

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



А-537

26/6-75

P3 - 8599

1899/2-75

В.П.Алфименков, А.И.Иваненко, Л.Ласонь,
Ю.Д.Мареев, О.Н.Овчинников, Л.Б.Пикельнер,
Э.И.Шарапов

СПИНЫ НЕЙТРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ ^{159}Tb
ИЗ ЭКСПЕРИМЕНТА
С ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ НЕЙТРОНАМИ И ЯДРАМИ

1975

РЗ - 8599

В.П.Алфименков, А.И.Иваненко, Л.Ласонь,
Ю.Д.Мареев, О.Н.Овчинников, Л.Б.Пикельнер,
Э.И.Шарапов

СПИНЫ НЕЙТРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ ¹⁵⁹Ть
ИЗ ЭКСПЕРИМЕНТА
С ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ НЕЙТРОНАМИ И ЯДРАМИ

Направлено на III конференцию по нейтронной физике
(24-6 июня 1975 г., Киев)



Алфименков В.П., Иваненко А.И., Ласонь Л., Мареев Ю.Д., РЗ - 8599
Овчинников О.Н., Пикельнер Л.Б., Шарапов Э.И.

Спины нейтронных резонансов ^{159}Tb из эксперимента
с поляризованными нейтронами и ядрами

В эксперименте с поляризованными нейтронами и ядрами при использовании реконструированной установки время-пролетного спектрометра на реакторе ИБР-30 определены спины 27 нейтронных резонансов ^{159}Tb с энергией до 114 эВ.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Alfimenkov V.P., Ivanenko A.I., Lason L.,
Mareev Yu.D., Ovchinnikov O.N., РЗ - 8599
Pikelner L.B., Sharapov E.I.

Neutron Resonance Spins in ^{159}Tb from
the Polarized Neutron and Nucleus
Experiment

Spins of 27 neutron resonances in ^{159}Tb have been measured in the experiment with polarized neutron beam and polarized target using the modernized apparatus on the time-of-flight spectrometer of the IBR-30 pulse reactor.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

Применение поляризованных нейтронов и поляризованных ядер в нейтронно-спектроскопических экспериментах существенно расширяет возможности исследований. Крупный шаг в этой области был сделан в 1965-1966 гг. в результате работ Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ¹, в которых впервые была осуществлена поляризация резонансных нейтронов с энергией до нескольких десятков килоэлектрон-вольт методом пропускания через поляризованную протонную мишень и выполнен ряд экспериментов на нейтронном пучке импульсного реактора ИБР. Аналогичная по принципу действия установка заработала в 1973 г. в Ок-Ридже, США, на нейтронном спектрометре электронного ускорителя ORELA².

В связи с перестройкой реактора ИБР в более мощный импульсный реактор ИБР-30 в ЛНФ была предпринята реконструкция установки для поляризации нейтронов и ядер. Новая установка запущена в конце 1974 года. Ниже мы сообщаем основные физические характеристики этой установки и первые результаты измерения спинов нейтронных резонансов ^{159}Tb с энергией до 114 эВ прямым методом пропускания поляризованных нейтронов через поляризованную мишень тербия.

Ранее спины резонансов тербия определялись преимущественно косвенными методами. Лишь для трех резонансов с энергией до 11,1 эВ результаты были получены с применением поляризованных нейтронов на кристаллическом монохроматоре³. Надежная идентификация спинов всех резонансов с энергией до ~100 эВ представляла особый интерес в связи с выводами работы⁴ о нестатистических закономерностях в свойствах компаунд-состояний ^{160}Tb .

В последующем изложении будут использоваться термины и обозначения, введенные при описании теории метода в работе¹.

Установка. В состав нового варианта установки входят те же основные узлы, что и в первом варианте^{/1/}: поляризатор, спиновой ротатор, поляризованная ядерная мишень и нейтронный детектор, отличающиеся конструктивным исполнением, которое мы здесь не описываем, отмечая лишь основные отличия от варианта /1/.

