

## ПОИСКИ НЕСОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ В ЯДЕРНЫХ $\gamma$ -ПЕРЕХОДАХ

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

Недавно в  $\gamma$ -распаде ядер наблюдались явления, связанные со слабым нуклон-нуклонным взаимодействием. К ним относятся асимметрия вылета  $\gamma$ -кванта при захвате поляризованных нейтронов ядром  $\text{Co}^{113}$  (асимметрия  $3,7 \cdot 10^{-4}$ ) [1] и циркулярная поляризация  $\gamma$ -квантов  $\text{Ta}^{181}$  ( $P_\gamma = 2 \cdot 10^{-4}$ ) [2].

Ввиду большой трудности такого рода опытов уточнение существующих данных и поиски новых эффектов являются весьма желательными.

Наибольшей трудностью при измерении малых эффектов является уменьшение статистической ошибки за приемлемое время эксперимента при тех скоростях счета импульсов, которые доступны современной аппаратуре ( $\sim 10^7$  имп/сек).

Одним из авторов настоящей работы предлагался метод измерения циркулярной поляризации  $\gamma$ -квантов, в котором статистическая точность результата ограничивается лишь силой источника  $\gamma$ -квантов [3].

Особенность метода состоит в том, что вместо счета отдельных импульсов, возникающих в детекторе  $\gamma$ -квантов, регистрируется интегральный ток детектора. Периодическое изменение интенсивности  $\gamma$ -квантов при перемагничивании поляриметра, в случае наличия поля-

ризации, измеряется резонансным устройством, настроенным на частоту перемagnичивания и позволяющим накапливать сигнал. В данной работе этим методом проведено измерение циркулярной поляризации  $\gamma$ -квантов  $Ta^{181}$ , излучающихся после  $\beta$ -распада  $Hf^{181}$ .

Циркулярная поляризация измерялась методом "рассеяние вперед". Частота переключения поляриметра 0,5 гц. Детектором служил кристалл  $NaJ(Tl)$  с полупроводниковым поверхностно-барьерным счетчиком (фотодиодом), нечувствительным к воздействию магнитного поля в отличие от фотоумножителя. Дискриминация  $\gamma$ -квантов по энергии осуществлялась свинцовыми фильтрами, окружавшими детектор.

Напряжение на нагрузке фотодиода усиливается резонансным усилителем, настроенным на частоту 0,5 гц, и подается на маятниковый фильтр. Последний представляет собой маятник с добротностью  $Q \sim 1,2 \cdot 10^5$  и постоянством периода  $10^{-7}$ . Маятник настроен на частоту переключений поляриметра с точностью  $\sim 10^{-6}$ .

Сигнал с выхода усилителя с помощью электромагнитной системы преобразуется в механические усилия, раскачивающие маятник. Высокая добротность маятника позволяет накапливать сигнал в течение нескольких часов. Амплитуда и фаза колебаний маятника относительно момента переключения поляриметра измерялись фотоэлектрической системой. Каждый цикл измерений начинался при отсутствии колебаний маятника и длился 6 часов. Амплитуда и фаза колебаний в конце цикла соответствуют некоторому усредненному (за цикл) эффективному синусоидальному сигналу, действующему на входе усилителя. Результаты отдельных циклов можно векторно складывать и вычитать. При этом, если  $I_{1,2}$  - интенсивность  $\gamma$ -квантов при разных направлениях намагничения, то эквивалентное синусоидальное напряжение на входе усилителя будет:

$$(\Delta/2) U_{bx} \sin(\omega t + \varphi), \quad \Delta = 1,2 \delta; \quad \delta = 2(I_1 - I_2)/(I_1 + I_2)$$

( $U_{bx}$  - напряжение на нагрузке фотодиода, создаваемое фототоком). Соответствие между амплитудой и фазой колебаний маятника и сигналом на входе усилителя определяется экспериментально. Фаза колебания, соответствующего определенной поляризации, также определялась экспериментально. В таблице приведены величины  $\bar{\Delta} = \Delta \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$ ,

