

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



П-58

РЗ - 11752

4946 / 2-78

А.Б.Попов, К.Тшецяк, Хван Чер Гу

ПАРАМЕТРЫ

НЕЙТРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ РУТЕНИЯ

**1978**

РЗ - 11752

А.Б.Попов, К.Тшецяк, Хван Чер Гу

ПАРАМЕТРЫ  
НЕЙТРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ РУТЕНИЯ

*Направлено в ЯФ*

Попов А.Б., Тшецяк К., Хван Чер Гу

P3 - 11752

Параметры нейтронных резонансов рутения

На нейтронном спектрометре ЛНФ ОИЯИ с разрешением 7 нс/м проведены измерения спектров пропускания образцов естественного рутения. С использованием данных по выходу  $\gamma$ -лучей в реакции  $(n, \gamma)$  для образцов с малыми количествами разделенных изотопов были определены параметры нейтронных резонансов  $^{99}\text{Ru}$  и  $^{101}\text{Ru}$  в области до 1 кэВ. Получены оценки средних расстояний между резонансами  $D = 25 \pm 2$  и  $18 \pm 2$  эВ, а также силовых функций  $S^0 = (0,72 \pm 0,16) \cdot 10^{-4}$  и  $(0,61 \pm 0,13) \cdot 10^{-4}$  для  $^{99}\text{Ru}$  и  $^{101}\text{Ru}$  соответственно.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Popov A.B., Trzeciak K., Hvan Cher Gu

P3 - 11752

Parameters of Ruthenium Neutron Resonances

On the neutron spectrometer of the JINR Neutron Physics Laboratory (resolution 7 ns/m) the measurements of transmission for the natural Ru and the  $\gamma$ -ray yield after neutron capture of small  $^{99}\text{Ru}$  and  $^{101}\text{Ru}$  samples were performed. The neutron resonance parameters of  $^{99}\text{Ru}$  and  $^{101}\text{Ru}$  have been determined for the region up to 1 keV. Average spacings  $D = 25 \pm 2$  and  $18 \pm 2$  eV and strength functions  $S = (0.72 \pm 0.16) \cdot 10^{-4}$  and  $(0.61 \pm 0.13) \cdot 10^{-4}$  were obtained for  $^{99}\text{Ru}$  and  $^{101}\text{Ru}$ , respectively.

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

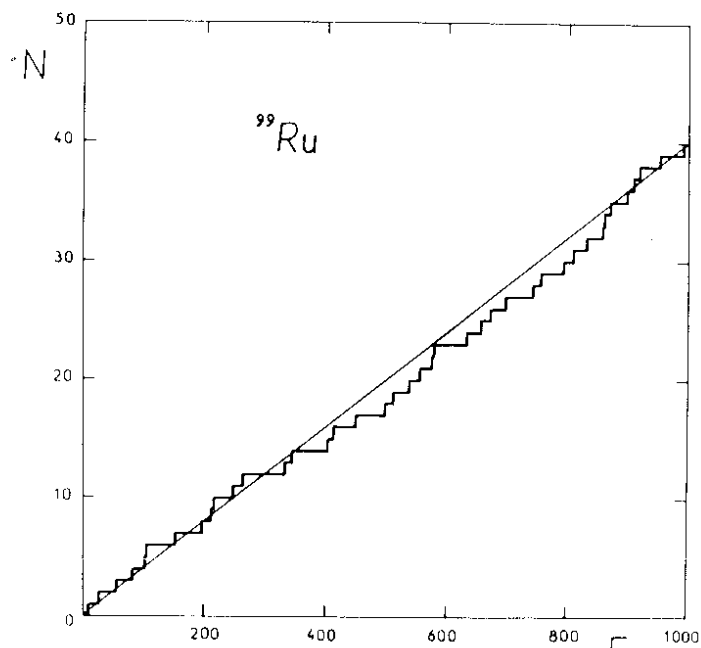
Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