Поляризатором по-прежнему служила поляризованная протонная мишень - монокристалл двойного лантан-магниевого нитрата. Кристалл помещался в гелиевый криостат, располагавшийся между полюсами электромагнита, так что ось симметрии z кристалла была параллельна направлению пучка нейтронов. Площадь мишени в данном эксперименте была увеличена в два раза и составляла 24 см^2 . Предполагается дальнейшее увеличение площади мишени до 50 см^2 . Динамическая поляризация протонов осуществлялась при температуре 1°K в поле $19,7 \text{ кЭ}$ в ненастраиваемом резонаторе с использованием СВЧ мощности от лампы обратной волны. Поляризация протонов была измерена по эффекту однократного пропускания нейтронного пучка и составила 55% , что для использованной мишени толщиной 14 мм соответствует 45% -ной поляризации нейтронов. Для настройки поляризации и контроля за ней применялись спектрометр ядерного магнитного резонанса и нейтронный монитор поляризации.

Был использован новый метод реверса поляризации нейтронного пучка, обеспечивающий эффективность переворота, близкую к 100% , в широком интервале энергий нейтронов.

Для поляризации ядерной мишени вместо криостата с испарением ^3He был применен криостат с растворением гелия-3 в гелии-4, использованный в^{/5/}. Криостат располагался между полюсами электромагнита. Мишенью служила пластинка металлического тербия $100 \times 40 \times 1,8 \text{ мм}^3$, содержащая $5,35 \cdot 10^{21} \text{ ядер/см}^2$. Высокое значение $H = 3 \cdot 10^6 \text{ Э}^{3/2}$ / внутреннего магнитного поля в тербии и достаточно большой магнитный момент ядра ($\mu_1 = 2\mu_{\text{яд}}, I = 3/2$) позволяли при температуре $\sim 30 \text{ мК}$ иметь ядерную поляризацию 98% в магнитных доменах. Однако из-за магнитной жесткости тербия среднее зна-

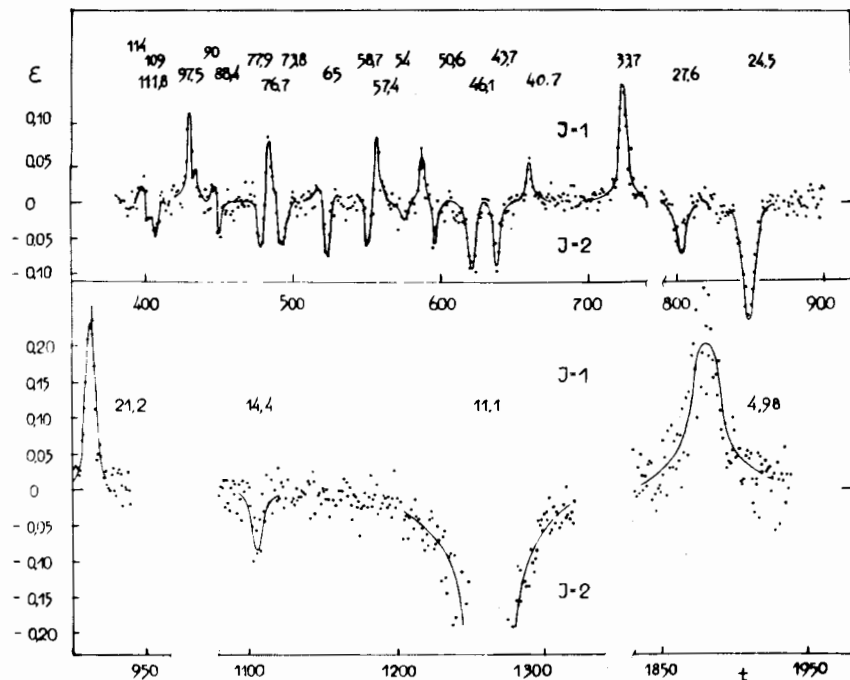
чение поляризации по образцу в поле 15 кЭ было меньше и, по нашим измерениям с поляризованными нейтронами, составило около 57% .

Нейтроны регистрировались с помощью секционированного жидкостного сцинтилляционного пу-детектора с конвертором^{/5/}.

Эксперимент и результаты. Пропускание измерялось методом времени пролета при работе реактора ИБР-30 в режиме импульсного бустера совместно с ускорителем электронов ЛУЭ-40. Средняя мощность реактора равнялась 8 кВт , разрешение нейтронного спектрометра на пролетной базе $118 \text{ м} - 40 \text{ нс/м}$. В аппаратных спектрах, полученных за 13 час каждый, счет на канал 2 мкс составлял в области 100 эВ 14 тыс. отсчетов и в области $10 \text{ эВ} - 4 \text{ тыс.}$ отсчетов. Измерения при параллельной и антипараллельной ориентациях поляризации чередовались через 2 часа . В пучке находился борный фильтр для уменьшения фона от рециклических нейтронов. Фон измерялся с помощью толстого образца марганца /резонанс 320 эВ / и сильных резонансов тербия $11,1$ и $3,34 \text{ эВ}$.

