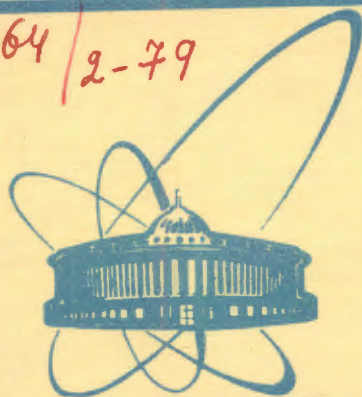


5164 / 2-79



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

12/12-79

P6 - 12597

Б-903

М.Будзынски, Х.Васевич, Я.Дупак, О.И.Кочетов,  
Г.Лизурей, М.Суботович, Т.Хазратов,  
В.М.Цупко-Ситников

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ  $\beta-\gamma$  И  $\gamma-\gamma$   
ВОЗМУЩЕННЫХ УГЛОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ  
В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ  $-196^{\circ}\text{C}$  ДО  $600^{\circ}\text{C}$

1979

Будзынски М. и др.

P6 - 12597

Установка для измерений  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  возмущенных угловых корреляций в температурном диапазоне от  $-196^\circ$  до  $+660^\circ\text{C}$

Описывается установка, созданная на базе корреляционного спектрометра с Ge(Li) и двумя NaJ(Tl) детекторами, позволяющая проводить измерения  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  возмущенных угловых корреляций при температурном диапазоне источника от  $-196$  до  $+600^\circ\text{C}$ .

С применением интегрального метода возмущенной угловой корреляции  $\beta$ - $\gamma$  определено значение магнитного поля на  $^{124}\text{TeFe}$ , как  $B = /378 \pm 63/$  кГс.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Budzynski M. et al.

P6 - 12597

Set-Up for Measurements of  $\beta$ - $\gamma$  and  $\gamma$ - $\gamma$  Excited Angular Correlations within the  $-196$  upto  $600^\circ\text{C}$  Temperature Range

A setup is described designed on the base of a correlation spectrometer with one Ge(Li) and two NaJ(Tl) detectors which permits measurements of  $\beta$ - $\gamma$  and  $\gamma$ - $\gamma$  angular correlations within the  $-196$  upto  $600^\circ\text{C}$  source temperature range. By using integral method of excited angular correlation a value of magnetic field for  $^{124}\text{TeFe}$  has been determined as  $B = /378 \pm 63/$  kGs.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование сверхтонкого магнитного взаимодействия путем измерения  $\beta$ - $\gamma$  возмущенных угловых корреляций /ВУК/ является хорошим дополнением методов  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК. Преимущества метода  $\beta$ - $\gamma$  ВУК особенно проявляются для ядер, имеющих  $\gamma$ - $\gamma$  каскады малой интенсивности и состояния, заселяемые только  $\beta$ -переходами. В настоящей работе описывается установка, созданная на базе корреляционного спектрометра<sup>1/1</sup>, позволяющая проводить измерения  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК при температурах источника от  $-196^\circ$  до  $+600^\circ\text{C}$ . Для этой цели созданы камера, криостат и вакуумная система. Проведены методические исследования по применению метода  $\beta$ - $\gamma$  ВУК для изучения внутренних магнитных полей на ядрах, внедренных в ферромагнитные матрицы. Получено значение магнитного поля  $B = /378 \pm 63/$  кГс на ядрах теллура в железе ( $^{124}\text{TeFe}$ ).

## 2. КОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ $\beta$ - $\gamma$ ВУК

Конструкция камеры с детектором для регистрации  $\beta$ -частиц приведена на рис. 1. Камера диаметром 150 мм выполнена из дюралюминия с толщиной стенки 1,5 мм. Конструкция камеры обеспечивает следующие возможности поворота: камеры вместе с источником относительно  $\gamma$ -детектора, только камеры, только источника. Внутри камеры для поляризации ферромагнитных фольг устанавливается небольшой с-образный электромагнит или катушки Гельмгольца. В качестве детектора  $\beta$ -частиц используется тонкий сцинтиллятор, соединенный с фотоумножителем ХР2020 световодом длиной 200 мм, необходимым для уменьшения влияния рассеянного поля магнита на работу фотоумно-

