

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ43г1  
А-406

ЛЯП  
РЗ - 10835

4154 / 4-74

Г.Г. Акоюн, В.П. Алфименков, С.Б. Борзаков,  
Я. Вежбицки, А.И. Иваненко, Л. Ласонь, Ю.Д. Мареев,  
О.Н. Овчинников, Л.Б. Пикельнер, Э.И. Шарапов

СПИНОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

ПОЛНОГО НЕЙТРОННОГО СЕЧЕНИЯ

$^{169}\text{Tm}$  и  $^{141}\text{Pr}$

В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ДО 100 кэВ

1977

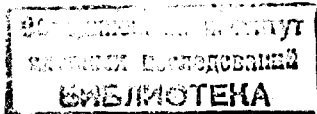
РЗ - 10835

Г.Г.Акопян, В.П.Алфименков, С.Б.Борзаков,  
Я.Вежбицки, А.И.Иваненко, Л.Ласонь, Ю.Д.Мареев,  
О.Н.Овчинников, Л.Б.Пикельнер, Э.И.Шарапов

СИНОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ  
ПОЛНОГО НЕЙТРОННОГО СЕЧЕНИЯ

$^{169}\text{Tm}$  и  $^{141}\text{Pr}$

В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ДО 100 кэВ



Спиновая зависимость полного нейтронного сечения  $^{169}\text{Tm}$  и  $^{141}\text{Pr}$  в области энергии нейтронов до 100 кэВ

На импульсном реакторе ИБР-30, работавшем в режиме бустера с инжектором ЛУЭ-40, методом времени пролета было измерено пропускание поляризованных нейтронов через поляризованные ядерные мишени  $^{169}\text{Tm}$  и  $^{141}\text{Pr}$ . Разрешение нейтронного спектрометра составляло около 30 нс/м. Нейтроны поляризовались при прохождении через поля-

ризованную протонную мишень. Определялся эффект пропускания  $\epsilon = \frac{N_p - N_a}{N_p + N_a}$ . Здесь  $N_p$  и  $N_a$  - отсчеты детектора при параллельной и антипараллельной поляризациях нейтронов и ядер. Были определены спины 36 нейтронных резонансов  $^{169}\text{Tm}$  с энергией до 300 эВ и спины 27 резонансов  $^{141}\text{Pr}$  с энергией до 5,6 кэВ. Для нескольких энергетических интервалов в диапазоне от 2 до 125 кэВ были получены усредненные спин-спиновые сечения  $\sigma_{ss}$  и разности силовых функций  $S_+ - S_-$  для двух спиновых состояний, приведенные в таблицах. Получены также средние значения  $\langle S_+ - S_- \rangle$  по всему энергетическому интервалу.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Spin Dependence of the Total Neutron Cross Section of  $^{169}\text{Tm}$  and  $^{141}\text{Pr}$  in the Neutron Energy Range up to 100 keV

The transmission effect  $\epsilon$  due to polarization reversing of neutrons transmitted through the polarized  $^{169}\text{Tm}$  and  $^{141}\text{Pr}$  targets was measured by the time-of-flight method at the pulsed reactor IBR-30 in the neutron energy range up to 100 keV, resolution being 30 ns/m.

Spins of the 63 levels were identified. The averaged spin-spin cross-sections  $\sigma_{ss}$  and the differences  $S_+ - S_-$  for two spin states were obtained for some energy intervals and are presented in tables. Mean values  $\langle S_+ - S_- \rangle$  over the whole energy interval are also obtained.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Исследования спиновой зависимости взаимодействия нейтронов с ядрами в области энергии нейтронов ниже 100 кэВ были начаты в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ в 1975 году. Первые эксперименты по пропусканию поляризованных нейтронов через поляризованную ядерную мишень были выполнены на ядрах  $^{159}\text{Tb}^{1/2}$  и  $^{165}\text{Ho}^{2/2}$ . В данной работе описываются аналогичные исследования на ядрах  $^{169}\text{Tm}$  и  $^{141}\text{Pr}$ .

## ЭКСПЕРИМЕНТ

Измерения проводились на пучке нейтронов импульсного реактора ИБР-30, работавшего в режиме бустера с инжектором ЛУЭ-40. Разрешение нейтронного спектрометра по времени пролета составляло около 30 нс/м. Нейтроны поляризовались при прохождении через поляризованную протонную мишень.