Обработка результатов измерений была выполнена по стандартным программам системы ПОФИ на ЭВМ БЭСМ-4, оборудованной осциллографом со световым карандашом. Она включала в себя: суммирование однотипных измерений, учет показаний монитора пучка, дополнительную нормировку по безрезонансным участкам спектра для устранения эффектов нестабильности поляризации, вычитание фонов и получение эффекта пропускания $\epsilon = (N_p - N_a) / (N_p + N_a)$.

Согласно теории метода /см., например, /1,3/ /, для определения спинов резонансов с применением поляризованных нейтронов и ядер в условиях хорошего или умеренного разрешения достаточно качественного определения знака эффекта пропускания. Необходимым условием при этом является знание знака константы сверхтонкого взаимодействия A , задающего направление поляризации мишени относительно внешнего магнитного поля. Т.к. для тербия $A > 0$ /3/, то положительному знаку эффекта пропускания соответствуют резонансы с $J = 1$.



Зависимость эффекта пропускания ϵ от времени пролета нейтронов, полученная в эксперименте с поляризованными нейтронами и поляризованными ядрами тербия. t - номер канала анализатора шириной 2 мкс.

На рисунке показана полученная в эксперименте зависимость эффекта пропускания от времени пролета нейтронов. Информация о спинах резонансов ^{159}Tb собрана в таблице. Наши значения спинов резонансов при энергии 3,34; 4,95 и 11,1 эВ согласуются со значениями, полученными с применением поляризованных нейтронов Постмой и др.³ Согласно наблюдается также для тех резонансов, спины которых найдены путем измерений пропускания, радиационного захвата и рассеяния нейтронов¹⁶, а также измерений прямых и вторичных гамма-переходов⁷.

Использование значений спинов из таблицы вместе с экспериментальными данными работы⁴ не приводит

Таблица

E_0 , эВ	дан. раб. /7/		E_0 , эВ	дан. раб. /7/		E_0 , эВ	дан. раб. /7/	
3,34	2	2	43,7	2	2	73,8	2	2
4,98	I	I	46,1	2	2	76,7	I	I
11,1	2	2	50,6	2	2	77,9	2	-
14,4	2	2	51,6	I	I	88,4	2	(2)
21,2	I	I	54,0	2	(2)	90	(I)	-
24,6	2	2	57,4	I	(I)	97,5	I	I
27,6	2	2	58,7	2	(2)	108,9	2	-
33,9	I	I	65,0	2	2	111,8	2	-
40,7	I	(I)	66,8	I	I	114,1	(I)	-

к корреляции приведенных нейтронных ширин с парциальными гамма-ширинами, наблюдавшейся в¹⁴ при использовании ограниченных и частично ошибочных данных о спинах. Таким образом, прямое определение спинов всех резонансов тербия с энергией до 100 эВ с помощью поляризованных нейтронов подтверждает заключение, сделанное в пока не опубликованной работе¹⁷ об отсутствии нестатистических эффектов в свойствах нейтронных резонансов ^{159}Tb в этой области энергий.

Представляют интерес дальнейшие измерения спинов резонансов Tb в более широком энергетическом интервале, возможные на импульсном бустере ИБР-30 с уменьшенным коэффициентом размножения.

Литература

1. *F.L.Shapiro. Nucl.Str. Study with Neutrons, p. 223, Amsterdam, 1966;*
В.П.Алфименков и др. ЯФ, 3, В.1, 55 /1966/.
2. *G.A.Keyworth et al. Phys.Rev., C8, No. 6, 2352 /1973/.*
3. *H.Postma et al. Physica, 30, 713 /1964/.*
4. *J.A.Jain et al. Nucl.Phys., A233, 509 /1974/.*
5. *В.П.Алфименков и др. ЯФ, 17, в. 1, 13 /1973/.*
6. *Ван Най-Янь и др. ЖЭТФ, 47, в. 1, 43 /1964/.*
7. *P.Ribon et al. Reports to US Nuclear Data Committee USNDC-9, 1974 (unpublished).*

Рукопись поступила в издательский отдел
12 февраля 1975 года.