Источник и вид опыта	К-во циклов	$\Delta_{\text{эксп}}$	$\bar{\Delta}_{\text{эксп}}$	$\bar{\Delta}_{\text{раст}}$	$\Delta \cdot U_{\text{вх}}, \text{в}$	$P_f$ эксп
$\text{Sc}^{46}$ , цирк. поляризация	6	$(0,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-6}$	$+(0,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-6}$	0	$(3 \pm 6) \cdot 10^{-6}$	
	9	$(0 \pm 0,7) \cdot 10^{-6}$	$(0 \pm 0,6) \cdot 10^{-6}$	0	$(0 \pm 5) \cdot 10^{-6}$	
Двойное рассеяние	I	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$+1,8 \cdot 10^{-3}$	$+2,2 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-6}$	
	I	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$-1,9 \cdot 10^{-3}$	$-2,2 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-6}$	
	I	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$+2,1 \cdot 10^{-3}$	$+2,2 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	$\pm 4,0 \cdot 10^{-2}$
	I	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$-2,0 \cdot 10^{-3}$	$-2,2 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	
$\text{Au}^{198}$ , фольга	4	$(4,8 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$	$-(4,8 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$	$-(2 \pm 6) \cdot 10^{-5}$		$-1,1 \cdot 10^{-3}$
	4	$(2,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$	$-(2,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$	-		$-5 \cdot 10^{-4}$
I. $\text{Hf}^{181}$ $\text{NaJ(Tl)} 40 \times 40 \text{мм}$ без светопр.	I4	$(0,5 \pm 0,6) \cdot 10^{-6}$	$(0 \pm 0,5) \cdot 10^{-6}$			$(0 \pm 1,0) \cdot 10^{-5}$
	II	$(2 \pm 1,5) \cdot 10^{-6}$	$+(1,5 \pm 1,2) \cdot 10^{-6}$			$+(3 \pm 2,4) \cdot 10^{-5}$
	III	$(0,4 \pm 1) \cdot 10^{-6}$	$-(0,2 \pm 0,8) \cdot 10^{-6}$			$-(0,4 \pm 1,6) \cdot 10^{-5}$
	IV	$(0,2 \pm 1) \cdot 10^{-6}$	$-(0,1 \pm 0,8) \cdot 10^{-6}$			$-(0,2 \pm 1,6) \cdot 10^{-5}$
$\text{Hf}^{181}$ , среднее взвешенное			$+(0,07 \pm 0,35) \cdot 10^{-6}$			$+(0,15 \pm 0,7) \cdot 10^{-5}$

где  $\varphi_1$  - фаза исследуемого сигнала, а  $\varphi_2$  - фаза сигнала, соответствующего положительной поляризации.  $\bar{\Delta}$  - есть эффект, связанный с поляризацией, и  $P_f = \bar{\Delta}/f$ , где  $f = 5 \cdot 10^{-2}$  для  $\gamma$ -квантов с энергией 500 кэВ.

Было исследовано влияние различных факторов, которые могут вызывать появление ложного сигнала. Среди них индукционная наводка, возникающая от воздействия переменного поля поляриметра на схему, и влияние магнитострикционного изменения размеров поляриметра в момент прохождения намагниченности через нуль. Первый эффект тщательной экранировкой был сведен к  $\Delta = (0,5 \pm 1) \cdot 10^{-6}$  и соответствующая ему поправка вводилась в каждый результат. Второй эффект сказывается лишь при наличии асимметрии в переключениях намагничения и устранялся до  $\Delta < 10^{-7}$ .

Проверка отсутствия этих, а также других ложных эффектов производилась с источником  $\text{Sc}^{46}$ , имеющим  $\gamma$ -кванты мультипольностью E2, т.е. практически неполяризованные. Сила источника 100С.

Результаты приведены в таблице. Показано отсутствие ложных эффектов. Ошибка измерений определялась из разброса экспериментальных результатов [3]. В качестве  $\gamma$ -квантов с известной величиной и знаком поляризации использовались  $\gamma$ -кванты  $\text{Sc}^{46}$ , рассеянные в поляриметре, аналогичном используемому для измерений и намагниченному все время в одном направлении (двойное рассеяние), а также тормозные  $\gamma$ -кванты от  $\beta$ -электронов  $\text{Au}^{198}$ , получающиеся как примесь к основному  $\gamma$ -переходу 411 кэВ E2.