В качестве ядерных мишеней использовались поликристаллические соединения  $\text{TmFe}_2$  и  $\text{PrAl}_2$ , ферромагнитные при рабочих температурах 0,03 - 0,04 К. В табл. 1

Таблица 1

Образцы и поляризации

Мишень	Толщина поляризованного образца, п яд/см <sup>2</sup>	$f_n, \%$	$f_N, \%$
$\text{TmFe}_2$	$1,55 \cdot 10^{22}$	50	50
$\text{PrAl}_2$	$1,50 \cdot 10^{22}$	45	67

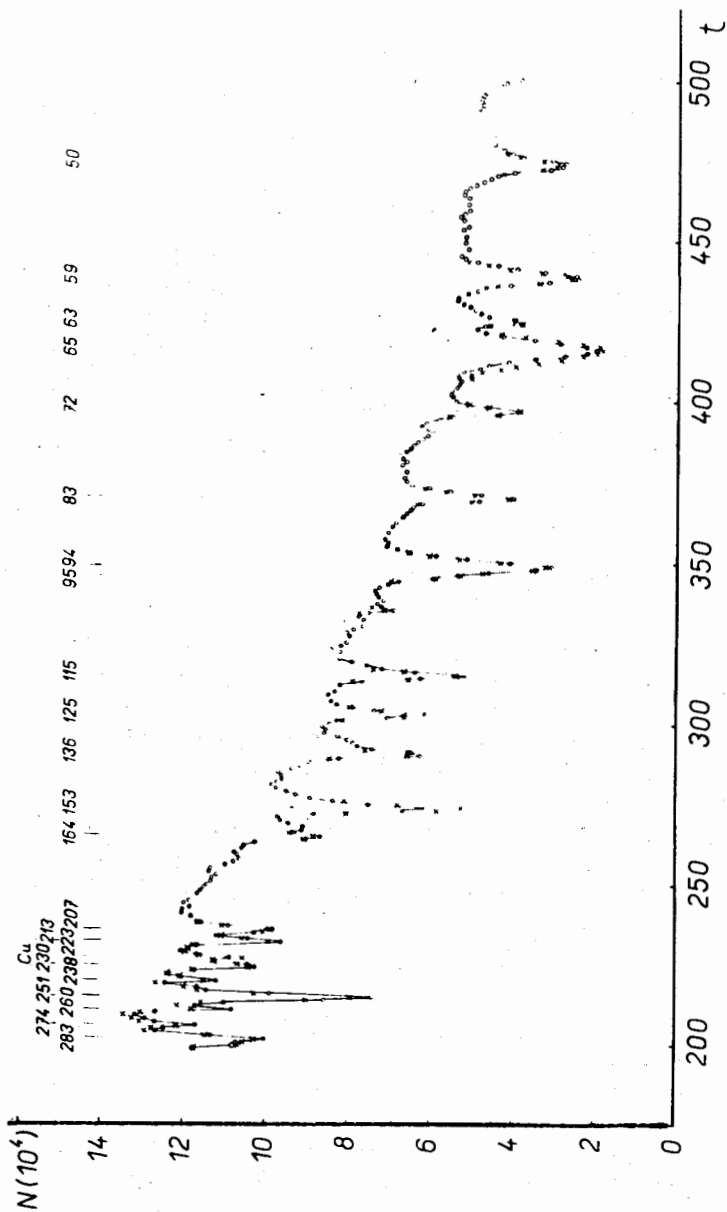


Рис. 1. Участки спектров  $N_p(o)$  и  $N_a(+)$  в области разрешенных резонансов для  $^{169}\text{Tm}$ . Числа над спектрами указывают энергию резонансов в эВ. На участках между резонансами спектры совпадают.

приведены толщины мишеней и значения поляризации нейтронов  $f_n$  и ядер  $f_N$ .

Регистрация временных спектров и управление реверсом поляризации нейтронов осуществлялись автоматизированной системой на основе ЭВМ ТРА-1.

В течение трехчасового измерительного цикла велось накопление спектров  $N_p$  и  $N_a$  при параллельной и антипараллельной ориентации спинов нейтронов и ядер с чередованием через 3 минуты. Таких трехчасовых циклов было проведено 61 для туллия и 50 для празеодима.

