

3564

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



РЗ - 3564

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОГО ФИЗИКИ

Э.Н. Каржавина, Нгуен Нгуен Фонг, А.Б. Попов,
А.И. Таскаев

НЕЙТРОННЫЕ РЕЗОНАНСЫ ИЗОТОПОВ НЕОДИМА

1967.

РЗ - 3564

**Э.Н. Каржавина, Нгуен Нгуен Фонг, А.Б. Попов,
А.И. Таскаев**

НЕЙТРОННЫЕ РЕЗОНАНСЫ ИЗОТОПОВ НЕОДИМА

Направлено в ЯФ

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

В в е д е н и е

Данная работа является продолжением проводимых в Лаборатории нейтрон-ной физики ОИЯИ исследований нейтронных резонансов атомных ядер в области редкоземельных элементов ^{/1-4/}. В качестве очередного объекта исследований были выбраны изотопы неодима, так как даже в таких публикациях как ^{/5,6/} имеется мало данных о параметрах резонансов Nd, данные же о резонансах чётно-чётных изотопов вообще отсутствуют. Исследование Nd представляло также интерес в связи с изучением n, α -реакции на изотопах Nd, проводившемся в нашей лаборатории ^{/7/}.

Эксперимент и обработка данных

Были измерены кривые пропускания и кривые выхода γ -лучей радиационного захвата нейтронов для образцов из естественного неодима и образцов, обогащенных изотопами $Nd^{142}, Nd^{143}, Nd^{144}, Nd^{145}, Nd^{146}, Nd^{148}, Nd^{150}$.

Образцы были приготовлены из окиси (Nd_2O_3) или азотнокислого неодима ($Nd(NO_3)_3$). Характеристики образцов и типы проведенных измерений указаны в таблице 1.

В измерениях пропускания использовался жидкостный спинтилляционный детектор с метилборатором площадью 800 см^2 , подобный описанному в ^{/8/}. Радиационный захват изучался с помощью 500-литрового спинтилляционного n, γ -детектора ^{/8/}.

Методы измерений и обработка данных пропускания подробно описаны в предыдущих работах^{/1-4/}. Измерения проводились на 4096-канальном временном анализаторе (с шириной канала 1+2 мксек). В настоящей работе определялось только резонансное пропускание делением спектра с образцом на спектр открытого пучка. При этом проводилась нормировка спектров с образцом и открытого пучка по участкам, далеким от резонансов.

На рис. 1 приведен пример кривой пропускания. При вычислении пропускания учитывались поправки на фон. Уровень фона определялся по показаниям анализатора в области резонансов 132 эв Co, 330 эв Mn или 2900 эв Na. "Черный" в резонансе фильтр из Co, Mn или Na постоянно находился в пучке в течение каждого цикла измерений. Временной ход фона изучался с помощью набора резонансных фильтров. В условиях измерений Nd фон либо не зависел от времени пролета (для образцов малой площади), либо имел зависимость типа $N_{\phi} = a - b t$.

Использованный метод определения пропускания не позволяет определить эффективное сечение потенциального рассеяния, однако он автоматически исключает влияние дрейфа аппаратуры и не требует мониторинга пучка.

Изотопическая идентификация резонансов производилась по наличию резонансов на кривых пропускания и радиационного захвата для одних изотопов и по отсутствию на кривых для других изотопов. В отдельных случаях, когда при одних и тех же энергиях резонансные пики обнаруживались на кривых для нескольких изотопов, изотопическая принадлежность определялась сравнением площадей резонансов на соответствующих кривых.

На основе проведенной изотопической идентификации параметры резонансов определялись методом площадей. Так как для чётно-нечётных изотопов нейтронные ширины Γ_n много больше радиационной ширины Γ_γ и имеется интерференция между резонансным и потенциальным рассеянием, то нейтронные ширины в этих случаях определялись методом, предложенным Сетом^{/9/}. Для оценки влияния интерференции принималось, что для всех чётных изотопов Nd $a \approx 6 \cdot 10^{-13}$ см. Поскольку в области выше 1 кэв исследуемые образцы были не очень толстыми ($n \sigma_0 \leq 10$), то практически поправки на интерференцию были пренебрежимо малы. В случаях, когда интерференцией между потенциальным и резонансным рассеянием можно было заведомо пренебречь, параметры резонансов определялись на ЭВМ по программе с использованием графиков Юза^{/10/}.

