

Н. А. ВЛАСОВ и Э. А. ЦИРЕЛЬСОН

УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ γ -КВАНТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ АННИГИЛЯЦИИ ПОЗИТРОНОВ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 8 X 11 1947)

Опыт А. И. Алиханова, А. И. Алиханьяна и Л. А. Арцимовича ⁽¹⁾ показал, что аннигиляционные γ -кванты распространяются преимущественно в противоположных направлениях. Представляет интерес более детальное исследование углового распределения квантов. Оно решает вопрос о том, аннигилируют ли позитроны, имея большую энергию, или, как предсказывает теория ⁽²⁾, предварительно потеряв энергию в веществе. Этому вопросу посвящена работа Берингера и Монтгомери ⁽³⁾.



Рис. 1. Схема установки. Масштаб не соблюден

Пользуясь, как и А. И. Алиханов, А. И. Алиханьян и Л. А. Арцимович, двумя счетчиками, работающими по схеме совпадений, и более сильным источником позитронов, помещенным между счетчиками, они получили кривую углового распределения, ширина которой не выходит за пределы угловой ширины счетчиков ^(4°).

Косвенным путем Берингер и Монтгомери устанавливают более узкую границу ширины углового распределения, чем следует непосредственно из полученной кривой. Но для этого, во-первых, предполагается определенная форма распределения, между тем как она неизвестна, а результат, как легко показать, довольно чувствителен к ней. Например, для распределения, изображаемого прямоугольником, верхняя граница полуширины оказывается почти вдвое больше, чем указанная Берингером и Монтгомери. Во-вторых, необходимое для этого косвенного заключения определение чувствительности счетчиков основано на недостаточно надежных данных об отношении числа позитронов к числу электронов, испускаемых Cu^{64} , и о поглощении тех и других в толще источника.

Неудивительно, что принятая Берингером и Монтгомери чувствительность счетчиков (0,1%) существенно расходится с другими данными (см., например, ⁽⁴⁾). Поэтому желательно более точное и непосредственное опытное определение ширины истинного углового распределения аннигиляционных квантов. Этому и посвящена наша работа.

Схема установки изображена на рис. 1.

Для повышения эффективности мы, во-первых, применили счетчики со свинцовым слоем 0,2 мм по внутренней поверхности алюминиевого

цилиндра, во-вторых, вместо одного использовали пачку из 5 счетчиков, расположенных в линию по пути γ -кванта и включенных параллельно. Применение свинца вместо алюминия или латуни в качестве материала для стенки счетчика, согласно измерениям Брадта и др. (4), утраивает чувствительность к γ -лучам, а чувствительность пачки из 5 счетчиков, очевидно, почти в 5 раз больше чувствительности каждого из них для квантов с первоначальным направлением, пересекающим все 5 счетчиков.

Обе пачки счетчиков устанавливались на одинаковом расстоянии от источника. Одна из них могла поворачиваться так, что угол между направлениями на счетчики из источника мог меняться в широких пределах. Диаметр счетчиков 8 мм, длина 5 см. Каждая пачка помещалась в стеклянную трубку с двумя молибденовыми вводами, один из которых присоединялся к корпусам счетчиков, другой к нитям. На корпуса счетчиков подавалось отрицательное напряжение порядка 1500 V, а нити каждой пачки присоединялись ко входу усилителя двойных совпадений. Лампы первого каскада усилителя работали с нагрузкой в катод и отбор совпадений производился в четвертом каскаде.

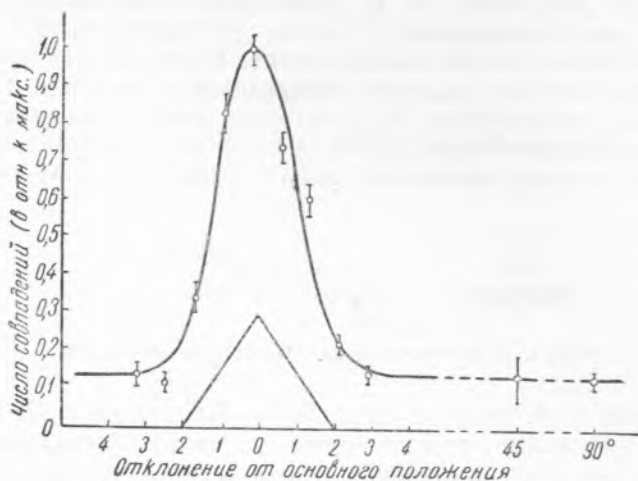


Рис. 2. Угловое распределение аннигиляционных γ -квантов. Основание треугольника равно удвоенной угловой ширине счетчика

Отсчет малых углов отклонения от основного положения (положение, когда нити всех счетчиков и источник на одной прямой) производился по миллиметровой шкале, укрепленной на известном расстоянии от источника. Линейные отклонения пересчитывались на градусы. Большие углы устанавливались непосредственно по лимбу с градусными делениями.

Применив пачки вместо одиночных счетчиков и используя свинец вместо латуни для стенок счетчиков, мы повысили чувствительность установки к отдельным квантам приблизительно в 15 раз, а общая эффективность нашей установки относительно парных квантов аннигиляции, следовательно, превышала эффективность установки Берингера и Монтомери приблизительно в 200 раз.