На рис. 1 приведены участки спектров  $N_p$  и  $N_a$  в области разрешенных резонансов для мишени  $\text{TmFe}_2$ , полученных за 40 часов измерений каждый.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На основании полученных спектров определялся эффект пропускания

$$\epsilon = \frac{N_p - N_a}{N_p + N_a} \quad /1/$$

Таблица 2  
Спины резонансов  $^{169}\text{Tm}$

эВ	спин	эВ	спин	эВ	спин	эВ	спин
3,9	1	63,1	1	136	1	238	1
14,4	0	65,9	0	153	0	243	1
17,5	0	83,5	1	160	1	251	1
29,1	1	94,1	1	164	1	260	1
34,8	1	95,6	0	208	1	274	1
38,1	1	102	1	209	0	283	1
44,8	1	116	1	214	1	288	0
50,7	1	125	0	224	0	295	0
59,2	1	132	1	227	1	297	1

Таблица 3  
Спины резонансов  $^{141}\text{Pr}$

эВ	спин	эВ	спин	эВ	спин
85	2	845	3	2926	(3)
112	2	956	2	2998	(3)
218	3	1119	3	3479	2
235	3	1363	2	3602	2
359	3	1484	3	3780	3
387	3	1715	3	3901	3
519	2	1880	(3)*	4541	3
635	3	2096	3	4586	2
721	2	2452	3	5592	2

\*В скобках даны предпочтительные значения слабых и плохо разрешенных резонансов.

В области разрешенных резонансов знак  $\epsilon$  непосредственно определяет спин резонанса. Найденные таким образом спины приведены в табл. 2 и 3 и хорошо согласуются с известными ранее значениями спинов, приведенными в атласе нейтронных сечений <sup>/3/</sup>. График  $\epsilon$  для празеодима на участке 0,2 - 4 кэВ показан на рис. 2.

В области энергии нейтронов от нескольких кэВ до сотни кэВ получены характеристики взаимодействия нейтронов с ядрами, усредненные по нескольким участкам, приведенные в табл. 4 и 5. Спин-спиновое сечение связано с эффектом пропускания выражением

$$\sigma_{ss} = - \frac{\epsilon}{nf_n f_N} \quad /2/$$

Разность силовых функций  $S_+ - S_-$  для двух спиновых состояний, возбуждаемых s-волновыми нейтронами, получена из соотношения

$$\epsilon = -nf_n f_N \frac{I}{2I + 1} [2\pi^2 \lambda^2 \sqrt{E} (S_+ - S_-) + 4\pi (R_+^2 - R_-^2)] \quad /3/$$

в предположении равенства радиусов потенциального рассеяния  $R_+$  и  $R_-$ .

Таблица 4  
 $^{169}\text{Tm}$ . Результаты измерения в области усреднения

Интервал энергии (кэВ)	$\epsilon (10^{-3})$	$\sigma_{ss}$ (мб)	$S_+ - S_- (10^{-4})$
125 - 47	-0,35 $\pm$ 0,15	90 $\pm$ 39	0,25 $\pm$ 0,12
47 - 23	-0,1 $\pm$ 0,23	26 $\pm$ 60	0,05 $\pm$ 0,14
23 - 17	0,5 $\pm$ 0,32	-130 $\pm$ 82	-0,18 $\pm$ 0,19
17 - 12	0,6 $\pm$ 0,31	-155 $\pm$ 80	-0,19 $\pm$ 0,20
12 - 9	0,85 $\pm$ 0,32	-220 $\pm$ 82	-0,23 $\pm$ 0,23
9 - 5,5	1,15 $\pm$ 0,33	-300 $\pm$ 85	-0,25 $\pm$ 0,22
5,5 - 2,1	2,85 $\pm$ 0,38	-730 $\pm$ 100	-0,45 $\pm$ 0,21

Таблица 5

$^{141}\text{Pr}$ . Результаты измерения в области усреднения

Интервал энергии (кэВ)	$\epsilon (10^{-3})$	$\sigma_{ss}$ (мб)	$S_+ - S_- (10^{-4})$
110 - 57	0,1 $\pm$ 0,2	-22 $\pm$ 44	-0,04 $\pm$ 0,24
57 - 32	0,4 $\pm$ 0,3	-88 $\pm$ 66	-0,11 $\pm$ 0,35
32 - 20	-2,7 $\pm$ 0,3	600 $\pm$ 66	0,58 $\pm$ 0,48
20 - 15	-1,8 $\pm$ 0,3	400 $\pm$ 66	0,32 $\pm$ 0,76
15 - 10,6	1,5 $\pm$ 0,3	-330 $\pm$ 66	-0,22 $\pm$ 0,80
10,6 - 6,6	2,4 $\pm$ 0,3	-530 $\pm$ 66	-0,29 $\pm$ 0,85

