ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ АНИГИЛЯЦИИ ПАРЫ ПОЗИТРОН — ЭЛЕКТРОН

Согласно теории аниглиляции пары позитрон — электрон, плоскости поляризации двух образующихся при аниглиляции и разлетающихся в противоположные стороны квантов излучения должны быть взаимно перпендикулярны. Реферируемые сообщения[1,2] посвящены экспериментальной проверке этого предсказания, с неизбежностью следующего из закона сохранения момента импульса. В обоих исследованиях методика измерений была почти одинакова, различаясь только в деталях.

Источником излучения служила аниглиляция медленных позитронов (0,66 MeV), испускаемых Cu^{64} (период полураспада 12,8 часа), изготовленной путём облучения меди дейтеронами в циклотроне. Образующиеся фотоны имели энергию 0,51 MeV. Ганна[2] проводил измерения с 13 различными экземплярами источника, обладавшими начальной активностью около $3 \cdot 10^8$ позитронов в секунду и дававшими наблюдаемое аниглиляционное излучение в течение 36 часов после облучения. Блёйлер и Бредт[1] использовали четыре источника различной интенсивности.

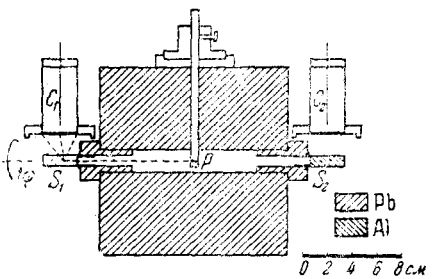

Рис. 1. Схема установки для измерения поляризации аниглиляционного излучения[1].

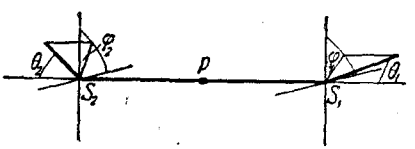

Рис. 2.

Источник P, заключённый в алюминиевую трубочку, помещался в центре просверленного в свинцовом блоке канала, игравшего роль коллиматора. (В установке Блёйлера и Бредта канал имел диаметр 9,5 *мм*, рис. 1.)

Вылетевшие в противоположных направлениях фотоны, пройдя по каналу, попадали в рассеиватели S_1 и S_2, изготовленные из алюминия[1,2] или меди[2] и служившие анализаторами. (У Ганна рассеиватели имели 25 *мм* в длину и 15 *мм* в диаметре.)

Как известно, вероятность комптоновского рассеяния в данном направлении существенно зависит не только от угла рассеяния θ, но и от угла φ, образуемого плоскостью рассеяния с плоскостью поляризации рассеиваемого излучения. Если из источника P (рис. 2) одновременно вылетают в противоположных направлениях два фотона, рассеиваемые затем в S_1 и S_2, и если плоскости их поляризации взаимно перпендикулярны, то вероятность одновременного обнаружения рассеянных фотонов внутри телесных углов $d\Omega_1$ и $d\Omega_2$ в направлениях θ_1, φ_1 и θ_2, φ_2, где φ_1 и φ_2 отсчитываются от произвольной плоскости, включающей направление вылета фотонов из источника, даётся выражением

$$W(\vartheta_1, \varphi_1, \vartheta_2, \varphi_2)\, d\Omega_1\, d\Omega_2 = k \left\{ \frac{[(1-\cos\vartheta_1)^3+2]\,[(1-\cos\vartheta_2)^3+2]}{(2-\cos\theta_1)^3\,(2-\cos\vartheta_2)^3} - \right.$$

$$\left. - \frac{\sin^2\theta_1 \sin^2\theta_2 \cos 2(\varphi_1-\varphi_2)}{(2-\cos\theta_1)^2\,(2-\cos\theta_2)^2} \right\} d\Omega_1\, d\Omega_2.$$

k — постоянная, зависящая от интенсивности источника, поперечников рассеяния рассеивателей S_1 и S_2 и параметров установки.

В случае, когда плоскости поляризации рассеиваемых фотонов не перпендикулярны друг к другу, это соотношение выполняться не будет. Таким образом, проверка этого соотношения путём измерения количества пар фотонов, претерпевающих в установке описанного типа одновременное рассеяние внутрь данных телесных углов Ω_1 и Ω_2 при данных θ_1 и θ_2, но различных φ_1 и φ_2, является вместе с тем проверкой взаимной перпендикулярности плоскостей поляризации фотонов, возникающих в процессе аннигиляции пары.

