

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



30/x-78  
P15 - 11685

П-18

С.С.Паржицкий, И.В.Сизов, Д.Чултэм

4848/2-78

ПОИСК СЛАБОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ТОКА  
В NN -ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
ПО СМЕШИВАНИЮ ЧЕТНОСТИ УРОВНЕЙ  
В ЯДРЕ  $^{18}\text{F}$

1978

P15 - 11685

С.С.Паржицкий, И.В.Сизов, Д.Чултэм

ПОИСК СЛАБОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ТОКА  
В NN -ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
ПО СМЕШИВАНИЮ ЧЕТНОСТИ УРОВНЕЙ  
В ЯДРЕ  $^{18}\text{F}$

*Направлено в ЯФ*



Паржицкий С.С., Сизов И.В., Чултем Д.

P15 - 11685

Поиск слабого нейтрального тока в NN -взаимодействии по смешиванию четности уровней в ядре  $^{18}\text{F}$

Описан эксперимент по измерению циркулярной поляризации гамма-лучей 1,08 МэВ перехода в  $^{18}\text{F}$ . Получен предварительный результат  $P_c = (3,1 \pm 3,4) \cdot 10^{-2}$ .

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Parzhitsky S.S., Sizov J.V., Chultem D.

P15 - 11685

The Search for Weak Neutral Current in NN Interaction Through Parity Mixing of  $^{18}\text{F}$  Levels

The experiment on circular polarization of gammas from 1.08 MeV transition in  $^{18}\text{F}$  is described. The preliminary result was obtained as follows  $P_c = (3.1 \pm 3.4) \cdot 10^{-2}$ .

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время безмюонное взаимодействие нейтрино высоких энергий с нуклонами<sup>1,2/</sup> принято считать как проявление слабых нейтральных токов в процессах с участием лептонов. Однако для выяснения природы такого взаимодействия было бы существенным его подтверждение и в других типах экспериментов.

Так, исследования взаимодействий электронных анти-нейтрино с нуклонами все еще не дали положительного ответа<sup>3,4/</sup>. Ситуация значительно усложнилась из-за появления противоречивых результатов /из области атомных явлений/ по не сохраняющему четность оптическому вращению плоскости поляризации в парах висмута<sup>5-7/</sup>. В этой связи независимые эксперименты по поиску эффекта слабых нейтральных токов в NN-взаимодействии в ядре приобретают особое значение.

Действительно, нейтральные токи приводят к значительному изменению не сохраняющего четность NN-взаимодействия, особенно его изовекторной части  $/\Delta T = 1/$ . Поэтому величина смешивания ядерных уровней по четности может служить критерием выбора между теориями с нейтральными токами или без них<sup>8-10,11/</sup>.

Смешивание уровней по четности проявляется в интерференции между регулярными и нерегулярными мультиполями и циркулярной поляризации гамма-лучей, испускаемых из неполяризованного состояния. Анализ такого случая применительно к ядру  $^{18}\text{F}$  проведен в работе Гари и др.<sup>12/</sup> Ядро  $^{18}\text{F}$  является уникальным случаем, для которого возможны достаточно реалистические оценки величины циркулярной поляризации, а сам эффект нейтральных токов усилен до экспериментально измеримого уровня.

На рис. 1 приведена схема низколежащих уровней ядра  $^{18}\text{F}$ . Циркулярная поляризация 1,08 МэВ гамма-лучей, возникающая из-за присутствия в NN-взаимодействии не сохраняющей четность изовекторной  $\Delta T=1/$  компоненты, может быть записана в виде:

$$P_C = - \frac{2}{\Delta E} \cdot \frac{\|M1\|}{\|E1\|} \langle 0^+, 1 | V^{PNC} | 0^-, 0 \rangle,$$

где  $\frac{\|M1\|}{\|E1\|}$  - отношение приведенных матричных элементов магнитного и электрического дипольных переходов, которое может быть оценено из экспериментально измеренных времен жизни соответствующих уровней  $0^-$  и  $0^+$ ;  $\Delta E \approx 40$  кэВ - расстояние между этими уровнями;  $\langle 0^+, 1 | V^{PNC} | 0^-, 0 \rangle$  - примесный матричный элемент.