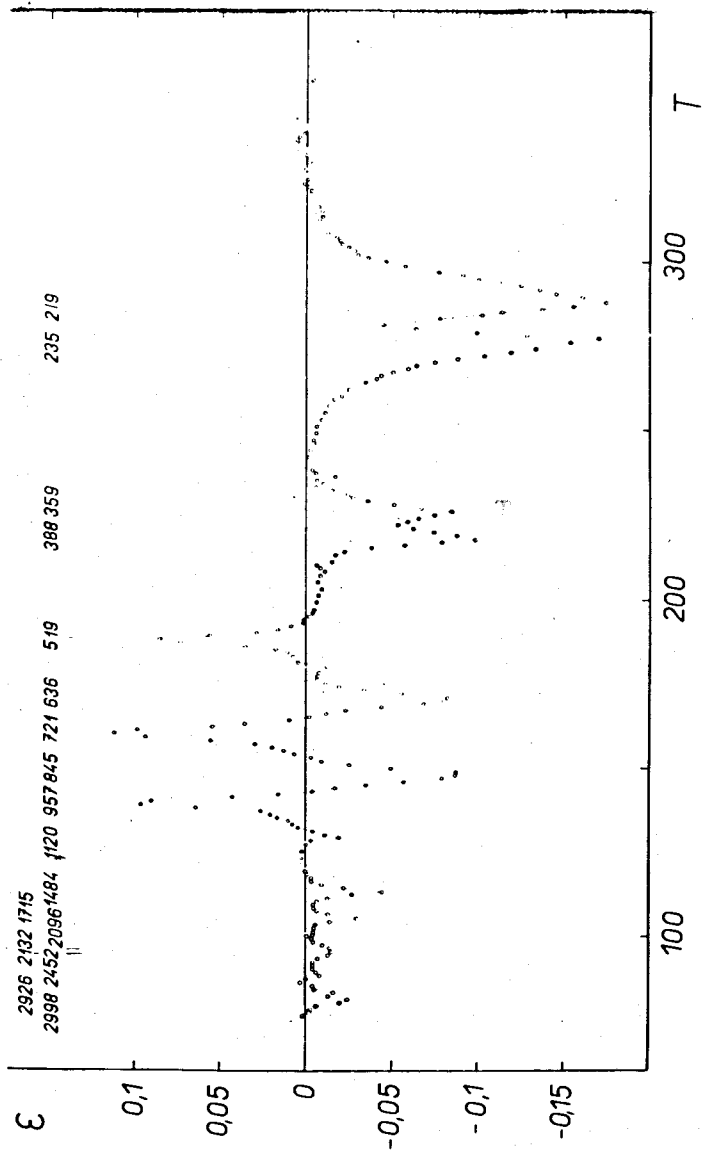


Рис. 2. Эффект пропускания  $\epsilon$  для  $^{141}\text{Pr}$  в области разрезанных резонансов. Числа над кривой указывают энергию резонансов в эВ.

Ошибки разности  $S_+ - S_-$  включают не только экспериментальные погрешности, но и неопределенности, связанные с портер-томасовским распределением нейтронных ширин. Влияние последних особенно велико для празеодима, у которого число резонансов на интервале усреднения мало из-за малой плотности уровней.

Из табл. 4 видно, что разность силовых функций туллия меняется при изменении энергии, что может служить указанием на существование промежуточной структуры в сечении взаимодействия нейтронов с ядрами.

Усреднение по всему исследованному интервалу энергии указывает на отсутствие у ядер Tm и Pr в пределах точности измерений спин-спинового эффекта в силовой функции. Эти результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6  
Усредненное значение  $\langle S_+ - S_- \rangle$

Ядро	$S_0 / 4$	область усреднения (кэВ)	$\langle S_+ - S_- \rangle$ ( $10^{-4}$ )
$^{169}\text{Tm}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	125 - 2,1	$-0,04 \pm 0,07$
$^{141}\text{Pr}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	110 - 6,6	$0,02 \pm 0,17$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алфименков В.П. и др. ОИЯИ, P3-9852, Дубна, 1976.
2. Акопян Г.Г. и др. ОИЯИ, P3-10181, Дубна, 1976.
3. Neutron Cross Sections, BNL-325, 3-d ed., v. 1, 1973.
4. De L. Musgrove A.R. A Compilation of S and P Wave Neutron Strength Function Data, AAEC, Lucas Heights.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 июля 1977 года.