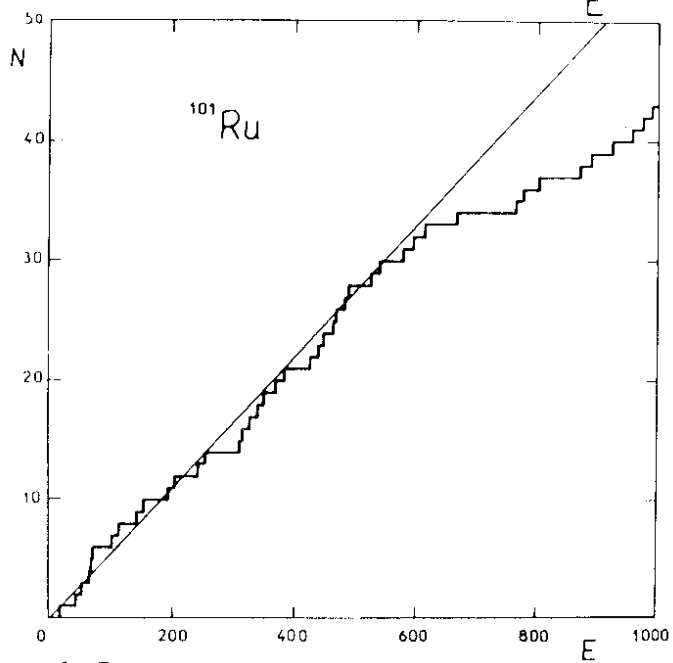
Согласно /1/ сведения о параметрах нейтронных резонансов рутения вплоть до последнего времени были весьма ограниченными. Причиной этого, по-видимому, является отсутствие достаточных количеств разделенных изотопов. В настоящей работе предпринята попытка расширить эти сведения путем измерений спектров пропускания образцов из естественного рутения с дополнительной идентификацией резонансов по измерениям реакции  $(n, \gamma)$  для образцов с малыми количествами разделенных изотопов.

Мы располагали изотопами  $^{99}\text{Ru}$ ,  $^{100}\text{Ru}$ ,  $^{101}\text{Ru}$ ,  $^{102}\text{Ru}$ ,  $^{104}\text{Ru}$  в количествах  $1,5 \div 4,0$  г/с обогащением 93-99% и использовали их для измерения выхода  $\gamma$ -квантов от захвата нейтронов с помощью детектора из четырех кристаллов NaI с разрешением 14 нс/м. Сравнение наблюдаемой структуры резонансных пиков в спектрах, измеренных по времени пролета, для разных изотопов и естественного образца позволило провести в основном идентификацию резонансов в области до 1 кэВ. К сожалению, малые количества обогащенных образцов и не очень высокое разрешение в измерениях радиационного захвата не позволили определить надежно принадлежность некоторых резонансов.

С целью определения параметров резонансов были измерены спектры пропускания для двух толщин естественного металлического рутения /  $n = 5,60 \cdot 10^{22}$  и  $1,85 \cdot 10^{22}$  ядер/см<sup>2</sup> с разрешением 7 нс/м / база - 500 м, бустерный режим реактора ИБР-30 с размножением 200, частота - 100 Гц/. Используемая методика измерений и



a/



б/

Рис. 1. Зависимость числа наблюдаемых резонансов  $N$  от энергии нейтронов  $E$  /эВ/: а/ для  $^{99}\text{Ru}$ , б/ для  $^{101}\text{Ru}$ .