В качестве счётчиков фотонов в обеих работах применялись счётчики Гейгера. Телесные углы Ω_1 и Ω_2 вырезались свинцовыми диафрагмами, причём Ганна использовал двоякие диафрагмы, вырезавшие широкий и узкий телесный угол. Установка Блёйлера и Бредта содержала два счётчика — по одному с каждой стороны канала, могущих вращаться вокруг оси канала (рис. 1). Измерения велись при $\varphi_2 - \varphi_1 = 0°$, 90°, 180° и 270°, причём варьировались положения обоих счётчиков. В установке Ганна с обеих сторон канала располагались спаренные счётчики, установленные под углами φ_1, $\varphi_1 + \pi$, φ_2, и $\varphi_2 + \pi$, причём одна из пар поворачивалась вокруг оси канала относительно другой пары, так что $\varphi_2 - \varphi_1 = 0°$ или 90°. У Ганна $\theta_1 = \theta_2 = 90°$, у Блёйлера и Бредта $\theta_1 = \theta_2 = 82°$, так как вследствие абсорбции в рассеивателях средний угол рассеяния оказался несколько меньше 90° в согласии с теорией.

Поправки вводились на изменение интенсивности источника вследствие распада и случайные совпадения.

В опытах Ганна около 70% общего числа отсчётов каждой из пар счётчиков обусловливалось фотонами, рассеянными в S_1 или S_2. Число совпадений, связанных с рассеянием аннигиляционного излучения, равнялось примерно 0,5 в минуту. Около 3 совпадений в минуту вызывались космическими лучами.

Таблица I

	Число отсчётов в минуту
Среднее число единичных отсчётов в отсутствии рассеивателя	3 000
Среднее число единичных отсчётов в присутствии рассеивателя	5 370
Вероятное число совпадений ($T = 1{,}2 \cdot 10^{-7}$ сек.)	0,117
Действительное число совпадения при $\varphi_2 - \varphi_1 = 90°$ или 270° ($W_\perp$)	0,152
Действительное число совпадений при $\varphi_2 - \varphi_1 = 0°$ или 180° ($W_\parallel$)	0,073
Отношение $\frac{W_\perp}{W_\parallel} = 2{,}1 \pm 0{,}64$.	

Измерения Блёйлера и Бредта характеризуются следующей таблицей, относящейся к одной из серий их измерений продолжительностью 16 часов (табл. I).

Средние значения $\frac{W_\perp}{W_\parallel}$, полученные для различных серий измерений, сведены в таблице II.

Таблица II

Авторы		Блёйлер и Бредт	Ганна		
Материал рассеивателя		алюминий	алюминий	латунь	
Свинцовые диафрагмы		?	узкая	узкая	широкая
$W_{\perp}$ / $W_{\parallel}$	Теория	1,7	1,86	1,82	1,55
	Эксперимент . .	$1{,}9_4 \pm 0{,}3_7$	$1{,}51 \pm 0{,}10$	$1{,}31 \pm 0{,}17$	$1{,}39 \pm 0{,}07$

Таким образом, с несомненностью установлен факт относительного поворота плоскостей поляризации двух фотонов, возникающих при аннигиляции пары, близкого к 90°. По мнению Ганна, наблюдаемые в его опытах систематические расхождения с теорией не могут быть объяснены флуктуациями. С другой стороны, не исключено влияние вторичного рассеяния, поскольку при рассеянии в алюминии расхождение с теорией оказывается меньше, чем при рассеянии в латуни. В связи с этим Ганна считает необходимым дальнейшие опыты для установления того, насколько реальным является это расхождение и в какой мере оно может быть приписано аппаратурному эффекту. В отношении результатов Блёйлера и Бредта, хорошо совпадающих с предсказаниями теории, Ганна находит, что указываемые в [1] пределы возможных ошибок делают их совместимыми с его результатами.

Г. Розенберг

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. E. Bleuler and H. L. Bradt, Phys. Rev. 73, 1398 (1948).
2. R. C. Hanna, Nature 162, 332 (1948).