

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4240/83

15/8-83

13-83-342

М.Будзынски, Я.Вепржек, Я.Конишек, Т.Лешнер,
Й.Ота, М.Петржик, И.Прохазка, О.Соучек,
М.Фингер, В.И.Фоминых, В.М.Цупко-Ситников,
П.Шимечек, А.Янкех, З.Яноут

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ВОЗМУЩЕННЫХ УГЛОВЫХ
ГАММА-ГАММА КОРРЕЛЯЦИЙ
В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР (1,5-300) К

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1983

ВВЕДЕНИЕ

Исследование возмущения угловой корреляции /ВУК/, вызываемого влиянием окружающих электромагнитных полей на атомные ядра, позволяет определить магнитные дипольные и электрические квадрупольные моменты возбужденных состояний атомных ядер. Кроме того, методом ВУК изучаются внутренние электромагнитные поля, действующие на ядра в ферромагнитных или парамагнитных веществах, в том числе зависимость этих полей от температуры образца.

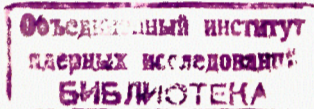
В настоящей работе описывается установка, созданная в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ при сотрудничестве с Пражским политехническим институтом и Карловым университетом в Праге /где сейчас создается аналогичная установка/, для измерения возмущенных угловых гамма-гамма корреляций, позволяющая проводить измерения изучаемых образцов в диапазоне от 1,5 К до комнатной температуры. Преимуществом ее по сравнению с существующими в ОИЯИ /1,2/ установками является возможность исследования сверхтонких взаимодействий в гелиевой области температур /1,5-78/ К. Это позволяет определить величины обменного магнитного поля и параметры кристаллического поля в исследуемых матрицах, что весьма важно для физики конденсированных сред. Кроме того, измерения в гелиевой области температур повышают точность определения магнитных дипольных и электрических квадрупольных моментов возбужденных состояний атомных ядер, так как при низких температурах внутренние поля известны обычно с лучшей точностью.

Установка входит в комплекс СПИН /3/, который в настоящее время помимо ВУК позволяет проводить измерения углового распределения и линейной поляризации гамма-излучения радиоактивных ядер, ориентированных при сверхнизких температурах /3,4/, и ядерного магнитного резонанса на ориентированных ядрах - ЯМР/ОЯ /5/.

Описываемая установка включает в себя криогенную и спектротрическую аппаратуру.

КРИОГЕННАЯ УСТАНОВКА

Криогенная часть установки показана на рис.1а и б. Она состоит из гелиевого криостата, вставки со сверхпроводящим магнитом и держателя образца. Криостат имеет азотный и гелиевый сосуды емкостью соответственно 15 и 17 л и сохраняет работоспособность без дополнения жидкостей в течение 36 часов.