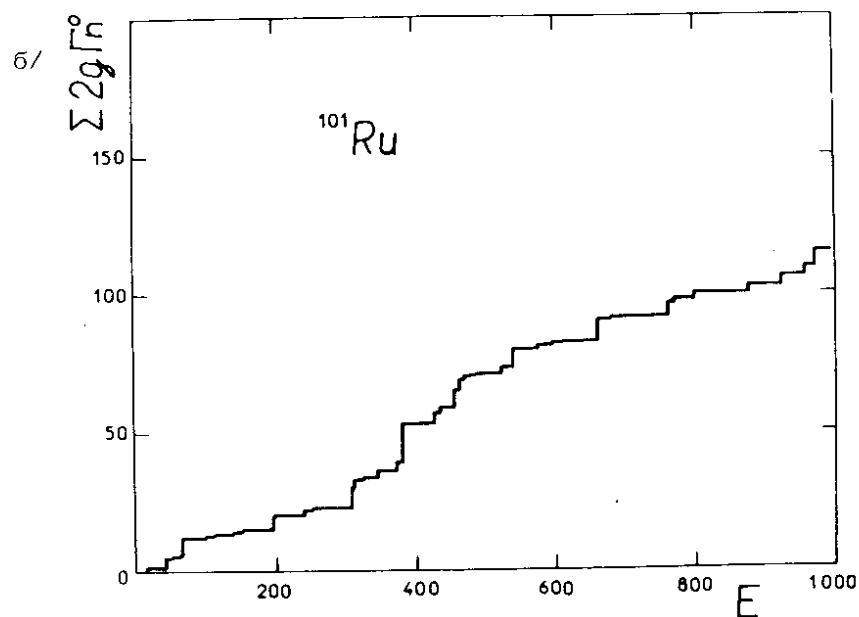
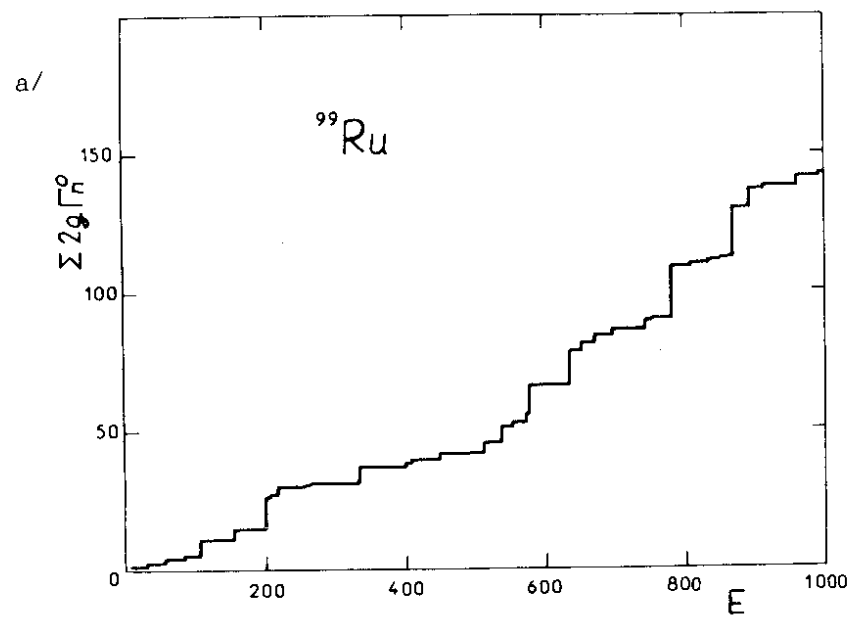


Рис. 2. Зависимость суммы приведенных нейтронных ширин  $\Sigma 2g\Gamma_n^0$  /мэВ/ от энергии нейтронов  $E$  /эВ/: а/ для  $^{99}\text{Ru}$ , б/ для  $^{101}\text{Ru}$ .

обработки данных подобна ранее описанной <sup>2,3/</sup>. Спектры пропускания обрабатывались методом формы <sup>4/</sup>. Полученные результаты для изотопов <sup>99</sup>Ru, <sup>101</sup>Ru приведены в табл. 1,2 и показаны на рис. 1,2. Ошибки, приведенные в таблицах - чисто статистические, исправленные только

на фактор  $\sqrt{\chi^2/(m-r)}$ , где  $m$  - число точек на обрабатываемом участке пропускания, участвующих в подгонке по методу наименьших квадратов,  $r$  - число параметров. Ранее было установлено <sup>2/</sup>, что вариация параметров функции разрешения определенным образом изменяет вычисляемые параметры резонансов. Время релаксации бустера  $\tau$  оценивалось экспериментально по временной зависимости выхода мгновенных  $\gamma$ -квантов деления. Было найдено, что для размножения 200  $\tau = 4,6 \pm 0,2$  мкс. Принимая во внимание это значение  $\tau$  и полагая, что при переходе от формы нейтронного импульса к функции разрешения мы не выходим за пределы 10%-ной неточности ее описания, можно дать верхние оценки возможных систематических ошибок в определении  $g\Gamma_n$  /5%/ и  $\Gamma_\gamma$  /10%/.

