

УДК539.123:539.121.85

ИЗМЕРЕНИЕ СПИРАЛЬНОСТИ НЕЙТРИНО ИЗ РАСПАДА ^{152m}Eu С ПОМОЩЬЮ Ge(Li) -ДЕТЕКТОРА

Ц.Вылов, В.Б.Бруданин, В.М.Горожанкин, К.Я.Громов, А.Маринов,
А.Минкова¹, А.И.Муминов², В.Н.Покровский

1. Постановка эксперимента

Спиральность нейтрино в принципе можно определить из бета-распада, используя законы сохранения импульса и углового момента и измеряя спиральности всех конечных продуктов распада /1/. Постановка эксперимента существенно упрощается, если, следуя Гольдхаберу и др. /2/, использовать в качестве радиоактивного источника ^{152m}Eu . В этом случае /бета-переход Гамова-Теллера, $0^- \rightarrow 1^-$ /3/ для процесса электронного захвата из состояний с полным моментом $1/2$ и последующего гамма-перехода $1^- \rightarrow 0^+$ при условии достаточно малого времени жизни промежуточного состояния $1^- (^{152}\text{Sm})$ степень циркулярной поляризации /спиральность/ испускаемого гамма-кванта с энергией $963,4$ кэВ H_γ просто выражается через спиральность нейтрино H_ν :

$$H_\gamma = H_\nu \cdot \cos \theta, \quad /1/$$

где θ - угол вылета гамма-кванта относительно направления импульса ядра отдачи ^{152}Sm .

Используя явление резонансного рассеяния /ставя дополнительный рассеиватель из ^{152}Sm /, можно выделить область малых углов $H_\gamma \neq 0$ и $\cos \theta \approx 1$ /, поскольку в силу близости энергий нейтрино и гамма-кванта $963,4$ кэВ возможна полная или почти полная компенсация потери энергии на отдачу при гамма-излучении.

Таким образом, при известном /рассчитанном/ значении $\cos \theta$ измерение спиральности нейтрино сводится к нахождению степени циркулярной поляризации резонансно рассеиваемых гамма-квантов, что можно сделать по ослаблению пучка при прохождении через намагниченный поглотитель /4/.

¹университет, София

²ИЯФ АН УзССР, Ташкент

Таблица

№	Авторы	Год	Детектор	$\bar{N}_\theta, \%$
1	Goldhaber et al.	1958	NaJ(Tl)	$-(67 \pm 10)$
2	Marklund, Page	1958	NaJ(Tl)	$-(80 \pm 30)$
3	Palathingal	1970	NaJ(Tl)	$-(61 \pm 12)$
4	СРЕДНЕЕ	-	-	$-(66 \pm 8)$
5	РАСЧЕТ	1958	-	- 84
6	РАСЧЕТ	1983	-	- 93
7	Настоящая работа	1983	Ge(Li)	$-(87 \pm 10)$

Мы провели расчет значения $\cos \theta$ с учетом собственной энергетической ширины уровня, теплового движения атомов источника и рассеивателя ^{/5/}, а также вероятности электронного захвата с К-, L-, M- и N-оболочек ^{/6/} и нашли:

$$\overline{\cos \theta} = 0,93. \quad /2/$$

Прежняя оценка ^{/2,4/}, полученная в пренебрежении тепловым движением атомов излучателя и рассеивателя, а также электронным захватом с L- и т.д. оболочек, составила 0,84. Явная расходимость результатов ^{/2,7,8/} ранее выполненных измерений/см. таблицу/ с новой оценкой степени циркулярной поляризации гамма-квантов послужила основанием для постановки нового эксперимента.

2. Установка для измерения спиральности

Измерения проведены в условиях /геометрия эксперимента, вес рассеивателя Sm_2O_3 , содержание ^{152}Sm в рассеивателе/, близких ^{к/2/}. Новыми моментами в нашем эксперименте являются:

- применение Ge(Li)-детектора объемом 100 см³ с высоким энергетическим разрешением;
- проведение измерений в режиме многоканального амплитудного анализа, что позволяет выделить все фоновые эффекты, связанные как с рассеянием в материалах, окружающих детектор и рассеиватель, так и с естественным радиоактивным фоном.

В установке /рис.1/ используются электромагнит с сердечником из железа, в котором при рабочем токе / ~ 2 А/ заведомо достигается насыщение магнитной индукции, а также устройство, осуществляющее включение и изменение направления тока в электромагните.

