

Л. А. КУЛЬЧИЦКИЙ

## ВЗАИМНАЯ СВЯЗЬ НАПРАВЛЕНИЙ ВЫЛЕТА $\alpha$ -ЧАСТИЦ И $\gamma$ -КВАНТОВ ПРИ ПРЕВРАЩЕНИИ $\text{ThC} \rightarrow \text{ThC}''$

(Представлено академиком П. И. Лукирским 17 VI 1950)

Измерение угловой корреляции последовательно испускаемых ядром  $\alpha$ -частиц и  $\gamma$ -квантов позволяет в некоторых случаях делать заключение относительно угловых моментов и четности тех уровней, с которыми связано данное излучение.

В настоящей работе измерена угловая корреляция  $\alpha$ -частиц  $\text{ThC}$  и  $\gamma$ -квантов для наиболее интересного перехода при  $\alpha$ -распаде на первый возбужденный уровень  $\text{ThC}''$  с последующим испусканием  $\gamma$ -квантов 40 кэв.

Источником  $\text{ThC}$  служил активный осадок  $\text{Th}$ , осажденный на алюминиевую подкладку толщиной 5  $\mu$ . На рис. 1 приведена схема расположения опытов. В центре камеры (А) помещался источник. Давление в камере подбиралось таким, чтобы поглощались все остальные, короткопробежные группы  $\alpha$ -частиц  $\text{ThC}$ , имеющие пробеги значительно меньше, чем интересующая нас группа. Другие  $\alpha$ -частицы, излучаемые при переходе на основной уровень  $\text{ThC}''$ , а также  $\alpha$ -частицы  $\text{ThC}'$ , естественно, не дают истинных совпадений, а только увеличивают загрузку  $\alpha$ -счетчика.

$\alpha$ -частицы регистрировались пропорциональным счетчиком (В), а  $\gamma$ -кванты — счетчиком (С), перед которым помещался стироловый фильтр для поглощения  $\beta$ -частиц.

Углы, под которыми видны входные окошки счетчиков из источника, составляли  $14^\circ$ .

Изменялось число совпадений между  $\alpha$ -частицами и  $\gamma$ -квантами при различных углах  $\theta$  между счетчиками.

Регистрация совпадений  $\alpha$ -частиц и  $\gamma$ -квантов производилась по схеме Росси, причем импульсы от счетчиков предварительно усиливались широкополосными усилителями, а затем перед совпадением формировались стандартные импульсы при помощи триггерной схемы. Разрешающее время совпадений  $\tau = 1,4 \cdot 10^{-7}$  сек.



Рис. 1. Схема опытов по измерению  $\alpha$  —  $\gamma$ -угловой корреляции. А — камера для разделения групп  $\alpha$ -частиц, В —  $\alpha$ -счетчик, С —  $\gamma$ -счетчик

В табл. 1 приведены результаты основных измерений.

Фон измерялся обычным способом, — с помещением перед  $\gamma$ -счетчиком свинцового фильтра и облучением его другим постоянным источником. Число полученных случайных совпадений затем пересчитывалось соответственно загрузкам обоих счетчиков в условиях измерения истинных совпадений.

Таблица 1

$\theta^\circ$	Фон случайных совпадений	Число истинных совпадений
180	1172	$703 \pm 44$
155	1171	$832 \pm 45$
135	1155	$980 \pm 47$
115	1158	$707 \pm 44$
80	1167	$533 \pm 43$

Эти результаты находятся в хорошем согласии с другими опытами, проведенными ранее в худших условиях. Например, в первых двух опытах источником служил тонкий слой  $RdTh$  в равновесии с продуктами распада, а  $\alpha$ -частицы  $RdTh$ , содержащие

также короткопробежную группу, отфильтровывались.

В третьем опыте источником был, так же как и в последнем (основном), активный осадок  $Th$ , но измерения производились при  $\tau = 2,2 \cdot 10^{-7}$  сек.

Все эти опыты отличаются большим фоном случайных совпадений и меньшей статистической точностью.

В первом опыте среднее число истинных совпадений превышает фон на 9,5%, во втором — на 12%, в третьем — на 43% и в основном — на 66%.

В табл. 2 приведены результаты всех 4 опытов, снормированных по полному числу истинных совпадений в четвертом опыте. Число истинных совпадений под углом  $80^\circ$  в четвертом опыте принято за 1.