Для двойного рассеяния оценка  $\bar{D}$  сделана согласно [4]. Для тормозного излучения  $\text{Au}^{198}$  оценки сделаны по данным работы [5]. Результаты опытов приведены в таблице и показывают согласие с расчетами. Источник  $\text{Hf}^{181}$  активностью 200С приготавлился в виде таблеток из  $\text{HfO}_2$  в смеси с  $\text{MgO}$  (гафний в виде естественной смеси изотопов), чтобы снизить вклад тормозных  $\gamma$ -квантов от  $\beta$ -электронов  $\text{Hf}^{181}$ . Благодаря дискриминации  $\gamma$ -квантов по энергии регистрировалась практически только  $\gamma$ -линия 482 кэВ (переход  $(M1+E2)7/2^+ \rightarrow 5/2^+$ ).

Результаты измерений приведены в таблице. Ошибки получаются из разброса отдельных измерений. Все серии в пределах статистической погрешности показывают отсутствие заметной циркулярной поляризации  $\gamma$ -квантов перехода 482 кэВ. В отдельных сериях несколько менялись условия эксперимента, как указано в таблице. В сериях III-IV и I-II

использовались разные фотодиоды. Между сериями III и II имелся интервал 40 дней. Учитывая ошибки всех опытов, в том числе контрольных, можно оценить верхний предел для поляризации  $\gamma$ -квантов 482 кэВ в  $Ta^{181}$ :  $P_{\gamma} \leq 2 \cdot 10^{-5}$ . При этом учтена возможность частичной компенсации поляризации  $\gamma$ -квантов за счет примеси  $\gamma$ -перехода 343 кэВ (MI) (5% по интенсивности) от  $Hf^{175}$ , получаемого при облучении в реакторе естественной смеси изотопов.

Вклад тормозного излучения от  $\beta$ -электронов был уточнен путем измерения поляризации  $\gamma$ -квантов источника  $Lu^{177}$ , имеющего  $\beta$ -спектр с граничной энергией 490 кэВ и относительно мягкие  $\gamma$ -кванты (208 кэВ), подавляемые фильтрами. Измерения были проведены с источником активностью 4000С, приготовленным так же, как источник  $Hf^{181}$ . Наблюдалась отрицательная поляризация, что в пересчете на активность источника  $Hf^{181}$  дает оценку вклада в поляризацию за счет тормозного излучения ( $P_{\gamma} = -0,5 \cdot 10^{-5}$ ).

Таким образом, результаты нашей работы не согласуются с данными Боема и Канкалейта [2], получившими для поляризации  $\gamma$ -квантов перехода 482 кэВ в  $Ta^{181}$  величину  $P_{\gamma} = -(2,0 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}$ . Причины расхождения установить довольно трудно, можно лишь еще раз подчеркнуть, что в обычной методике измерение такой малой поляризации есть крайне трудная задача.

Согласно расчетам Вальборна [6] фактор усиления для того перехода находится в пределах  $30 \leq R \leq 110$ , так что оценка фактора смешивания  $F$  из наших данных будет  $F < (6+2) \cdot 10^{-7}$ , что не противоречит оценке, данной в работе [7] ( $8 \cdot 10^{-7}$ ), учитывая крайне приближенный характер таких оценок.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность профессору Д.М.Каминкеру за постоянный интерес к работе, а также Г.И.Харкевичу, В.А.Князькову, Н.В.Порозову, Г.Д.Чуклину, В.Б.Белякову и В.П.Лапину за участие в подготовке аппаратуры и в измерениях.

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

25 ноября 1965 г.

### Литература

- [1] Д.Г.Абов, П.А.Крупчицкий, Ю.А.Оратовский. Ядерная физика, I, 479, 1965.
- [2] F.Boehm, E.Kankeleit. Phys. Rev. Lett., 14, 312, 1965.
- [3] Дж.Бендат. Основы теории случайных шумов и ее применения, стр. 156. Изд. "Наука", М., 1965.
- [4] H.A.Tolhoek. Revs. Mod. Phys., 28, 277, 1956.
- [5] H.W.Koch, J.W.motz. Revs.Mod. Phys., 31, 920, 1959.
- [6] S.Wahlborn. Phys. Rev., 138B, 530, 1965.
- [7] F.Curtis Michel. Phys. Rev. 133B, 329, 1964.