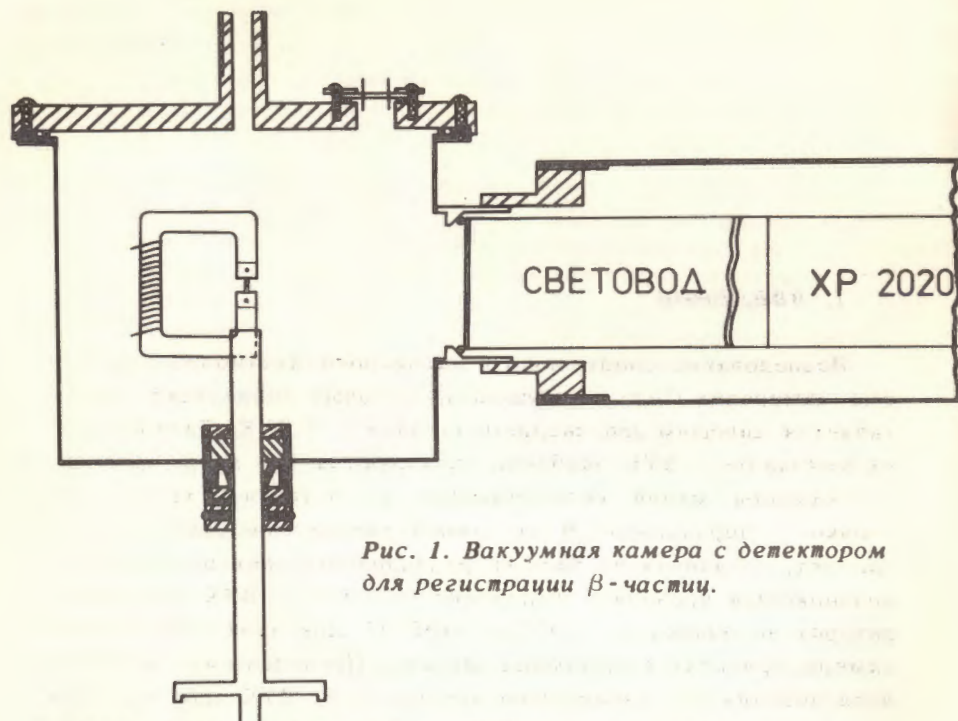


Рис. 1. Вакуумная камера с детектором для регистрации  $\beta$ -частиц.

жителя. Для измерения  $\beta$ - $\gamma$  ВУК при разных температурах камера соединяется с криостатом /рис. 2/, обеспечивающим заданную температуру образцов в диапазоне  $-196 \div +600^\circ\text{C}$  при стабильности не хуже чем  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . С целью обеспечения термического контакта источник закрепляется в медном держателе, находящемся внутри электрической печи /рис. 3/. Имеется возможность охлаждения медного держателя жидким азотом. В зависимости от планируемого диапазона температур, при которых будут проведены измерения, используются медные держатели разной формы. Температура стабилизируется автоматически регулировкой тока нагревателя. В системе стабилизации температуры медного держателя применена термопара медь-константан, удаленная на 20 мм от места закрепления источника. Температура самого источника измеряется при помощи второй термопары, находящейся в термическом контакте с источником. С использованием описываемого криостата были проведены измерения  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК  $^{155}\text{GdFe}$  в диапазоне температур  $-153^\circ\text{C} \div +220^\circ\text{C}$  /2/.