Результаты вычислений Гари и др.<sup>[12]</sup> величины циркулярной поляризации 1,08 МэВ гамма-лучей с использованием моделей слабого взаимодействия Кабиббо и Вайнберга-Салама, приведены в таблице.

Модель	Токи	Величина циркулярной поляризации ( $E_\gamma = 1,08$ МэВ, $^{18}\text{F}$ )
Кабиббо	Только заряженные	$3,8 \cdot 10^{-4}$
Вайнберг-Салам	Заряженные плюс нейтральные	$6,1 \cdot 10^{-3}$ при $\theta_W = 0,35$

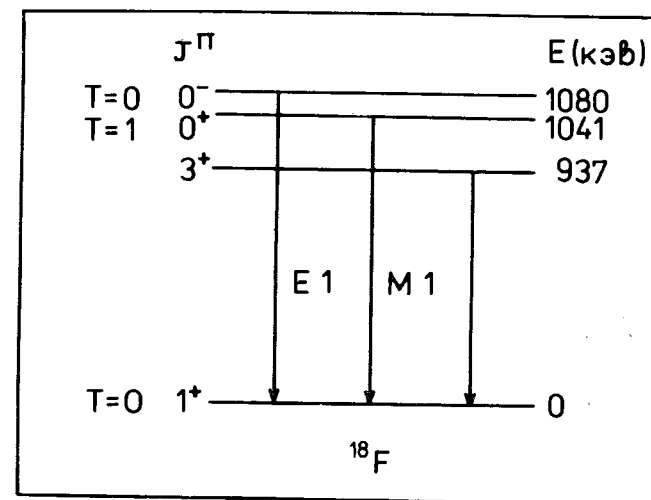


Рис.1. Схема низколежащих уровней ядра  $^{18}\text{F}$ .

Столь большое различие величин ожидаемой циркулярной поляризации для двух моделей и сравнительно большая ее величина для модели Вайнберга-Салама послужили стимулом для выполнения настоящего эксперимента.

## ЭКСПЕРИМЕНТ

Настоящий эксперимент выполнен на электростатическом генераторе ЭГ-5 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Возбужденные ядра получались в реакции  $^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)^{18}\text{F}$ . При сравнительно низких энергиях ускоренных ионов  $^3\text{He} \approx 4$  МэВ и среднем токе 10-20 мкА эта реакция обеспечила приемлемую интенсивность гамма-квантов с энергией 1,08 МэВ.

Выбор кислородсодержащей мишени и ее конструкции для таких токов и энергий ионов  $^3\text{He}$  определялся условиями проведения длительных измерений без заметного изменения выхода реакции, а также требованиями сведения к минимуму ложной асимметрии. Из большого числа

исследованных образцов наиболее подходящей для данного эксперимента оказалась толстая мишень из кварца ( $\text{SiO}_2$ ), охлаждаемая воздушной струей.

Поляризация гамма-лучей измерялась методом пропускания через намагниченное железо /"Армко"/. См. рис. 2.

Размеры поляриметра были оптимизированы для энергии гамма-лучей 1 МэВ с учетом геометрии опыта.

Функциональная схема установки /рис. 3/ обеспечивала идентичность условий измерения для обоих направлений магнитного поля поляриметра в течение длительного времени и достаточно высокое энергетическое разрешение при больших нагрузках. Она состояла из регистрирующей и управляющей частей с необходимыми обратными связями. К регистрирующей части относятся гамма-спектрометр и амплитудно-цифровой преобразователь, общие для обоих состояний поляриметра, а также два идентичных запоминающих устройства.

