

НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ В РАДИАЦИОННОМ ПЕРЕХОДЕ Lu^{175}

В.М.Лобашов, В.А.Назаренко, Л.Ф.Саенко, Л.М.Смотрницкий,

Г.И.Харкевич

В настоящей работе исследована циркулярная поляризация γ -квантов Lu^{175} , возникающая в результате слабого нуклон-нуклонного взаимодействия. Исследовался γ -переход $9/2^- \rightarrow 7/2^+$ с энергией 396 кэВ

мультипольность $E1 + M2$, идущий на основное состояние ядра Lu^{175} . Благоприятным обстоятельством в этом случае является то, что состояние $9/2^+$, которое должно примешиваться к $9/2^-$ в результате слабого взаимодействия, находится поблизости. Это уровень $9/2^+$ IIS кэв, с которого идет γ -переход мультипольность $M1 + E2$ на основное состояние. Таким образом, вероятность основного ($E1$) и примесного ($M1$) переходов известна [4], и отсюда можно получить фактор усиления $R = 50$.

Возможность определения фактора усиления или во всяком случае его нижнего предела из экспериментальных данных послужила стимулирующим обстоятельством для исследования Lu^{175} .

Циркулярная поляризация измерялась методом комптоновского рассеяния вперед на намагниченном железе с резонансным методом выделения и накопления периодического сигнала. Использовалась та же аппаратура, что и в работе [2].

Чтобы надежнее исключить мешающие факторы, такие как магнито-стрикционные изменения размеров поляриметра и индукционную наводку в момент перемагничивания поляриметра, было применено выключение сигнала на время перемагничивания. Период накопления сигнала на маятниковом фильтре был уменьшен до 3 часов. Процедура измерения такая же, как в предыдущей работе. Результаты измерений представлены в виде $\delta = \Delta U/U_0$, $\Delta U = U_1 - U_2$, $U_0 = 1/2(U_1 + U_2)$. Здесь U_1 и U_2 - напряжение на входе усилительной схемы, пропорциональные интенсивности рассеянных γ -квантов при разных направлениях намагничивания поляриметра. Для энергии γ -квантов 400 кэв циркулярная поляризация равна

$$P_f = \delta / 4 \cdot 10^{-2}.$$

В табл. I приведены результаты контрольных опытов. Показано отсутствие эффекта для неполяризованных γ -квантов, источником которых служил Sc^{46} (γ -переход типа $E2$); и получен близкий к ожидаемому эффект для γ -квантов с определенной циркулярной поляри-

зацией. В качестве последних, также как и в работе [2], служили γ -кванты, рассеянные на намагниченном железе (графа "двойное рассеяние" в табл. I) и тормозные γ -кванты от β -электронов Au^{198} , получающиеся как примесь к основному γ -переходу 4II кэв E2.

Т а б л и ц а I

Вид опыта	Число периодов	δ		$\Delta U, \text{в}$	
Sc^{46}	8	$+(0,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-6}$			
	6	$+(0,15 \pm 0,3) \cdot 10^{-6}$			
	8	$+(0,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-6}$			
	10	$-(0,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-6}$			
Двойное рассеяние		теор. знач.	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$	
	2	эксперим.	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	
Au^{198}	3	разбавление 1:6	$2,1 \cdot 10^{-5}$		теор. знач. внутр. торм. излуч. $1,4 \cdot 10^{-5}$
	3	неразбавл.	$4,9 \cdot 10^{-5}$		
Lu^{177}	5			$1,1 \cdot 10^{-5}$	
$Lu^{177} + Sc^{46}$	II	$(1,0 \pm 0,16) \cdot 10^{-6}$		$(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$	

Для исследования циркулярной поляризации γ -квантов Lu^{175} , источником которых служил Yb^{175} , распадающийся β -распадом в Lu^{175} , неблагоприятным обстоятельством является то, что на исследуемый уровень $9/2^-$ идет только 10% β -распадов, а большая

часть (87%) идет в основное состояние (граничная энергия 467 кэв). Результатом этого является наличие отрицательно поляризованных γ -квантов внутреннего и внешнего тормозного излучения β -электронов. При этом, так как граничная энергия β -спектра больше, чем энергия исследуемого γ -перехода, то отрезаться от тормозного спектра дискриминацией по энергии невозможно. Поэтому, чтобы учесть вклад тормозного спектра в поляризацию γ -квантов, использовался источник Lu^{177} , имеющий β -спектр с граничной энергией 497 кэв и γ -кванты 208 кэв. Применявшаяся нами дискриминация по энергии при помощи свинцовых фильтров позволяла почти полностью подавить γ -кванты 208 кэв, так что относительная доля тормозного излучения в Lu^{177} резко усиливалась.

Чтобы уменьшить тормозное излучение, источники Yb^{175} и Lu^{177} разбавлялись окисью магния, уменьшавшей эффективное Z вещества источника. Были произведены измерения при разных разбавлениях и при разных толщинах свинцовых фильтров, окружавших детектор (1 и 2 мм толщиной).

Результаты измерений и значения $\delta \cdot 10^{+6}$ представлены в табл. 2. Для Lu^{177} приводится результат $\delta = \Delta U / U_0$, причем в качестве U_0 берется напряжение, создаваемое источником Yb^{175} одинаковой активности по числу β -распадов на основное состояние. Таким образом, результаты по Lu^{177} и Yb^{175} можно непосредственно сравнивать. Сравнение источников Lu^{177} и Yb^{175} по активности производилось по γ -линиям 396 кэв для Yb^{175} и 208 кэв для Lu^{177} . Относительные интенсивности этих линий по отношению к числу β -распадов брались из работ [3,4]. Ошибка сравнения $\sim 10\%$.