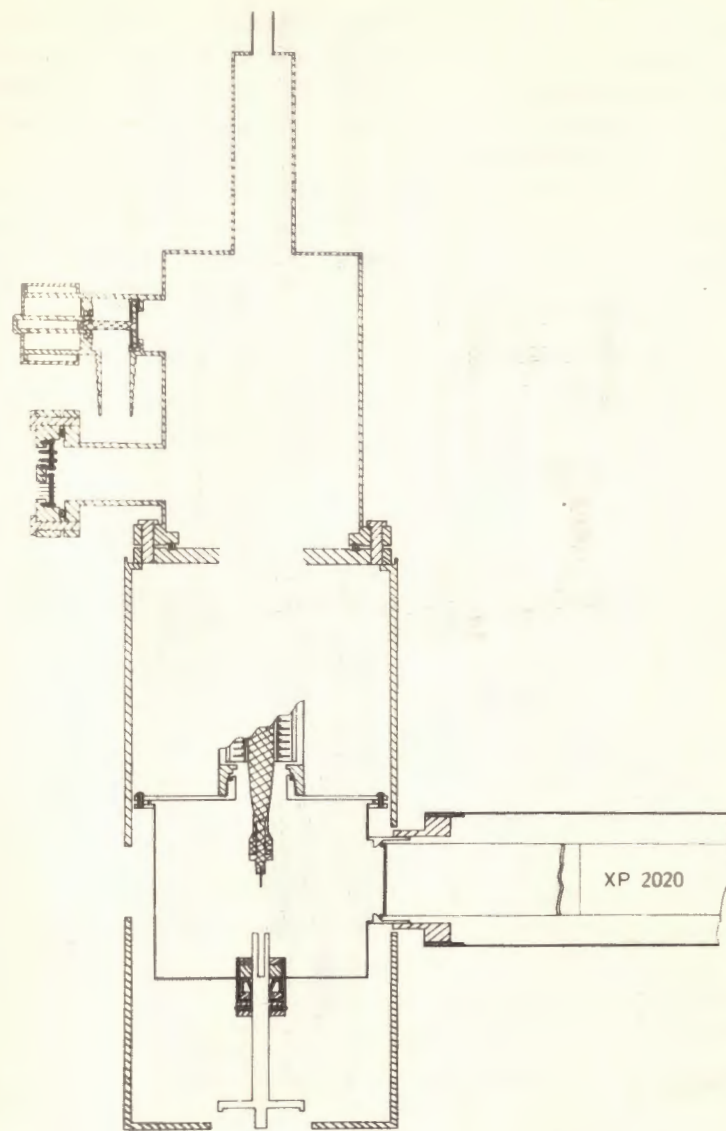


Рис. 2. Соединение камеры с криостатом, обеспечивающим заданную температуру образцов в диапазоне  $-196 \div 600^\circ\text{C}$  /.

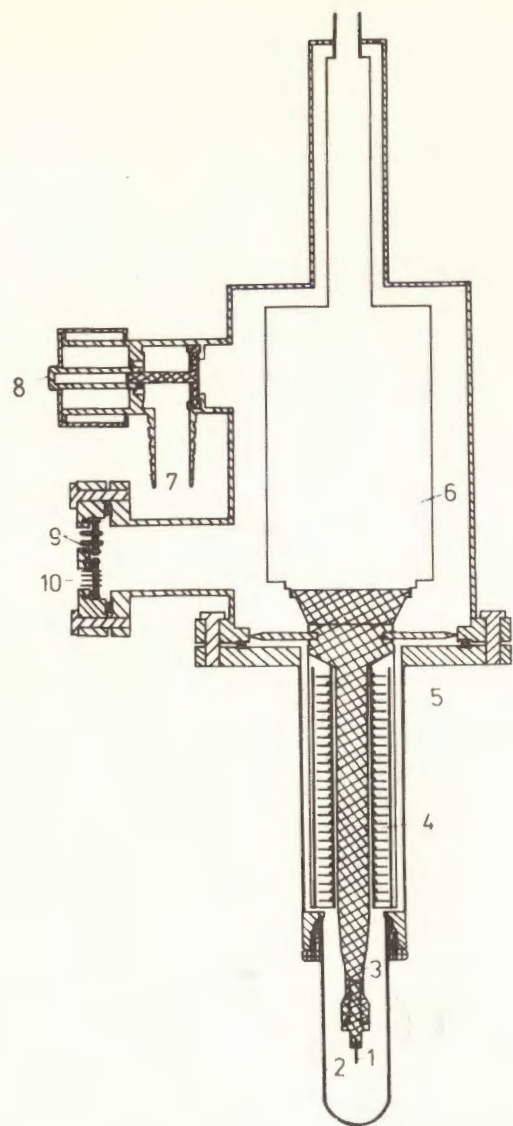


Рис. 3. Криостат. 1 - образец, 2 - теплоизоляционный экран, 3 - источникдержатель, 4 - электронагревательный элемент, 5 - корпус криостата, 6 - сосуд Дьюара, 7 - трубка для соединения с насосом, 8 - вакуумный кран, 9,10 - электрические разъемы.

При откачке камеры и криостата использован двухступенчатый ротационный насос ВЛ 30Р с азотной ловушкой. С целью получения высокого вакуума  $10^{-6}$  Торр/ применяется магнито-разрядный диодный насос НМДО-01-1 (НОРД-100).

Для измерений  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК дифференциальным методом используется схема электроники, приведенная на рис. 4, аналогичная описанной в <sup>1/3/</sup>. Регистрация  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения осуществляется детекторами со сцинтилляторами NE111, NE104 и NaJ(Tl) диаметром 40 мм разной толщины.