К управляющей части схемы относятся система, определяющая скорость переключения циклов на основе измерения заряда пучка на мишени, и собственно блок управления состояниями поляриметра и запоминающих устройств. Обратные связи обеспечивали правильную последовательность работы всех частей функциональной схемы и защиту накапливаемой информации от возможных помех.

Серьезной проблемой в экспериментах по измерению малых величин циркулярной поляризации гамма-квантов является подавление либо корректный учет эффектов ложной асимметрии, которые могут имитировать или маскировать измеряемую величину. В настоящей работе эта задача решалась надлежащим выбором геометрии опыта /аксиальная симметрия/ и разбиением всего интервала экспозиции на большое число коротких, попарно идентичных, циклов переключения системы /линейность измерения заряда, переключение малым зарядом/, а также проведением ряда контрольных экспериментов в условиях, близких к рабочим.

В принципе, можно рассматривать контрольные эксперименты двух видов. Первое - это измерение асимметрии для гамма-квантов с известной поляризацией,

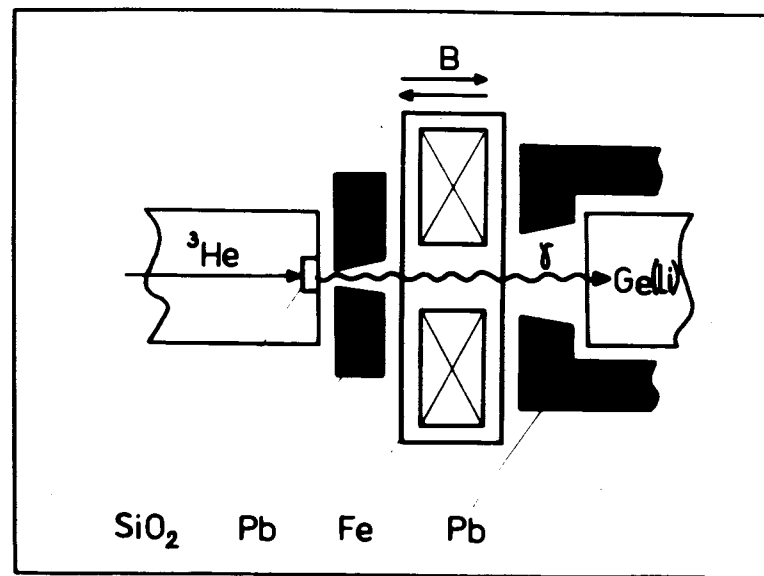


Рис.2. Схема эксперимента.

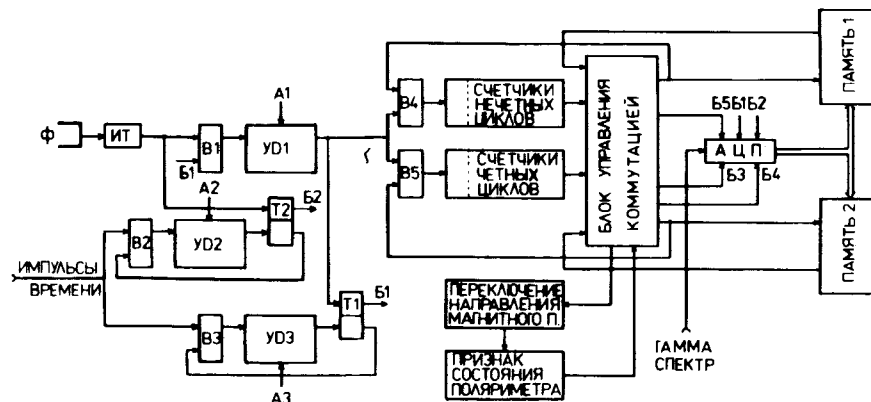


Рис.3. Функциональная схема установки для измерения циркулярной поляризации. Здесь: В - вентили, УД - управляемые делители, Т - триггеры, Б - блокировки, АЦП - амплитудно-цифровой преобразователь, А - внешнее управление, Ф - цилиндр Фарадея, ИТ - интегратор тока.