Система управления экспериментом обеспечивала в каждой серии автоматическое многократное повторение цикла измерений при разных направлениях магнитного поля и накопление двух результирующих спектров с помощью многоканального амплитудного анализатора. Запись спектров на магнитную ленту и их предварительная обработка с целью контроля за ходом

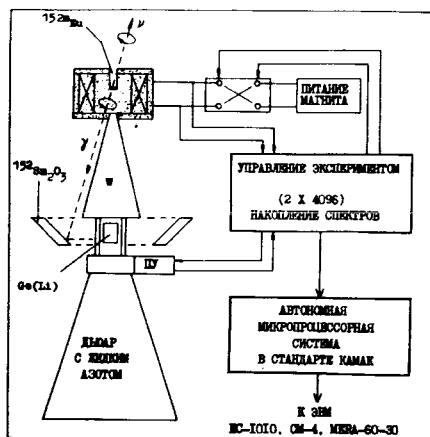


Рис. 1

эксперимента осуществлялись с использованием автономной микро-процессорной системы. Более подробно работа установки описана в /9/.

3. Условия измерений

Источники ^{152}Eu получались в реакции $^{151}\text{Eu}(n, \gamma)$ на реакторе ВВР-СМ ИЯФ АН УзССР. Активность источников составляла $1 \div 5$ Ки, аппаратный спектр рассеянных гамма-квантов одного из них приведен на рис.2. Как видно, вклад естественного радиоактивного фона в области линии 841,6 кэВ пренебрежимо мал, в то время как в области 963,4 кэВ наличие линий ^{228}Ac с энергиями 964,6 и 968,9 кэВ заметно осложняет получение результата. Для уменьшения вклада нерезонансного рассеяния на материалах, окружающих детектор и рассеиватель, детектор был защищен полиметаллическим (Pb, Cd, Cu, Al) фильтром, уменьшавшим загрузку детектора почти в 5 раз. Конусная защита из вольфрама предотвращала прямое попадание излучения источника ^{152}Eu на детектор. С каждым источником проводилась серия измерений, длившаяся 18-20 ч.

Полная обработка данных проводилась с помощью трехуровневой системы накопления, обработки и анализа спектрометрической информации /10/ по методике /11/.

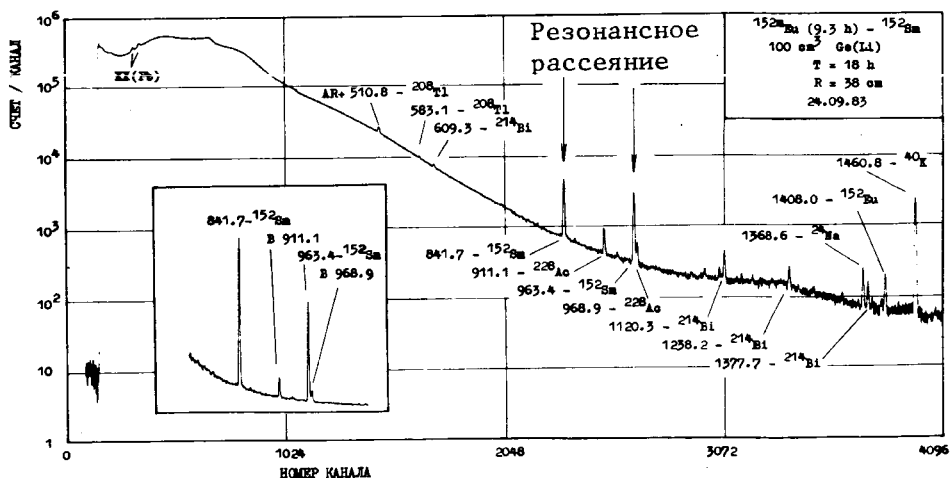


Рис. 2

4. Результаты эксперимента

В эксперименте определялись интенсивности прошедшего через магнитный поглотитель гамма-излучения и величина

$$\delta = 2 \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-},$$

/3/

где N_+ и N_- - скорости счета /площади фотопиков/ гамма-перехода, разряжающего резонансно возбужденный уровень при противоположных направлениях магнитного поля.

В общей сложности проведено 46 серий измерений величины δ для линии 841,6 кэВ, результаты которых приведены на рис.3. Приведенные там же значения величины δ для фоновой линии 1460,8 кэВ (^{40}K), свидетельствуют об отсутствии аппаратной асимметрии используемой установки. Правильность определения знака величины δ была проверена при помощи тормозного излучения ^{32}P , с известной /отрицательной/ спиральностью.