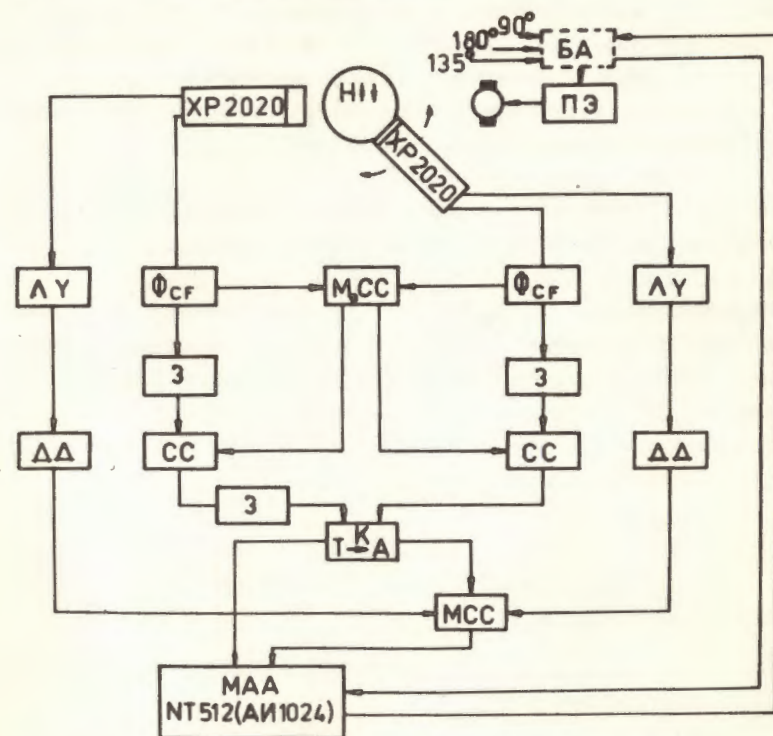


Рис. 4. Блок-схема электроники для измерения ВУК дифференциальным методом.

Во время исследования ВУК интегральным методом используется электроника установки, описанной в работе <sup>1/1/</sup>. В случае измерений  $\beta$ - $\gamma$  ВУК проводилась замена одного сцинтилляционного  $\gamma$ -детектора на блок вакуумной камеры с  $\beta$ -детектором.

### 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

При измерении корреляций направлений, а тем более возмущенных с участием заряженных частиц возникают существенно большие методические трудности, чем в случае корреляций только  $\gamma$ -лучей. Необходимо учитывать рассеяние заряженных частиц в веществе источника и влияние на них как внутренних полей матрицы, так и рассеянного поля внешнего магнита. Впервые измерения  $\beta$ - $\gamma$  ВУК проведены в 1967 г.<sup>4</sup>, а систематические исследования начались лишь с 1974 г. Поэтому систематическим исследованиям  $\beta$ - $\gamma$  ВУК должна предшествовать тщательная методическая проверка установки.

Для проверки работы описываемой установки проведены измерения  $\beta$ - $\gamma$  угловых /невозмущенных/ корреляций для каскада  $3^- \beta \rightarrow 2^+ \gamma \rightarrow 0^+$  при распаде  $^{124}\text{Sb} \rightarrow ^{124}\text{Te}$ ,  $E_\beta = 1800 \div 2300$  кэВ,  $E_\gamma = 602,7$  кэВ. Источник приготовлен путем выпаривания капли водного раствора  $\text{SbCl}_3$  на алюминизированной майларовой фольге толщиной 680 мкг/см<sup>2</sup>.

При обработке экспериментальных результатов учитывались случайные совпадения, совпадения с комптоновским фоном, вводились геометрические поправки  $Q_k$  для детекторов  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучения<sup>5,6</sup>. Полученные значения коэффициентов угловой корреляции хорошо согласуются с измерениями других авторов<sup>7,8</sup>, результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты угловой корреляции  $\beta$ - $\gamma$

$3^- \beta \rightarrow 2^+ \gamma \rightarrow 0^+ \quad ^{124}\text{Sb} \rightarrow ^{124}\text{Te}$

$A_{kk}$	Настоящая работа	/7/	/8/
$A_{22}$	-0,385/11/	-0,390/11/	-0,376/11/ ÷ -0,405/20/ *
$A_{44}$	+0,001/14/	+0,004/13/	-

\* Приведены значения  $A_{22}$  для разных энергий  $\beta$ -частиц в интересующем нас диапазоне.

С целью уменьшения поглощения в образцах и рассеяния  $\beta$ -частиц магнитным полем при изготовлении образцов для измерений  $\beta$ - $\gamma$  ВУК использовалась железная фольга толщиной 1,2 мкм. Сурьма из водного раствора  $\text{SbCl}_3$  осаждалась на нее электролитическим способом. Диффузия сурьмы в железо проводилась при температуре 900°С в течение 150 ч в атмосфере водорода в кварцевой ампуле. Атмосфера чистого водорода после вакуумной откачки была получена из реакции  $\text{TiH}_2 \xrightarrow{600^\circ\text{C}} \text{Ti} + \text{H}_2$ . Масса  $\text{TiH}_2$  была рассчитана так, чтобы при температуре диффузии в пробирке было давление ~1 атм. После диффузии поверхность фольги очищалась от остатков сурьмы химическим способом.