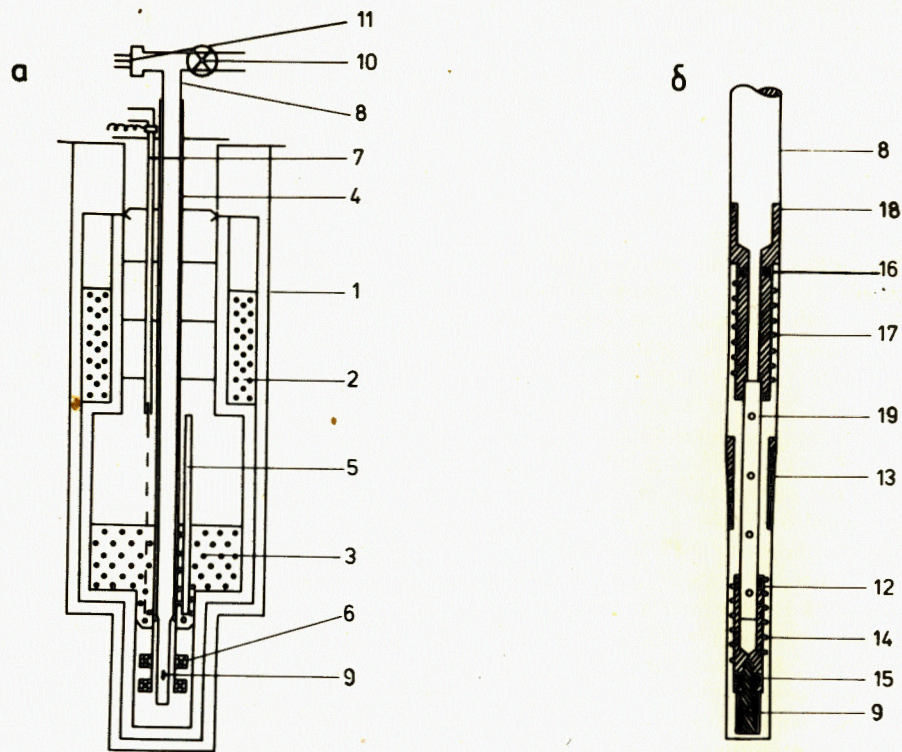


Рис.1. Криостат с регулируемой температурой образцов для измерения возмущенных угловых гамма-гамма корреляций: а/ криостат; б/ держатель образца: 1 - корпус криостата, 2 - азотный сосуд, 3 - гелиевый сосуд, 4 - вставка, 5 - уровнемер, 6 - магнит, 7 - токовводы магнита, 8 - держатель образца, 9 - образец, 10 - вентиль, 11 - электрические контакты, 12 - медный цилиндр, 13 - конус, 14 - нагреватель, 15 - термопары, 16 - опорные точки термопар, 17 - термический контакт проводов, 18 - медное кольцо, 19 - трубка из нержавеющей стали.

Вставка имеет тепловые экраны, термометры, нагреватель образца и непрерывный уровнемер^{6/} для контроля уровня жидкости в гелиевом сосуде. В нижней части вставки закреплены катушки Гельмгольца, которые создают магнитное поле на образцах величиной до 2 Т. Неоднородность поля в центре магнита в сфере диаметром 5 мм не превышает 0,1%. Сверхпроводящие токовводы размещены в трубках с охлаждением парами жидкого гелия^{7/}. На фланце вставки имеется предохранительный клапан для защиты криостата от повышенного давления.

Держатель образца /вакуумно плотный/ выполнен из тонкостенной трубки - нержавеющей стали диаметром 17 мм. Положение держателя образца относительно магнита фиксируется конусом, вставленным во внутренний конус вставки. Внутри вставки припаяно медное кольцо, которое находится в тепловом контакте с жидким гелием. К медному кольцу припаяна тонкостенная трубка из нержавеющей стали диаметром 6 мм, а к ее нижнему концу припаян медный цилиндр со сменным образцом. На цилиндре закреплены также проволочный нагреватель с термопарой, обеспечивающие необходимый режим, и вторая термопара для измерения температуры образца^{8/}. Обе термопары - типа Au-Fe/ хромель. Температура образца устанавливается с точностью $\pm 1,5$ К в диапазоне температур /4-300/ К.

РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА УСТАНОВКИ

Для регистрации гамма-излучения с энергией $E_{\gamma} \geq 80$ кэВ используются Ge(Li)-детекторы, которые размещены вне криостата. Расстояние от радиоактивного источника до детекторов ≥ 10 см. Один из детекторов /D₁/ закреплен неподвижно. Два других детектора /D₂, D₃/, закрепленных на специальной подвижной платформе, можно поворачивать в горизонтальной плоскости относительно детектора D₁. Конструкция магнита позволяет проводить измерения в положениях подвижных детекторов под углами 90-180° и 230-270° относительно неподвижного. Для защиты детекторов от рассеянного гамма-излучения используются коллиматоры из свинца /толщиной 5 мм/, кадмия и меди /2 мм/.