Таблица 2

$\theta^\circ$	Относительная интенсивность истинных совпадений			
	1-й опыт	2-й опыт	3-й опыт	4-й опыт
180	$1,07 \pm 0,14$	$0,97 \pm 0,19$	$1,36 \pm 0,12$	$1,32 \pm 0,08$
154	$1,48 \pm 0,14$	$1,58 \pm 0,19$	$1,56 \pm 0,12$	$1,56 \pm 0,09$
135	$2,22 \pm 0,14$	$1,89 \pm 0,20$	$1,83 \pm 0,12$	$1,84 \pm 0,09$
115	$1,38 \pm 0,24$	$1,45 \pm 0,19$	$1,34 \pm 0,12$	$1,33 \pm 0,08$
80	$0,92 \pm 0,19^*$	$1,17 \pm 0,19$	$0,96 \pm 0,12$	$1,00 \pm 0,08$

\* В 1-м опыте измерения производились под углом  $85^\circ$ .

Результаты опытов сравнивались с теоретическими расчетами, произведенными А. З. Долгиновым (1).

Согласно этим расчетам, вероятность  $w(\theta)$   $\gamma$ -кванту вылететь под углом  $\theta$  относительно направления испускания  $\alpha$ -частицы определяется выражением вида:

$$w(\theta) = \sum_L |Q_{j_1 j_2}^L|^2 w_L(\theta) + \sum (Q_{j_1 j_2}^L Q_{j_1 j_2}^{L'*} + kc) w_{LL'}(\theta),$$

где  $w_L(\theta)$  и  $w_{LL'}(\theta)$  — полиномы четной степени  $\cos \theta$  вида  $C + A \cos^2 \theta + B \cos^4 \theta + \dots$ , высшая степень которых зависит от мультипольности  $\gamma$ -излучения. Коэффициенты  $A, B, C$  однозначно определяются значениями угловых моментов ядра в начальном состоянии ( $j_1$ ), после испускания  $\alpha$ -частицы ( $j_2$ ) и в конечном состоянии, после испускания  $\gamma$ -кванта ( $j_3$ ), а также изменением угловых моментов при переходах.

Коэффициенты  $(Q_{j_1 j_2}^L)^2$  пропорциональны вероятности вылета  $\alpha$ -частицы с различными возможными значениями орбитального момента  $L$ . Суммирование производится по возможным значениям  $L$  одинаковой четности, т. е. от  $|j_1 - j_2|$  до  $|j_1 + j_2|$ .

Наличие максимума под углом, близким к  $45^\circ$ , указывает, что  $\gamma$ -излучение не может быть дипольным (для дипольного излучения  $w(\theta) = C + A \cos^2 \theta$ ).

Из всевозможных угловых моментов  $j_1, j_2, j_3$  для квадрупольного  $\gamma$ -излучения  $w(\theta)$  имеет резко выраженный максимум под углом, близким к  $45^\circ$ , только для следующих комбинаций:

$$\begin{aligned} 0-3-1 \quad w(\theta) &= 1 + 6 \cos^2 \theta - 5 \cos^4 \theta; \\ 1-2-1 \quad w(\theta) &= 0,5(1 + 5 \cos^2 \theta - 5,33 \cos^4 \theta) \quad \text{для } L \text{ четных}; \\ 1-2-1 \quad w(\theta) &= 0,92(1 + 4,88 \cos^2 \theta - 6,73 \cos^4 \theta) \quad \text{для } L \text{ нечетных}; \\ 2-3-2 \quad w(\theta) &= 1,05(1 + 5,83 \cos^2 \theta - 6,73 \cos^4 \theta) \quad \text{для } L \text{ четных}. \end{aligned}$$

При вычислении  $w(\theta)$  коэффициенты  $(Q_{j_1 j_2}^L)^2$  взяты пропорциональными вероятностям  $\alpha$ -распада с орбитальными моментами  $\alpha$ -частиц  $L$  согласно вычислениям Престона<sup>(2)</sup>, т. е.  $(Q_{j_1 j_2}^{(4)})^2 : (Q_{j_1 j_2}^{(2)})^2 = 5 : 1$ , а  $(Q_{j_1 j_2}^{(3)})^2 : (Q_{j_1 j_2}^{(1)})^2 = 1,2 : 1$ .

При сравнении экспериментальных результатов с теоретическими в теоретическое распределение вводилась поправка каноническую величину углов, захватываемых счетчиками.