Из табл. 2 видно, что разбавление окисью магния источника Lu^{177} в отношении 1:2,5 и 1:6 по весу мало меняет величину циркулярной поляризации. Это означает, что уже при таких разбавлениях основной вклад дает внутреннее тормозное излучение. Величина эффекта от внутреннего тормозного излучения была рассчитана по формулам работы [5].

Т а б л и ц а 2

	Толщина фильтра	L_{μ}^{I77}		Y_{β}^{I75}			Y_{β}^{I75} усредн.	Y_{β}^{I75} пересч	$Y_{\beta}^{пер} - Y_{\beta}^{уср}$		P_{γ}
		Разбавл. 1:2,5	Разбавл. 1:6	Разбавл. 1:2,5	Разбавл. 1:3,5	Разбавл. 1:6					
Эксперимент. результаты											
	1 мм свинца	$-5,7 \pm 0,5$	$-4,9 \pm 0,5$	$-1,6 \pm 0,2$	$-1,7 \pm 0,3$	$-1,4 \pm 0,2$	$-1,4 \pm$ $\pm 0,15$	$-3,1 \pm$ $\pm 0,3$	$+1,7 \pm$ $\pm 0,4$	$+1,6 \pm$ $\pm 0,3$	$+(4 \pm 1) \times$ $\times 10^{-5}$
	Кол-во периодов	5	6	12	6	11					
	2 мм свинца	$-3,3 \pm 0,3$	$-2,8 \pm 0,3$	$-0,2 \pm 0,15$	$-0,3 \pm 0,3$	$-0,2 \pm 0,3$	$-0,2 \pm$ $\pm 0,15$	$-1,7 \pm$ $\pm 0,2$	$+1,5 \pm$ $\pm 0,3$		
Кол-во периодов	4	8	22	16	18						
Теорет. знач.	1 мм свинца	4,6		3,15							
	2 мм свинца	2,9		1,85							

При этом оказалось, что расчетная величина эффекта хорошо согласуется с экспериментальным значением, кроме того, показано, что отношение эффектов для разных толщин фильтра и для разных источников (Lu^{177} и Yb^{175}) очень мало зависит от приближения, в котором ведется расчет. Это позволяет из экспериментальных результатов по Lu^{177} , используя расчетные соотношения между Lu^{177} и Yb^{175} , получить значения эффекта, которые должны быть, если эффект обусловлен только внутренним и отчасти внешним тормозным излучением β -электронов. Сравнение таких пересчитанных результатов, обозначенных в табл. 2 как Yb^{175} пересч., с экспериментальными данными по Yb^{175} показывает, что имеется разница, которая, по-видимому, обусловлена положительной циркулярной поляризацией γ -квантов Yb^{175} (396 кэв).

Величина циркулярной поляризации из совокупности всех данных равна:

$$P_{\gamma} = +(4 \pm 1) \cdot 10^{-5}.$$

Был произведен дополнительный контрольный опыт, чтобы показать, что добавка неполяризованных γ -квантов к источнику тормозных квантов (Lu^{177}) не изменяет результат. В табл. I приведены результаты измерения Lu^{177} и Lu^{177} вместе со Sc^{46} . Видно, что результат не изменяется.

Так как для приготовления источника нами использовалась естественная смесь изотопов Yb , то наряду с Yb^{175} ($T_{1/2} = 4,2$ дня) получался Yb^{169} ($T_{1/2} = 30$ дн.). Этот изотоп распадается К-захватом, внутреннее тормозное излучение которого обладает положительной циркулярной поляризацией. Было проведено измерение циркулярной поляризации с источником Yb^{169} и показано, что внутреннее тормозное излучение подавляется свинцовыми фильтрами и не дает заметного вклада в измеренный эффект.

Таким образом проведенные эксперименты показывают, что γ -кванты Lu^{175} (396 кэв) обладают положительной циркулярной поляризацией, обусловленной, по-видимому, слабым нуклон-нуклонным взаимодействием.

Из величины $R_{\gamma} = 4 \cdot 10^{-5}$, используя $R = 50$, получаем, что величина смеси состояний с различной четностью F равна $\sim 0,8 \cdot 10^{-6}$. Это согласуется по порядку величины со значением, полученным в работе Ю.Г.Абова и др. [6].

В заключение следует отметить, что, поскольку исследуемый эффект имеет фундаментальное значение, желательны дальнейшие исследования с другими изотопами, где можно полностью подавить эффекты тормозного излучения при β -распаде или K -захвате.

В заключение авторы приносят глубокую благодарность проф. Д.М.Каминкеру за постоянную поддержку в работе и обсуждение результатов, а также В.А.Князькову, Н.В.Порозову, Г.Д.Чуклину, В.П.Лапину и В.Б.Белякову за участие в подготовке аппаратуры и измерениях. Авторы глубоко благодарны Л.Н.Кондуровой за расчеты внутреннего тормозного излучения и А.И.Егорову за помощь в приготовлении источников.

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
29 января 1966 г.

Литература

- [1] Nuclear Data Sheets, 6, 52, 1965.
- [2] В.М.Лобашов, В.А.Назаренко, Л.Ф.Саенко, Л.М.Смотрицкий. Письма ЖЭТФ, 3, 76, 1966.
- [3] E.Bashandy, M.S.El-Negr. Arkiv Phys., 21, 65, 1961.
- [4] E.Bashandy, M.S.El-Negr. Nucl. Phys., 31, 128, 1962.
- [5] R.R.Lewis, G.W.Ford. Phys.Rev., 107, 756, 1957.
- [6] Ю.Г.Абов, П.А.Крупчицкий, Ю.А.Оратовский. Ядерная физика, 1, 479, 1965.