Центровка образца относительно детекторов осуществляется путем перемещения криостата с помощью специальных винтов. Точность центровки составляет $\pm 0,5\%$ от скорости счета импульсов в установленном энергетическом диапазоне при заданных положениях подвижных детекторов.

ЭЛЕКТРОНИКА

Блок-схема аппаратуры для измерений интегральных ВУК показана на рис.2. Она построена по принципу быстро-медленных совпадений. Применение трех детекторов увеличивает эффективность получения полезной информации. В трактах использованы стандартные спектрометрические и временные блоки производства фирм "Polon" /ПНР/, "Tesla" /ЧССР/ и "Canberra" /США/. Чувствительный объем Ge(Li)-детекторов ≈ 30 см³, энергетическое разрешение составляет 2,7 кэВ для $E_{\gamma} = 1,33$ МэВ ⁶⁰Со. Временное разрешение $2\tau_0 \approx 20$ нс.

Для накопления спектров совпадений используются 4096-канальные анализаторы ICA-70. Для контроля измерений и последующей коррекции результатов в связи с возможным эксцентриситетом источника относительно оси поворота детекторов и возможными откло-

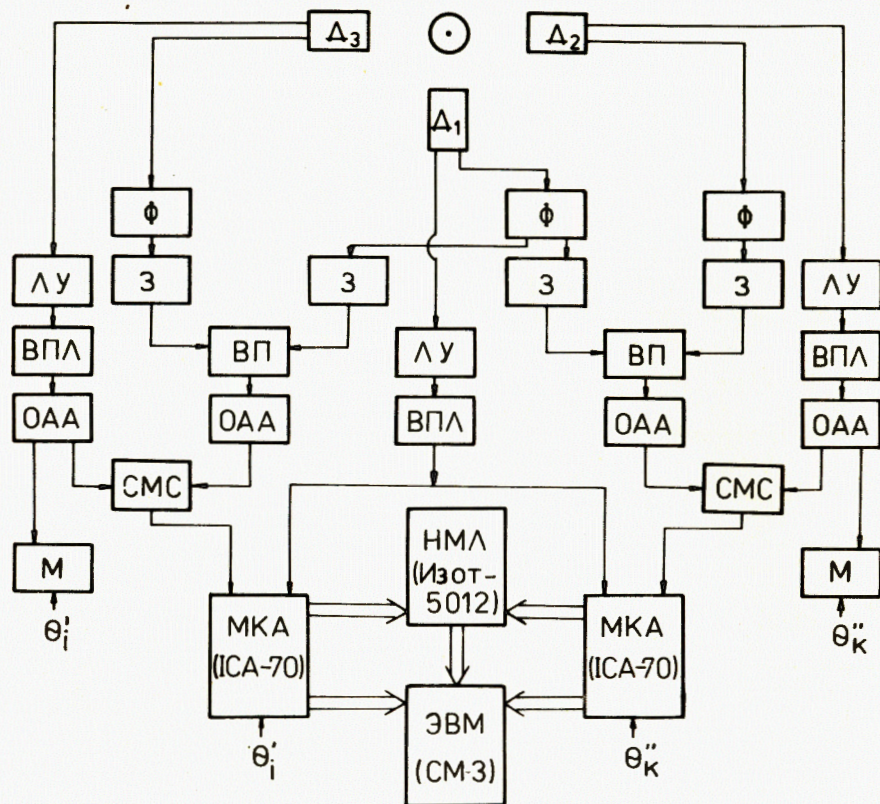


Рис.2. Блок-схема спектрометрической аппаратуры: Д - Ge(Li)-детектор, Ф - формирователь с постоянной временной привязкой, З - задержки, ВП - время-амплитудный преобразователь, ОАА - одноканальный анализатор амплитуды, ЛУ - линейный усилитель, ВПЛ - восстановитель постоянной линии, М - монитор, включающий пересчетный прибор и электромеханический регистратор, θ'_i (θ''_k) - углы между детекторами D_1 - D_2 / D_1 - D_3 /, СМС - схема медленных совпадений, МКА - многоканальный анализатор амплитуды, НМЛ - накопитель на магнитной ленте, ЭВМ - электронно-вычислительная машина.