Обращает на себя внимание отличие наших данных для ряда резонансов <sup>99</sup>Ru и <sup>101</sup>Ru от ранее известных в области 300÷500 эВ <sup>1/</sup>. На основании результатов, приведенных в табл. 1 и 2, можно получить следующие значения средних расстояний между резонансами  $D$  и силовых функций  $S^0$ :

$$D = 25 \pm 2 \text{ эВ}, S^0 = /0,72 \pm 0,16/ \cdot 10^{-4} \text{ для } ^{99}\text{Ru} \text{ и}$$

$$D = 18 \pm 2 \text{ эВ}, S^0 = /0,61 \pm 0,13/ \cdot 10^{-4} \text{ для } ^{101}\text{Ru}.$$

Полученное значение  $S^0$  для <sup>99</sup>Ru в три раза больше указанного в работе <sup>1/</sup>,  $S^0$  для <sup>101</sup>Ru в пределах ошибок согласуется с ранее полученным <sup>1/</sup>. Что касается средних радиационных ширин  $\bar{\Gamma}_\gamma = 197$  мэВ (<sup>99</sup>Ru) и  $\bar{\Gamma}_\gamma = 175$  мэВ (<sup>101</sup>Ru), то они находятся в удовлетворительном согласии с прежними данными <sup>1/</sup>.

Измерения множественности  $\gamma$ -лучей в резонансах <sup>99</sup>Ru и <sup>101</sup>Ru позволили провести идентификацию их по спинам, которая полностью повторяет результаты работы <sup>5/</sup>. Дополнительно было установлено, что резонанс 52,15 эВ <sup>101</sup>Ru имеет спин 3.

Таблица 1

Параметры нейтронных резонансов <sup>99</sup>Ru

$E_0$ , эВ	$\Delta E_0$	$\Gamma_\gamma$ , мэВ	$\Delta \Gamma_\gamma$	$g\Gamma_n$ , мэВ	$\Delta g\Gamma_n$	$2g\Gamma_n$ или $\Gamma_n^{**}$ , мэВ	$\Delta 2g\Gamma_n$
1	2	3	4	5	6	7	8
57,13	0,04	198	3	7,14	0,04	1,62	0,01
81,65	0,06	235	8	2,40	0,03	0,64	0,01
104,1	0,1	165	7	28,8	0,7	4,84	0,12
105,1				2,32	0,11	0,45	0,02
154,4		187	9	35,4	0,4	4,88	0,05
198,9		159	17	67,1	2,0	11,4	0,4
212,2	0,2			1,75	0,17	0,24	0,02
218,5		263	14	32,0	0,6	3,71	0,07
248,7*				0,62	0,18	0,08	0,02
262,8		207	63	6,75	0,27	0,71	0,03
334,8	0,3			(46,2)		(6,1)	
342,1							
401,7	0,4			18,2	1,0	1,56	0,09
411,6				6,51	0,78	0,64	0,08
446,9				6,1	0,9	0,58	0,07
496,3				5,9	1,0	0,53	0,09
509,8	0,5			63,5	2,8	4,82	0,22
538,0				(70)		(6,0)	
553,2*				12,2	1,5	1,04	0,13
573,2				41,2	7,5	3,44	0,63
577,8				121	11	10,0	0,9
636,2	0,6			160	11	12,7	0,9
649,7				28,4	3,5	2,23	0,28

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
669,6				43,2	4,3	3,34	0,33
696,6				28,2	3,7	2,14	0,28
742,7				32,8	3,6	2,41	0,27
756,8	0,7			9,9	3,1	0,72	0,22
790,1				269	II	19,1	0,8
807,8	0,8			12,9	4,2	0,91	0,29
833,8				28,4	4,1	1,97	0,28
849,2				10,8	4,0	0,74	0,28
854,9				4,7	3,8	0,32	0,26
866,9				250	13	17,0	0,9
898,9	0,9			III	9	7,4	0,6
908,2				8,0	4,5	0,53	0,30
915,9				13,7	4,7	0,91	0,31
959,9				46,5	8,9	3,0	0,6
994,6				18,0	5,7	1,14	0,36

\* Принадлежность резонанса  $^{99}\text{Ru}$  точно не установлена.

