

М. И. ДАИОН

## САМОГАСЯЩИЕ СЧЕТЧИКИ ГЕЙГЕРА—МЮЛЛЕРА С МАЛОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

(Представлено академиком А. И. Алихановым 30 XI 1948)

Целью настоящей работы было изготовление самогасящих счетчиков Гейгера—Мюллера с малой эффективностью.

Под эффективностью  $\alpha$  данного счетчика понимается вероятность регистрации им релятивистских частиц. Для частиц с ионизацией в  $n$  раз большей, чем релятивистская, счетчик с эффективностью  $\alpha$  имеет эффективность  $n\alpha$  (при условии, если  $n\alpha$  мало по сравнению с 1).

Телескоп из  $k$  счетчиков, каждый из которых обладает эффективностью  $\alpha$ , будет регистрировать релятивистские частицы с вероятностью  $\alpha^k$ , а частицы с ионизацией в  $n$  раз большей, чем релятивистская,— с вероятностью  $n^k \alpha^k$  (при  $n\alpha$  малом по сравнению с 1). Эта особенность счетчиков малой эффективности делает их удобным прибором для изучения сильно ионизирующей части космического излучения<sup>(1)</sup>.

Если считать, что для начала разряда в счетчике достаточно образования одного иона, то для счетчика, у которого длины путей всех проходящих через него частиц одинаковы,

$$\alpha = 1 - e^{-slp},$$

где  $s$ —удельная ионизация,  $l$ —длина пути частицы в счетчике,  $p$ —давление газа в счетчике.

В реальном случае, в цилиндрическом счетчике частицы проходят различные пути. Л. Ландау любезно вычислил эффективность с учетом разброса путей и получил формулу:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} I_1(dw) - \frac{(dw)^2}{3} - \frac{(dw)^4}{3^2 \cdot 5} - \dots; \quad (1)$$

здесь  $d$ —диаметр счетчика,  $w = sp$ —число пар первичных ионов создаваемых на 1 см в газе счетчика, при давлении  $p$ , имеющемся в счетчике.

Для счетчика, наполненного смесью газов, если  $s_i$  и  $p_i$ , соответственно, удельная ионизация и парциальное давление каждой компоненты,

$$w = \sum s_i p_i.$$

Зависимость (1) изображена на рис. 1 графически непрерывной кривой; здесь  $\alpha$ ,  $w$  и  $d$  имеют те же значения, что и в формуле (1).

Экспериментальная часть. Изготовленные нами самогасящие счетчики с малой эффективностью наполнялись смесью  $\text{He} + \text{спирт}$ . Диаметры счетчиков 6,7, 10 и 20 мм. Измерение эффективности счетчиков производилось по космическим лучам.

А. Схема опыта изображена на рис. 2.

В телескоп, образованный из счетчиков Гейгера—Мюллера (1, 2), помещались: исследуемый счетчик малой эффективности А и обычный

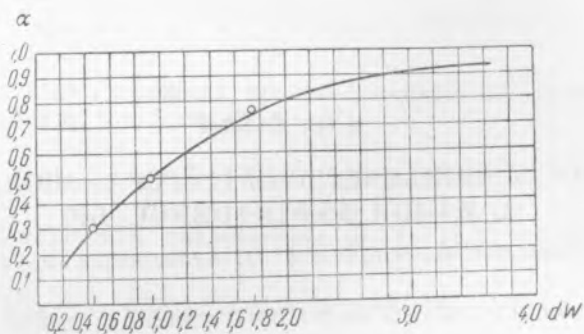


Рис. 1

счетчик В, наполненный смесью  $\text{Ag} + \text{спирт}$ , имеющий эффективность, практически равную 100%, и диаметр, равный диаметру счетчика А.

Измерялось число тройных совпадений 1—А—2 и 1—В—2. Отношение числа совпадений 1—А—2 к числу совпадений 1—В—2, из-

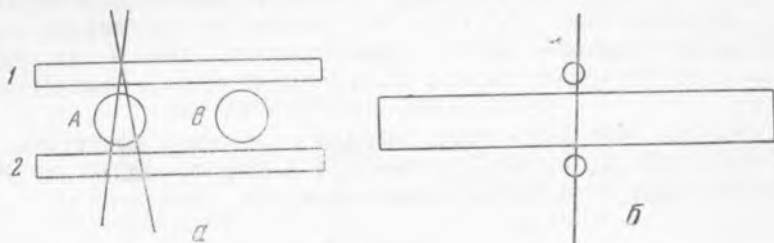


Рис. 2

меренных за одинаковое время, дает эффективность счетчика А. Для выделения тройных совпадений нами использовалась обычная схема совпадений Росси. Тройные совпадения регистрировались механическим счетчиком.

В нашей установке одновременно измерялись тройные совпадения 1—А—2 и 1—В—2.

Счетчики 1 и 2 брались небольшого диаметра (6,7 мм), а расстояние между ними было выбрано так, чтобы выделяемый ими телесный угол был достаточно мал и все попадающие в счетчик А частицы падали перпендикулярно его образующей (рис. 2, б).

Для увеличения интенсивности счета мы брали три группы счетчиков 1 и 2, а также два счетчика А и два счетчика В, как изображено на рис. 3. Расстояние  $d$  бралось таким, что двойные совпадения типа  $ae$  и  $bd$  составляли незначительную долю двойных совпадений 1—II.