На рис. 2 приведены теоретические кривые с поправкой для всех приведенных комбинаций и, кроме того, для 1-3-1 ( $L$  четное), а также экспериментальные точки для основного опыта в соответствующем масштабе (масштаб выбирался такой величины, чтобы вершины кривых совпали).

Наиболее близкое совпадение с теоретической кривой получено для угловых моментов 0-3-1, однако трудно допустить, чтобы нечетно-четное ядро в основном состоянии имело спин, равный нулю.

Значениям коэффициентов  $Q_{j_1 j_2}^L$ , взятым согласно вычислениям Престона, нельзя вполне доверять, так как вычисления сделаны в предположении определенной модели ядра. Поэтому мы пытались изменять коэффициенты в довольно широких пределах для приведенных комбинаций моментов, а также и для других, однако лучшего согласия эксперимента с теорией мы не получили.

Несмотря на то, что мы не получили полного согласия наших опытов с какой-либо теоретической кривой, все же видно, что общий ход экспериментальной кривой и некоторых теоретических в их спадающей части одинаков и сама величина угловой корреляции, т. е. отношение  $w(\theta_{\max})/w(90^\circ)$  (где  $\theta_{\max}$  — угол, соответствующий максимуму кривой), дает хорошее согласие эксперимента с теорией.

Интересно, что сумма  $w(\theta)$  для 1-2-1 и 1-3-1 дает очень хорошее согласие между экспериментом и теорией (рис. 3). Можно

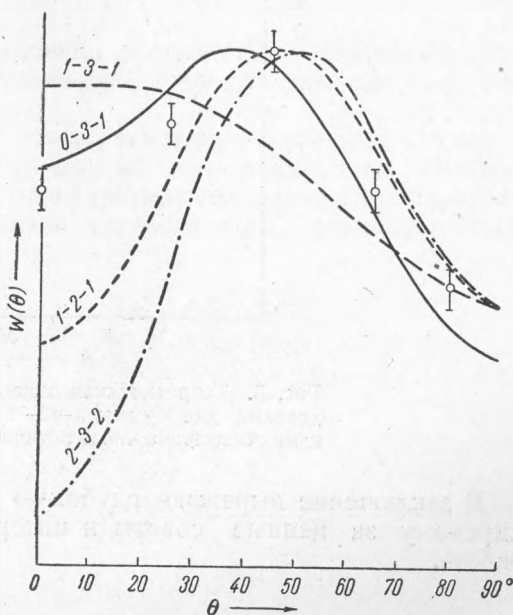


Рис. 2. Теоретические кривые углового распределения для 1-3-1, 0-3-1, и 2-3-2. Кружочками обозначено число истинных  $\alpha$  —  $\gamma$ -совпадений

предположить, что первый возбужденный уровень является сложным, состоящим из двух энергетически очень близких уровней с угловыми моментами 2 и 3.

Такое предположение дает также разумное объяснение большой интенсивности  $\alpha$ -распада на этот возбужденный уровень.

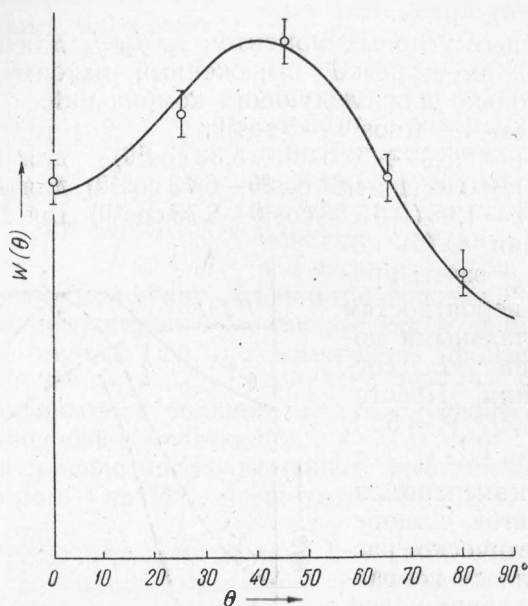


Рис. 3. Теоретическая кривая углового распределения для суммы  $1-2-1$  и  $1-3-1$ . Кружочками обозначено число истинных  $\alpha - \gamma$ -совпадений

В заключение выражаю глубокую благодарность акад. П. И. Лукирскому за ценные советы и интерес, проявленный к настоящей работе.

Поступило  
29 V 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. З. Долгинов, ДАН, 73, № 6 (1950). <sup>2</sup> М. А. Preston, Phys. Rev., 71, 865 (1947).