Измерения кривых радиационного захвата нейтронов позволяют получить площадь резонанса

$$\sum N_k = \Pi \epsilon_\gamma A \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma} \quad \text{или} \quad C = A \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma} = \frac{\sum N_k}{\Pi \epsilon_\gamma}$$

Определение потока Π проводилось по калибровочным измерениям с образцом Вг. Относительный ход потока с энергией $\Pi(E)$ был получен из измерений с борными счётчиками. Значение эффективности ϵ_γ получалось из сравнения площадей резонансов на кривых выхода γ -лучей в режиме суммирования и в режиме совпадений с учётом энергии связи нейтронов в ядрах мишени (см.^{/11/}). Такая процедура абсолютной калибровки кривых радиационного захвата обеспечивает точность получения $A \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma}$ около 15%^{/11/}. Если у резонанса $\Gamma_\gamma \ll \Gamma_n$, то зная экспериментальную величину $A \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma}$, легко получить значение Γ_γ . Для этого достаточно воспользоваться графиком $\frac{A}{\Gamma}$ от $n \sigma_0$. Для резонансов, у которых $i_n = 1_\gamma$, также можно определить i_γ , только в этом случае при определении из графика необходимо провести несколько итераций в вычислении $\sigma_0 = 4\pi \lambda^2 g \frac{\Gamma_n}{\Gamma_n + \Gamma_\gamma}$ и в оценке ошибки Γ_γ учесть ошибку в значении Γ_n . При этом использовались Γ_n , полученные из измерений пропускания.

В некоторых случаях при определении $A \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma}$ необходимо вводить поправку на регистрацию n, γ -детектором резонансно рассеянных нейтронов

$$\left(A \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma} = c - \frac{\epsilon_n}{\epsilon_\gamma} A \frac{\Gamma_n}{\Gamma} \right),$$

где ϵ_n полагалось равным 0,15%^{/11/}. Оценка поправки на захват после резонансного рассеяния, согласно^{/12/}, показывает, что эта поправка существенна только для низкорасположенных по энергиям резонансов 42,8 и 55,4 эв, для остальных резонансов ею можно пренебречь.

Результаты

Параметры нейтронных резонансов изотопов неодима представлены в таблицах 2-8. Изучение распределений приведенных нейтронных ширин резонансов, расположенных на линейных участках зависимости числа резонансов от энергии, для каждого изотопа в отдельности, а также совместно для всех чётно-нечётных изотопов обнаруживает вполне удовлетворительное согласие с распределением Портера-Томаса (вероятность согласия по критерию Колмогорова 70 + 80%). Распреде-

ление расстояний между резонансами чётно-чётных изотопов Nd согласуется с распределением Вигнера и противоречит экспоненциальному распределению (рис.2).

Полученные данные о параметрах резонансов дают возможность определить такие средние параметры как D и S_0 для каждого изотопа. Среднее расстояние между резонансами D находилось по наклону линейного участка графика зависимости числа резонансов от энергии нейтронов. Погрешности в значениях D для чётных изотопов вычислены в предположении вигнеровского распределения расстояний между уровнями

$$(\Delta D = D \sqrt{\frac{4-\pi}{\pi}} \frac{1}{\sqrt{n}} \approx \frac{0,5 D}{\sqrt{n}}),$$

а для нечётных изотопов - в предположении экспоненциального распределения ($\Delta D = \frac{D}{\sqrt{n}}$). Полученные значения D и S_0 представлены в таблице 9. Там же указаны наиболее вероятные значения среднего расстояния

$$D^* = \sqrt{\frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^m D_i^2}$$

(см. /13/). Силовые функции чётных изотопов определялись методом наибольшего правдоподобия /13/. В вычислениях принимались во внимание резонансы, расположенные на линейных участках зависимости числа резонансов от энергии, где пропуск уровней незначителен.