Б. Нами также измерялась эффективность счетчиков при другой постановке опыта (изображен на рис. 4).

В телескоп из счетчиков 1, 2 помещался исследуемый счетчик А. Измерялось число двойных совпадений 1, 2 и одновременно число тройных совпадений 1—А—2.

Всякая частица, прошедшая счетчики 1 и 2 и давшая, таким образом, двойное совпадение 1, 2, непременно должна пройти через счетчик А. Отношение числа совпадений 1 — А — 2 к числу совпадений 1 — 2 дает эффективность счетчика А.

Однако, в отличие от первой постановки опыта, здесь частицы проходят только центральную часть счетчика А (рис. 4, а). Кроме

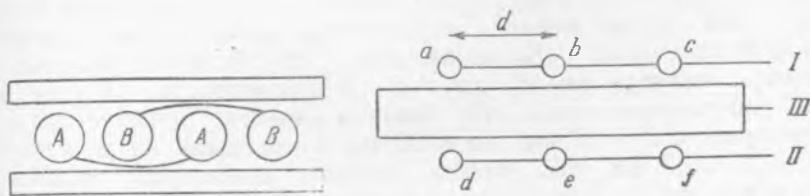


Рис. 3

того, здесь через исследуемый счетчик могут проходить частицы, наклонные к его образующей (рис. 4, б).

Результаты измерений. Производилось измерение эффективности трех групп счетчиков различного наполнения. Полученные из опыта эффективности счетчиков оказались равными 76, 49 и 30%. Статистическая точность измерений составляла 5—8%.

Для сравнения полученных опытных данных с графиком рис. 1 для каждого наполнения счетчика данного диаметра должна быть вычислена величина

$$dw = spd = d(s_{\text{He}} p_{\text{He}} + s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} p_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}})$$

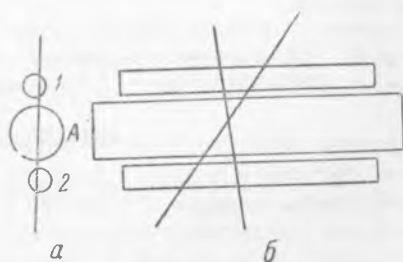


Рис. 4

отложенная на оси абсцисс графика рис. 1 и являющаяся аргументом в формуле (1).

При этом вычислении мы принимали

$$s_{\text{He}} = 6,5 \text{ ион / см} \cdot \text{атм.}^{(2)},$$

$$s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 33 \text{ ион / см} \cdot \text{атм.}^*$$

На рис. 1 штрихами на оси абсцисс отмечены вычисленные величины  $dw$  для изготовленных нами счетчиков. Кружками нанесены полученные экспериментально эффективности этих счетчиков.

Теоретически вычисленная эффективность для каждого  $dw$  дается соответствующей ординатой непрерывной кривой рис. 1. Таким образом, в пределах статистических ошибок опыта полученные точки укладываются на теоретическую кривую.

Выводы. 1. Самогасящие счетчики Гейгера — Мюллера малой эффективности являются столь же стабильным прибором, как и обычный счетчик Гейгера — Мюллера. Плато у счетчиков малой эффективности несколько меньше.

2. Формула (1) подтверждается экспериментом для счетчиков, наполненных смесью He + спирт. Таким образом, график рис. 1 является

\*  $s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 33 \text{ ион / см} \cdot \text{атм.}$  получается, если предположить, что  $s$  и  $n_e$  связаны эмпирическим соотношением  $s = 1,1 n_e + 3$ , где  $n_e$  — число электронов в молекуле. Если же считать  $s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = s_{\text{N}_2} + s_{1/2 \text{O}_2} + s_{\text{C}_2}$ , то  $s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 42$ . Результаты наших измерений не дают возможности сделать уверенный выбор в пользу одного из значений  $s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 33$  или  $s_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 42$ .

удобным рабочим графиком для определения эффективности цилиндрических счетчиков.

3. При работе с мало эффективными счетчиками следует учитывать то обстоятельство, что эффективность счетчика зависит от того, как частицы проходят счетчик. Формула (1) и график рис. 1 относятся к случаю, когда частицы проходят счетчик на любом расстоянии от его центра (рис. 2, *a*) и перпендикулярно к его образующей (рис. 2, *б*). Эти условия имеют место в первой постановке нашего опыта (А).

Второй наш опыт (Б) показывает, что если эти условия не выполнены, счетчик имеет другую эффективность. Когда мы во второй постановке опыта (Б) брали в качестве испытуемых счетчиков счетчики с  $d = 10$  мм и  $d = 20$  мм и помещали их между счетчиками с  $d = 6,7$  мм так, чтобы частицы проходили только через центральную часть испытуемых счетчиков, их эффективность возросла и стала 54 и 84%, в то время как в первой постановке опыта она была 49 и 76%, соответственно.

Изготовленные счетчики мы используем для изучения ионизирующей способности варитронов.

Автор приносит благодарность А. И. Алиханяну, по предложению которого была произведена данная работа, за постоянный интерес к работе.

Институт физических проблем  
Академии наук СССР

Поступило  
6 VIII 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> W. E. Danforth and, W. E. Ramsey, Phys. Rev., 49, 854 (1936); W. E. Hazen, ibid., 63, 107 (1943).