когда может быть получена информация о величине поляризационной эффективности установки. Второе - это измерение асимметрии для гамма-квантов, поляризацией которых можно пренебречь /"нулевой" опыт/.

Эксперименты первого рода не проводились, поскольку выбор соответствующего источника гамма-квантов представляет собой самостоятельную проблему. Величина поляризационной эффективности установки определялась расчетным путем<sup>13</sup> и для гамма-квантов с энергией 1,08 МэВ составляла  $\approx 1\%$ .

Эксперименты второго рода с источниками  $^{60}\text{Co}$  и  $^{22}\text{Na}$ , а также с использованием чисто электронных средств показали, что аппаратная асимметрия составляла величину меньше  $2 \cdot 10^{-7}$ .

Однако наиболее прямым способом учета аппаратной асимметрии является метод внутреннего репера, когда одновременно измеряется асимметрия в других участках спектра того же ядра, для которых поляризации не ожидается. Этот метод автоматически учитывает не только асимметрию, которая выявляется "нулевыми" опытами, но и асимметрию, обусловленную процессами статистического характера, такую как флуктуация величины тока, изменение формы и размера "пятна" на мишени и т.д.

Замкнутая конструкция поляриметра позволяла исключить влияние переключения магнитного поля на качество пучка, тем самым уменьшала вероятность появления ложной асимметрии систематического характера.

#### ОБРАБОТКА И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

На рис. 4 показан участок спектра гамма-лучей из реакции  $^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)^{18}\text{F}$  в интересующей нас области. Спектры, соответствующие двум направлениям вектора намагниченности поляриметра, накапливались в устройствах памяти и подвергались дальнейшей статистической обработке. Определение асимметрии  $A$  сводится

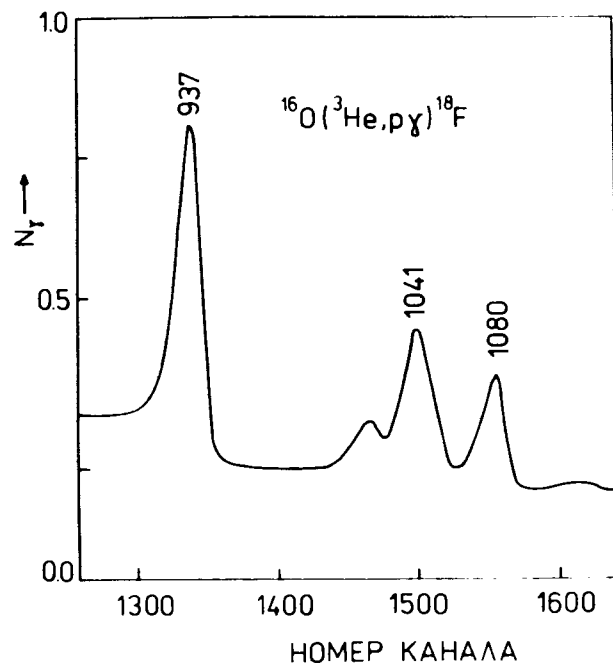


Рис.4. Типичный амплитудный спектр, измеряемый в эксперименте.

к нахождению площадей фотопиков и подстановке полученных интегралов в обычное выражение:

$$A = \frac{N^+ - N^-}{N^+ + N^-},$$

где  $N^-$  и  $N^+$  - число отсчетов для случаев, когда направление магнитного поля параллельно или антипараллельно направлению импульса фотона. Вычитание фона производилось путем подгонки его вне пика /крылья