нениями фактического времени экспозиции от заданного в мониторах /М на рис.2/ накапливаются данные о числе импульсов в выбранных энергетических диапазонах. Кроме того, мониторы позволяют сохранять накопленную информацию при непредвиденной остановке измерений. Информация из анализаторов ICA-70 передается через интерфейс /9/ в накопитель на магнитной ленте

или в память ЭВМ СМ-3 для предварительной обработки спектров совпадений. Окончательная обработка данных проводится на ЭВМ CDC-6500 или БЭСМ-6.

Электронная аппаратура предусматривает также возможность измерений возмущенных угловых корреляций дифференциальным методом. В этом случае для существенного улучшения временного разрешения установки можно использовать сцинтилляционные детекторы и быстрые фотоумножители /ХР 2020/.

КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Для проверки работы установки были проведены измерения гамма-гамма угловых корреляций. Полученные нами значения коэффициентов гамма-гамма угловой корреляции A_{22} и A_{44} в измерениях с источником $^{152}\text{Eu} \rightarrow ^{152}\text{Sm}$ и ^{152}Gd при комнатной температуре, а также результаты других авторов приведены в таблице.

Таблица

Ядро	Каскад (кэВ)	Настоящая работа		Другие работы	
		A_{22} (A_{22})	A_{44} (A_{44})	A_{22} (A_{22})	A_{44} (A_{44})
^{152}Sm	254-122	0,085(4)	0,002(7)	0,082(3) /I0/	-0,004(5) /I0/
	867-122	0,070(7)	-0,150(I3)	0,071(6) /I0/	-0,146(8) /I0/
	III2-122	-0,190(9)	-0,072(I6)	-0,187(5) /I0/	-0,077(8) /I0/
	I408-122	0,174(9)	0,001(I6)	0,176(5) /I0/	-0,017(I2) /I0/
	868-244	0,121(I2)	-0,173(20)	0,127(8) /II/	-0,188(I5) /II/
^{152}Gd	4II-344	-0,098(I2)	0,019(20)	-0,104(9) /I2/	0,015(I3) /I2/
	779-344	-0,073(9)	-0,003(I6)	-0,070(5) /I2/	0,002(7) /I2/

Не замечено уменьшения анизотропии корреляции, вызванного комptonовским рассеянием гамма-квантов на стенках криостата, а также жидким гелием.

Источник для измерения возмущенных угловых корреляций был изготовлен путем имплантации ионов ^{152}Eu в железную фольгу на электромагнитном масс-сепараторе с ускоряющим потенциалом 75 кВ. Непосредственно перед имплантацией с железной фольги снимался слой NaNO_2 и акриловой смолы, защищающий ее от окисления, и проводился отжиг для устранения дефектов, образующихся во время ее производства. Отжиг проводился в вакууме при температуре 1000°C.

Измерения возмущенных угловых корреляций при температуре образца 4,2 К проводились интегральным методом для двух направлений поляризуемого магнитного поля $B_{\text{внеш.}} = 1,3$ Т. Углы между детекторами D_1 , D_2 и D_1 , D_3 составляли $\theta = +135^\circ$ и -135° . Измерения ВУК проводились для следующих γ - γ каскадов: /411-344/, /779-344/, /1089-344/ и /1299-344/ кэВ. На основе измеренных спектров совпадений вычислялись значения

$$R = 2 \frac{N(+B) - N(-B)}{N(+B) + N(-B)}$$

Для определения доли (f) ядер ^{152}Eu , находящихся в местах замещения, для того же образца дополнительно были проведены измерения ВУК при комнатной температуре для $\theta = 90^\circ$, 120° , 150° и 180° . Используя угол поворота угловой корреляции и ослабление ее амплитуды по методу, описанному в работе /11/, установили, что 65/4% внедренных ионов ^{152}Eu находится в местах замещения в кристаллической решетке железа. На основе полученных значений R и f определено значение сверхтонкого магнитного поля на ядрах Gd в Fe-матрице при температуре 4,2 К: $B_{\text{СТ}} = -36,1/5$ Т. Это значение $B_{\text{СТ}}$ находится в хорошем согласии с величиной магнитного поля $B_{\text{СТ}} = -37,0/8$ Т, измеренного при температуре 12 К в работе /13/.