Поскольку обычно принято /6/ приводить значения силовых функций, вычисленные как $S_0 = \frac{\sum \Gamma_0^n}{\Delta E}$ (для нечётных ядер $S_0 = \frac{\sum g \Gamma_0^n}{\Delta E}$), то в таблице 9 приведены также значения, полученные этим способом, при этом ошибка в S_0 вычислена как $\Delta S_0 = \sqrt{\frac{2,3}{n}} S_0$ /6/.

В таблице 9 приведены и средние значения радиационной ширины Γ_γ (для Nd^{144} Γ_γ получено только для одного резонанса). Для приведенных значений Γ_γ указаны 15% ошибки, обусловленные такой неопределенностью калибровки потока нейтронов и эффективности детектора.

Обсуждение результатов

Изотопы неодима расположены вблизи замкнутой нейтронной оболочки (так Nd^{142} имеет 82 нейтрона), и это, естественно, сказывается на их свойствах.

На рис. 3 показана зависимость плотности уровней изотопов Nd от энергии возбуждения составного ядра. В качестве энергии возбуждения принималась величина

$$U = E - \delta_n - \delta_p,$$

где E - энергия связи нейтрона, δ - энергия спаривания нейтронов или протонов /14/.

В модели независимых частиц плотность уровней ядра с данной энергией возбуждения U и моментом количества движения J имеет вид

$$\rho(U, J) = \frac{2J+1}{24 \sqrt{2} a^{1/4} U^{5/4} \sigma^3} \exp \left\{ 2(aU)^{1/2} - \frac{(J + \frac{1}{2})^2}{2\sigma^2} \right\}. \quad (1)$$

Если параметр a был бы одинаков для всех чётных изотопов, то для них плотность уровней имела бы вид

$$\rho(U) = \text{Const} \frac{\exp(2\sqrt{aU})}{U^{5/4}}. \quad (2)$$

На рис. 3 сплошными кривыми показана зависимость плотности уровней от U , вычисленная по уравнению (2) для $a=14$ и 20 Мэв^{-1} (нормировка сделана по Nd^{148} и Nd^{150}).

Из рисунка видно, что наблюдаемые плотности значительно отличаются от зависимости, даваемой ур.(2), а именно, по мере уменьшения числа нейтронов и приближения к замкнутой оболочке плотность уровней падает. Полагая, что $\sigma^2 = 0,0888 \text{ ат } A^{2/3}$, где $t = \sqrt{\frac{U}{a}}$ - термодинамическая температура ядра (см. /15/), можно вычислить параметр a из уравнения (1), удовлетворяющий экспериментальному значению плотности уровней. Полученные значения параметра a представлены в таблице 10, уменьшение a с приближением к замкнутой оболочке хорошо согласуется с известными данными и является еще одним подтверждением влияния оболочечных эффектов на свойства ядер (см.рис. 4).

Изотопы неодима интересны также тем, что они расположены в районе максимума силовой функции, предсказываемого оптической моделью /16/. Найденные нами значения S_0 хорошо согласуются с известными экспериментальными данными для других ядер в этой области атомных весов и с предсказаниями оптической модели. Однако в области $A > 155$ оптическая модель не согласуется с экспериментальными значениями S_0 /4,6/.

В заключение отметим, что радиационные ширины изотопов Nd близки к значениям радиационных ширин соседних ядер.

