

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ АНИГИЛЯЦИИ ПАРЫ ПОЗИТРОН — ЭЛЕКТРОН

Согласно теории анигиляции пары позитрон — электрон, плоскости поляризации двух образующихся при анигиляции 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 анигиляция 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. Ганна² проводил измерения с 13 различными экземплярами источника, обладавшими начальной активностью около $3 \cdot 10^8$ позитронов в секунду и дававшими наблюдаемое анигиляционное излучение в течение 36 часов после облучения. Блэйлер и Бредт¹ использовали четыре источника различной интенсивности.

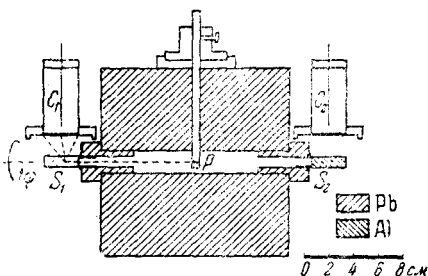


Рис. 1. Схема установки для измерения поляризации анигиляционного излучения¹.

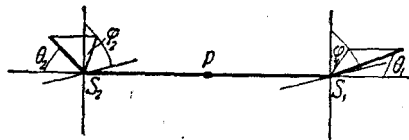


Рис. 2.

Источник P , заключённый в алюминиевую трубочку, помещался в центре просверленного в свинцовом блоке канала, игравшего роль коллиматора. (В установке Блэйлера 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 меди² 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

$$W(\theta_1, \varphi_1, \theta_2, \varphi_2) d\Omega_1 d\Omega_2 = k \left\{ \frac{[(1 - \cos \theta_1)^3 + 2][(1 - \cos \theta_2)^3 + 2]}{(2 - \cos \theta_1)^3 (2 - \cos \theta_2)^3} - \frac{\sin^2 \theta_1 \sin^2 \theta_2 \cos 2(\varphi_1 - \varphi_2)}{(2 - \cos \theta_1)^2 (2 - \cos \theta_2)^2} \right\} d\Omega_1 d\Omega_2.$$

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 внутри 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 двойные диафрагмы, вырезавшие широкий и узкий телесный угол. Установка Блэйлера и Бредта содержала два счётчика — по одному с каждой стороны канала, могущих вращаться вокруг оси канала (рис. 1). Измерения велись при $\varphi_2 - \varphi_1 = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ и 270° , причём варьировались положения обоих счётчиков. В установке Ганна с обеих сторон канала располагались спаренные счётчики, установленные под углами $\varphi_1, \varphi_1 + \pi, \varphi_2$, и $\varphi_2 + \pi$, причём одна из пар поворачивалась вокруг оси канала относительно другой пары, так что $\varphi_2 - \varphi_1 = 0^\circ$ или 90° . У Ганна $\theta_1 = \theta_2 = 90^\circ$, у Блэйлера и Бредта $\theta_1 = \theta_2 = 82^\circ$, 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 обуславливалось фотонами, рассеянными в S_1 или S_2 . Число совпадений, связанных с рассеянием аннигиляционного излучения, равнялось пример-

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 совпадений при $\varphi_2 - \varphi_1 = 90^\circ$ или 270° ($W_\perp$)	0,152
Действительное число совпадений при $\varphi_2 - \varphi_1 = 0^\circ$ или 180° ($W_\parallel$)	0,073
Отношение $\frac{W_\perp}{W_\parallel} = 2,1 \pm 0,64$.	

но 0,5 в минуту. Около 3 совпадений в минуту вызывались космическими лучами.

Измерения Блэйлера 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		Блэйлер и Бредт	Ганна		
Материал рассеивателя		алюминий	алюминий	латунь	
Свинцовые диафрагмы		?	узкая	узкая	широкая
$W_{\perp}$	Теория	1,7	1,86	1,82	1,55
$W_{\parallel}$	Эксперимент . .	$1,94 \pm 0,37$	$1,51 \pm 0,10$	$1,31 \pm 0,17$	$1,39 \pm 0,07$

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 аппаратному эффекту. В отношении результатов Блэйлера 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).