Тамм и И. М. Франк, ДАН 14, 107 (1937).
4. И. М. Франк, УФН 30, 149 (1946).
5. Dicke, Phys. Rev. 71, 737 (1947).
6. В. М. Харитонов, УФН 39, 402 (1949).
7. Weisz and Anderson, Phys. Rev. 72, 431 (1947).
8. Jelley, Proc. Phys. Soc. A64, 82 (1951).
9. Reynolds и др., Phys. Rev. 78, 488 (1950).
10. Б. Росен, УФН 38, 222 (1949).