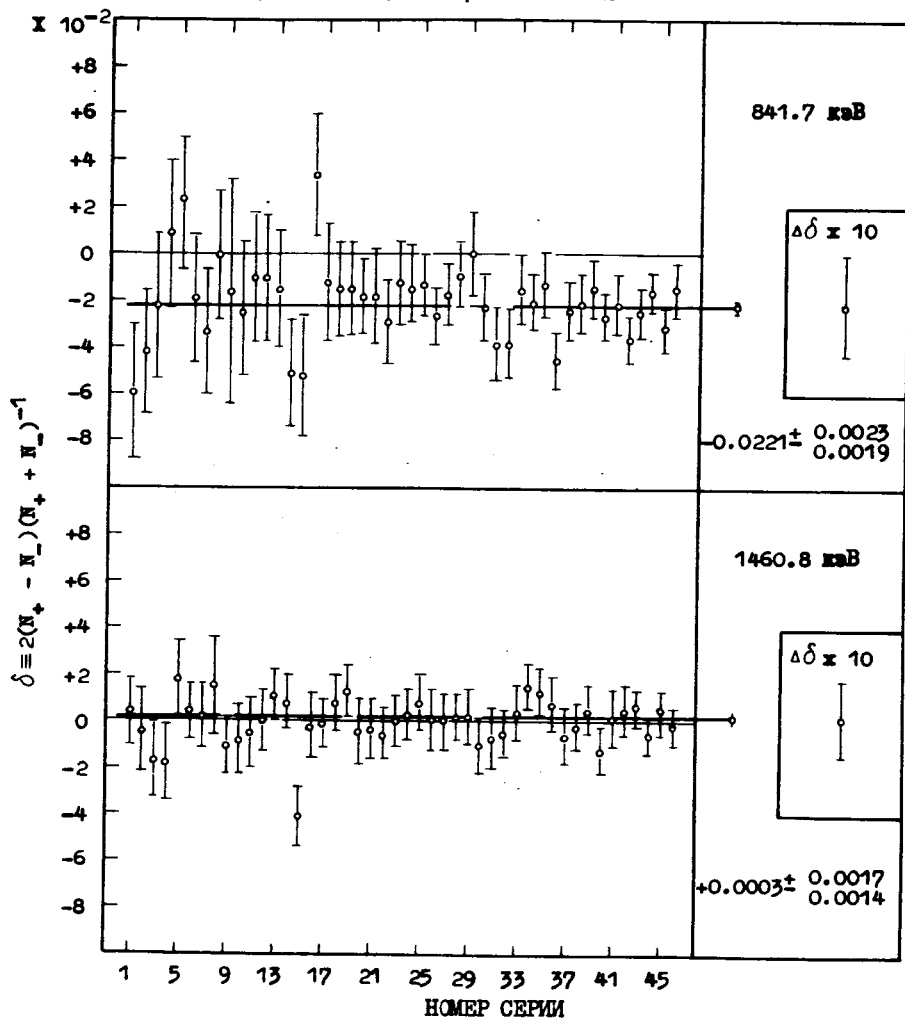


Рис. 3

Расчет ^{9/} показывает, что при 100%-правополяризованном гамма-излучении с энергией 963,4 кэВ для используемого нами намагниченного поглотителя длиной /по полю/ 7 см величина

$$\delta_{\text{расч.}} = 0,0255. \quad /4/$$

В этом случае экспериментальное значение $\delta = -0,0221 \pm 0,0023$ соответствует степени циркулярной поляризации резонансно рассеянного гамма-излучения ^{152m}Eu

$$N_{\gamma} = -0,87 \pm 0,10. \quad /5/$$

В отличие от предыдущих результатов /см. таблицу/, полученная величина N_{γ} при учете /1/ и /2/ находится в согласии с предположением о полной /100%/ левой продольной поляризации нейтрино.

В заключение авторы хотели бы поблагодарить академика Б.М.Понтекорво за интерес к работе, А.Н.Синаева, Н.И.Журавлева, Н.А.Лебедева, И.К.Кульджанова, Р.Ражаббаева, А.В.Саламатина, В.Г.Сандуковского за поддержку, участие и помощь в реализации эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Page L.A. Nuovo Cimento, 1958, vol. VII, No. 5, p. 727.
2. Goldhaber M. et al. Phys.Rev., 1958, vol. 109, p. 1015.
3. Baglin C.M. Nucl.Data Sheets. 1980. vol. 30, p. 1.
4. Goldhaber M. et al. In Alpha-, beta- and gamma-ray spectroscopy, ed. K. Siegbahn, 1965, p. 1423.
5. Стародубцев С.В. Полное собрание научных трудов. "ФАН", Ташкент, 1971, т. 3, с. 372.
6. Желепов Б.С. и др. Бета-процессы. "Наука", Л., 1972.
7. Marklund I., Page L.A. Nucl.Phys., 1958, vol. 9, p. 244.
8. Palathingal J.C. Phys.Rev.Lett., 1970, vol. 24, p. 524.
9. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, Р6-84-148; Р6-84-149, Дубна, 1984.
10. Бруданин В.Б. и др. ОИЯИ, 6-82-23, Дубна, 1982.
11. Вылов Ц. и др. ЭЧАЯ, 1978, т. 9, вып. 6, с. 1350.