$$\sum_{l=-4}^{l=+4} c_l k^l,$$

где  $k$  - номер канала, и последующей экстраполяцией его в область фотопика. Вследствие малости величины эффекта ошибка в его определении из разности площадей фотопиков существенно зависит от точности описания фона. Поэтому в данной работе для определения разности площадей использовался метод поканального вычитания спектров, свободный от процедуры описания фона. /Вычитание фона производилось только в знаменателе выражения для  $A$ , где точность описания фона уже не является столь критичной/. Конечно, поканальное вычитание допустимо, если обеспечена идентичность условий измерения для обоих состояний поляриметра. Легко, однако, показать, что такая обработка спектра возможна и в общем случае, причем нормировка по внутреннему реперу окажется выполненной автоматически. Поэтому для вычисления асимметрии использовалось выражение, объединяющее преимущества поканального вычитания и внутреннего репера:

$$A = \frac{A_t - A_R}{w},$$

где  $A_t$  - асимметрия всей площади пика 1,08 МэВ;  $A_R$  - асимметрия, определяемая по частям спектра, где поляризация равна нулю /внутренний репер/;  $w$  - доля фотоэлектрического эффекта во всей площади пика 1,08 МэВ.

По измеренной асимметрии с учетом эффективности поляриметра был получен предварительный результат для величины циркулярной поляризации  $\gamma$ -перехода 1,08 МэВ:

$$P_C = /3,4 \pm 3,1/ \cdot 10^{-2}.$$

В эксперименте еще не достигнута необходимая точность, которая позволила бы сделать определенные выводы. В настоящее время проведены работы по повышению эффективности установки и увеличению скорости набора статистики.

При подготовке настоящей статьи стал известен результат аналогичного независимого эксперимента аме-

риканских физиков, которые в такой же реакции получили значение циркулярной поляризации  $P_C = /-0,7 \pm 2,0/ \cdot 10^{-3}$ , что значительно ниже величины, ожидаемой по модели Вайнберга-Салама

Дальнейший прогресс в этих исследованиях, связанный как с проверкой в независимых экспериментах уже полученных результатов, так и с повышением их точности и надежности, представляет несомненный интерес ввиду фундаментальности решаемой проблемы.

В заключение авторы хотели бы поблагодарить академика Б.М.Понтекорво за стимулирующие обсуждения при постановке настоящего эксперимента, академика И.М.Франка за советы и поддержку проведения данной работы в Лаборатории нейтронной физики, профессора Ч.Барнеса за любезное сообщение о своем эксперименте, В.Д.Шибяева за реализацию функциональной схемы установки, И.А.Чепурченко и группу эксплуатации ЭГ-5 за обеспечение работы ускорителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hasert F.J. e.a. *Phys.Lett.*, 1973, 46B, p.121.
2. Benvenuti A. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1974, 32, p.800.
3. Reines F., Gurr H.S., Sobel H.W. *Phys.Rev.Lett.*, 1976, 37, p.315.
4. Lee H.C. *Nucl.Phys.*, 1978, A294, p.473.
5. Lewis L. e.a. *Phys. Rev.Lett.*, 1977, 39, p.795.
6. Baird P.E.G. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1977, 39, p.798.
7. Барков Л.М., Золотарев М.С. *Письма в ЖЭТФ*, 1978, т. 27, вып. 6, стр. 379.
8. Weinberg S. *Phys.Rev.Lett.*, 1967, 19, p.1264; *Phys. Rev.Lett.*, 1971, 27, p.1688.
9. Salam A. *Elementary Particle Theory*. Ed: N.Svartholm, Almquist, Forlag A.B., Stockholm, 1969, p.367.
10. Fritzsche H., Gell-Mann M., Minkowski P. *Phys.Lett.*, 1975, 59B, p.256.
11. Cabibbo N. *Phys.Rev.Lett.*, 1963, 10, p.531.
12. Gari M., Mc Grory J.B., Offermann R. *Phys.Lett.*, 1975, 55B, p.277.
13. Schopper H. *Nucl.Instr.* 1958, 3, p. 158.
14. Barnes C.A. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1978, 40, No.13, p.840.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 июня 1978 года.