С приготовленным таким методом источником  $^{124}\text{Sb}$  измерены одновременно ВУК для каскадов  $3^- \beta \rightarrow 2^+ \gamma \rightarrow 0^+$  и  $3^- \gamma \rightarrow 2^+ \gamma \rightarrow 0^+$ . Измерения ВУК для  $\beta$ - $\gamma$  каскада /1800÷2300-602,7/ кэВ и  $\gamma$ - $\gamma$  каскада /1691,0-602,7/ кэВ проведены при углах  $\theta = 135(-135^\circ)$  между детекторами, регистрирующими излучение, возникающее при распаде  $^{124}\text{Sb}$  для определенного  $\beta$ - $\gamma$  ( $\gamma$ - $\gamma$ ) каскада.

Поворот угловой корреляции  $\Delta\theta = \omega\tau$ , вызванной сверхтопким взаимодействием, при  $A_{44} = 0$  /см. табл. 1 и работы<sup>9-11</sup>/ можно определить по формуле:

$$R(135^\circ) = \frac{4b_2\omega\tau}{1 + (2\omega\tau)^2}, \quad /1/$$

где

$$b_2 = \frac{3A_{22}}{4 + A_{22}}. \quad /2/$$

Переходя к измеряемым величинам, имеем:

$$R(135^\circ) = \frac{N(B^+) - N(B^-)}{\frac{1}{2}[N(B^+) + N(B^-)]}$$

Здесь  $N(B^+)$  и  $N(B^-)$  - число истинных совпадений при двух направлениях магнитного поля,  $\tau$  - среднее время жизни промежуточного уровня,  $A_{22}$  - коэффициенты  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  угловых

корреляций. Если  $g$ -фактор известен, то, определяя экспериментально частоту ларморовской прецессии, получаем значение магнитного поля  $B$ , действующего на ядра:

$$\omega = -4,79 \cdot 10^3 \text{ гВ.} \quad /4/$$

Из измерений  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК получены следующие значения  $R = -0,0066/4/$  и  $R = +0,0010/1/$ , соответственно. При обработке результатов измерений принималось, что для уровня  $602,7 \text{ кэВ}$   $T_{1/2} = 5,0/2/ \text{ пс}$ ,  $g = 0,39/5/^{9/}$  и  $A_{22} = -0,065/4/$  для  $\gamma$ - $\gamma$  каскада  $/1691,0-602,7/ \text{ кэВ}^{9-12/}$ . В результате получены следующие значения магнитного поля:  $B = 383/87/ \text{ кГс}$  и  $B = 374/31/ \text{ кГс}$  для измерений  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК. Эти значения хорошо согласуются между собой и с результатом  $B = 342/163/ \text{ кГс}$ , полученным Хублером и Мурником  $^{13/}$ .

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хорошее согласие значений магнитного поля, определенных из измерений  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК, свидетельствует о возможности использования этой установки для исследования  $\beta$ - $\gamma$  ВУК. Одновременные измерения  $\beta$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$  ВУК при хорошей статистике и использование уточненных литературных данных по  $T_{1/2}$  и  $g$ -фактору позволили определить с хорошей точностью значение магнитного поля, действующего на ядра  $^{124}\text{Te}$  в железе при комнатной температуре.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, Р13-9607, Дубна, 1976.
2. Будзынски М. и др. Тезисы докладов XXIX Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Рига, 1979, с.451.
3. Ваврыцук Я. и др. ОИЯИ, Р6-10703, Дубна, 1977.
4. Nielsen K.B., Deutch D.I. Phys.Lett., 1967, 25, p.208.
5. Kullessa R. Preprint 928/P1, Krasow, 1976.
6. Фергюссон А. Методы угловых корреляций в гамма-спектроскопии. Атомиздат, М., 1969.

7. Steffen R.M. Phys.Rev., 1961, 124, p.145.
8. Manthuruthil J.C. et al. Phys.Rev., 1971, C4, p.960.
9. Bertand F.E. Nuclear Data Sheets, 1973, 10, No. 2.
10. Stelson P. Phys.Rev., 1967, 157, p.1098.
11. Grabowski Z.W. et al. Phys.Rev., 1971, C3, p.1649.
12. Baker K.S. et al. Nucl.Phys., 1972, A186, p.493.
13. Hubler G.K., Murnick D.E. Int. Conf. on Hyperfine Interactions Studied in Nucl. React. and Decay. Uppsala 1974, eds. E.Karlsson, Wappling, p.66.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 июня 1979 года.