Благодаря этому нам удалось провести измерения с источником (кусочек медной пластинки, облученной быстрыми дейтонами), линейные размеры которого не превышали 2 мм, при довольно больших расстояниях от источника до счетчиков.

Мы приводим результаты двух серий измерений. Первая серия (рис. 2) проведена при расстоянии между источником и ближайшим

счетчиком 22 см. Угловая ширина счетчика в этом случае равна 2° . Из рис. 2 очевидно, что за пределами угла 2° остаются только случайные совпадения, число которых фактически одинаково для 3 и 90° .

Вторая серия измерений проведена с более интенсивным источником позитронов. Но этот образец, помимо аннигиляционных γ -квантов, испускал заметное количество более жестких благодаря примеси к Cu^{64} других радиоактивных изотопов, поэтому соотношение между фоном

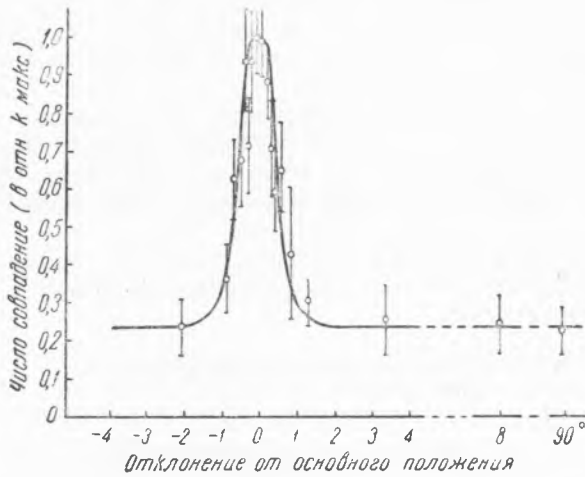


Рис. 3. Угловое распределение аннигиляционных γ -квантов

и эффектом здесь несколько хуже. Расстояние источник — счетчики было увеличено до 52 см, следовательно, угловая ширина счетчиков уменьшилась до $0,8^\circ$. Результаты измерений приведены в табл. 1 и на

Таблица 1

Число совпадений в зависимости от угла отклонения счетчиков от основного положения

Угол отклонения в градусах	Время измерения в мин.	Число совпадений	Число совпадений в час	Отношение числа совпадений к максимуму	Погрешность	Угол отклонения в градусах	Время измерения в мин.	Число совпадений	Число совпадений в час	Отношение числа совпадений к максимуму	Погрешность
-2	20	13	39	0,24	0,07	0,3	20	39	117	0,71	0,12
-0,8	15	15	60	0,36	0,09	0,4	15	25	100	0,60	0,12
-0,6	25	44	105	0,63	0,10	0,6	10	19	114	0,69	0,16
-0,4	18	34	113	0,63	0,12	0,7	10	18	108	0,65	0,16
-0,3	20	52	156	0,94	0,13	0,9	5	6	72	0,43	0,18
-0,2	20	40	120	0,72	0,12	1,4	20	17	51	0,31	0,07
-0,1	20	52	156	0,94	0,13	3,4	11	8	44	0,26	0,09
0	40	111	166	1,00	0,10	8,4	10	7	42	0,25	0,09
0,1	50	137	164	0,99	0,09	90	25	16	38,4	0,23	0,06
0,2	45	111	148	0,89	0,09						

рис. 3. Точки в области середины кривой довольно сильно разбросаны и формы кривой, конечно, не передают.

Это объясняется тем, что в примененной нами системе трудно было фиксировать и измерить положение подвижной пачки счетчиков с

точностью до 1 мм при расстоянии от оси вращения 52 см. Однако из этой кривой совершенно очевидно, что за пределами угла $0,8^\circ$, равного ширине счетчиков, число совпадений снова становится равным фону случайных.

Следовательно, наш опыт непосредственно и убедительно показывает, что по крайней мере 95% парных, аннигиляционных γ -квантов разлетаются под углами, отличающимися от 180° не больше, чем на 1° . На основании законов сохранения энергии и импульса легко подсчитать, что соответствующая доля позитронов аннигилирует, имея энергию меньше 80 eV, и следовательно, аннигиляционное γ -излучение является весьма монохроматичным.

При наличии достаточно интенсивных источников позитронов результат нашего опыта можно еще улучшить путем уменьшения диаметра счетчиков и удаления их на большие расстояния от источника, а также увеличения числа счетчиков в пачке. Мы попытаемся сделать это.

Тема настоящей работы и основные идеи по усовершенствованию установки предложены Б. С. Желеповым, которому мы выражаем глубокую благодарность.

Физический институт Ленинградского государственного
университета

Поступило
8 XII 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Алиханов, А. И. Алиханьян и Л. А. Арцимович, ДАН, **1**, 275 (1936). ² В. Гайтлер, Квантовая теория излучения, 1940. ³ R. Beringer and C. Montgomery, Phys. Rev., **61**, 222 (1942). ⁴ H. Bradt, P. C. Gugelot, O. Huber, H. Medicus, P. Preiswerk and P. Scherrer, Helv. Phys. Acta, **19**, 77 (1946).