Установка испытывалась в процессе длительных непрерывных измерений /5 недель/ и показала высокую надежность и стабильность работы всех систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аликов Б.А. и др. ПТЭ, 1977, т.1, № 3, с.57.
2. Будзынски М. и др. Прикладная ядерная спектроскопия, 1980, № 10, с.141.
3. Громова И.И. и др. Прикладная ядерная спектроскопия, 1979, № 9, с.3.
4. Ржиговска И. и др. Тезисы докладов XXXII Совещания по ядерной спектроскопии и теории атомного ядра. Киев, 1982. "Наука", Л., 1982, с.249.
5. Дупак Я. и др. Прикладная ядерная спектроскопия, 1983, № 12, с.18.
6. Jelinek J., Doležal J. Čs.Čas.fyz., 1972, A22, p.557.
7. Efferson K.R. Rev.Sci.Instr., 1967, 38, p.776.
8. Strnad P. Sdělovací technika, 1978, 6, p.209.
9. Петржик М., Фоминых В.И. ОИЯИ, 11-80-190, Дубна, 1980.
10. Kalfas C.A., Hamilton W.D., Doubt H.R. J.Phys., 1973, A6, p.247.
11. Будзынски М. и др. ФТТ, 1982, т.24, с.714; ОИЯИ, P14-81-177, Дубна, 1981.

12. Helpi A., Pakkanen A., Hattula J. Nucl.Phys., 1975, A247, p.317.
13. Koster T.A., Shirley D.A. In: Proc. of the Int. Conf. "Hyperfine Interactions in Excited Nuclei". (Eds. G.Goldring, R.Kalish). Gordon and Breach, N.Y., London, Paris, 1971, p.1244.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 мая 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Будзынски М. и др. 13-83-342
Установка для измерения возмущенных угловых гамма-гамма корреляций в диапазоне температур /1,5-300/ К

Описана установка для измерения возмущенных гамма-гамма угловых корреляций в диапазоне температур /1,5-300/ К. Поляризация ферромагнитных образцов осуществлялась сверхпроводящими катушками Гельмгольца, $B \leq 2,0$ Т. Температура образцов устанавливается с точностью $\pm 1,5$ К в диапазоне /4-300/ К. Гамма-излучение регистрируется Ge(Li)-детекторами. Корреляционный спектрометр построен по принципу быстро-медленных совпадений. Для накопления информации используется анализатор ICA-70 и ЭВМ SM-3. Проведены контрольные измерения угловых корреляций для ^{152}Sm и ^{154}Gd . Определено сверхтонкое поле на ядрах Gd в Fe при температуре 4,2 К, $B = -36,1/5$ Т.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Budzynski M. et al. 13-83-342
Facility for Measurement of Perturbed Gamma-Gamma Angular Correlations in (1.5-300) K Temperature Region

A facility purposed for investigations of perturbed gamma-gamma angular correlations in temperature region (1.5-300) K has been built. Polarization of ferromagnetic hosts can be achieved using superconducting Helmholtz coils producing magnetic field up to 2.0 T. Sample temperature can be adjusted within ± 1.5 K in temperature region (4-300) K. Gamma-rays are detected using Ge(Li) detectors. Correlation spectrometer has been constructed on the fast-slow coincidence principle. For data accomodation ICA-70 multichannel analysers or an SM-3 minicomputer can be used. Control measurements of angular correlations in ^{152}Sm and ^{154}Gd were performed. Hyperfine field acting on Gd nuclei in iron host at 4.2 K temperature was determined to be $B = -36.1/5$ T.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С. Виноградовой.