\*\* При вычислении  $\Gamma_n^0$  использованы данные о спинах резонансов  $^{99}\text{Ru}$  из [1].

Таблица 2

Параметры нейтронных резонансов  $^{101}\text{Ru}$

$E_0$ , эВ	$\Delta E_0$	$\Gamma_\gamma$ , мэВ	$\Delta \Gamma_\gamma$	$g\Gamma_n$ , мэВ	$\Delta g\Gamma_n$	$2g\Gamma_n^0$ или $\Gamma_n^{0**}$ , мэВ	$\Delta 2g\Gamma_n^0$
1	2	3	4	5	6	7	8
42,30	0,05	160	3	9,78	0,11	2,58	0,04
52,15		197	5	0,93	0,01	0,257	0,003
61,82		203	5	2,34	0,02	0,713	0,005
65,67*				0,42	0,01	0,103	0,003
66,82	0,06	161	6	20,5	0,3	6,02	0,09
100,2	0,1	166	6	4,52	0,05	0,77	0,01
112,5		206	8	4,45	0,05	1,01	0,01
141,2		121	32	1,32	0,06	0,20	0,01
157,2		152	23	5,71	0,12	1,09	0,02
197,3		137	12	44,1	1,4	5,38	0,17
204,3*	0,2			0,38	0,10	0,05	0,01
243,9		233	20	16,9	0,4	1,85	0,04
251,6				2,20	0,16	0,33	0,02
311,2				59,1	1,6	8,04	0,22
313,8				22,3	0,7	2,16	0,07
325,3				8,3	0,6	0,79	0,06
337,1	0,3						
346,2				(17)		(2,2)	
378,5				29,2	1,8	2,57	0,16
381,6				117	4	12,0	0,5
427,0	0,4			33,4	1,4	3,88	0,16
434,0				22,3	1,1	1,83	0,10
457,0				65,1	2,5	7,31	0,28
462,3				46,0	2,8	3,67	0,22
465,3				5,2	1,0	0,48	0,09

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
480,4				6,0	0,8	0,55	0,07
485,2				20,0	1,2	2,18	0,13
523,1*	0,5			8,8	0,9	0,77	0,08
538,7				(70)		(7,2)	
575,2				18,0	4,5	1,5	0,4
595,8				6,1	0,9	0,50	0,07
613,3*	0,6			(2,6)		(0,21)	
626,5							
661,8				III	6	8,6	0,5
681,1*				8,5	2,2	0,65	0,17
762,1*	0,7			63	5	4,5	0,4
770,8				14,4	2,4	1,04	0,17
802,9	0,8			35,9	4,6	2,53	0,32
876,2*				45,1	5,3	3,05	0,36
888,8*				(4,2)		(0,28)	
924,6	0,9			52,8	5,5	3,5	0,4
955,5				40	7	2,6	0,4
971,9				98	15	6,3	0,9
1035	1,0			110	17	6,8	1,1

ЛИТЕРАТУРА

1. Neutron Cross Section. BNL-325, 3d Ed., 1973, vol. 1.
2. Попов А.Б., Файков Х., Хван Чер Гу. ЯФ, 1977, 26, с.14.
3. Попов А.Б., Файков Х., Хван Чер Гу. ОИЯИ, РЗ-10377, Дубна, 1977.
4. Попов А.Б., Шелонцев И.И., Ширикова Н.Ю. ОИЯИ, З-9746, Дубна, 1976.
5. Cosseva S., Corvi F. e.a. Nucl.Phys., 1968, A117, p.586.

\* Принадлежность резонанса  $^{101}\text{Ru}$  точно не установлена.  
 \*\* При вычислении  $\Gamma_n^0$  использованы данные о спинах резонансов  $^{101}\text{Ru}$  из [1].

Рукопись поступила в издательский отдел  
 13 июля 1978 года.