Авторы благодарны Ю.С.Язвickому, принимавшему участие в начальной стадии измерений, а также выражают свою признательность Л.Б.Пикельнеру и Э.И.Шарапову за помощь и полезные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. Ван Най-янь, И.Илиеску, Э.Н.Каржавина и др. ЖЭТФ, 47, 43 (1964).
2. Ван Най-янь, Э.Н.Каржавина, А.Б.Попов и др. ЯФ, 3, 48 (1966).
3. Э.Н.Каржавина, А.Б.Попов, Ю.С.Язвickий и др. ЯФ, 5, 471 (1967).
4. Э.Н.Каржавина, А.Б.Попов, Ю.С.Язвickий, Препринт ОИЯИ, РЗ-3097, Дубна (1967).
5. Neutron cross section, BNL-325, Sp2, vol II, (1966).
6. K.K.Seth, S-wave neutron Strength functions Nuclear Data, Section A, vol 2, N3 (1966).
7. J.Kvitek, Yu. P.Porov Препринт ОИЯИ ЕЗ-3029, Дубна, (1966).
8. И.Визи, Г.П.Жуков, Г.И.Забиякин и др. Nuclear Electronics I,27, IAEA, Vienna (1962).
9. K.K.Seth, R.H.Tabony, Area analysis of neutron resonances including effect of Doppler broadening, Northwestern University, Evanston, Illinois, NU-6601.
10. Э.Н.Каржавина, А.Б.Попов, И.И.Шелонцев, Ю.С.Язвickий, Препринт ОИЯИ, Р-2198, Дубна, 1965.
11. Л.Б.Пикельнер, Э.И.Шарапов, Препринт ОИЯИ, Р-1547 (1964).
12. J.E.Draper, Nucl.Sci. and Eng. 6, 552 (1956).
13. H.V.Muraduan, Yu. V.Adamchuk, International Conference on the study nuclear structure with neutrons; Report 180, Antwerp. (1965).
14. П.Э.Немировский, Ю.В.Адамчук, Nuclear Physics 39, 555 (1962).
15. A. Gilbert, A.Cameron, J.Canad. Phys., 43, 1446 (1965).
16. D.Chase, Phys. Rev., 110, 1080 (1958).
17. А.В.Малышев. ЖЭТФ 45, 316 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел

24 октября 1967 года.

Таблица I
Характеристика образцов и проведенные измерения

№ пп	Образец	Площадь образца см ²	Вес по элементу гр.	Содержание в %				Разрешение нсек/л	Тип измерения		
				Nd ¹⁴²	Nd ¹⁴³	Nd ¹⁴⁴	Nd ¹⁴⁵				
1.	Nd ¹⁴²	19,6	30,0	93,4	4,2	1,6	0,4	0,4	10	пропуск. (а,γ)	
2.	Nd ¹⁴²	78,5	30,0						20		
3.	Nd ¹⁴³	500	28,08	6,0	72,3	19	0,9	0,7	0,1	10	пропуск. (а,γ)
4.	Nd ¹⁴³	500	28,08						6		
5.	Nd ¹⁴³	78,5	24,0						20	пропуск. (а,γ)	
6.	Nd ¹⁴³	19,6	24,0						10		
7.	Nd ¹⁴⁴	19,6	38,2	1,4	3,9	86,4	6,7	1,4	0,1	10	пропуск. (а,γ)
8.	Nd ¹⁴⁴	78,5	38,2						10		
9.	Nd ¹⁴⁴	78,5	38,2						20	пропуск. (а,γ)	
10.	Nd ¹⁴⁴	500	30,44	0,8	0,7	3,6	84,6	9,8	0,1		10
11.	Nd ¹⁴⁴	500	30,44						6	пропуск. (а,γ)	
12.	Nd ¹⁴⁴	19,6	30,44						10		
13.	Nd ¹⁴⁴	78,5	30,44						20	пропуск. (а,γ)	
14.	Nd ¹⁴⁶	19,6	31,12	0,6	0,5	1,0	1,3	95,1	0,2		10
15.	Nd ¹⁴⁶	78,5	31,12						20	пропуск. (а,γ)	
16.	Nd ¹⁴⁶	19,6	18,28	1,1	0,8	1,6	0,8	2,5	1,6		10
17.	Nd ¹⁴⁶	78,5	18,28						91,6	пропуск. (а,γ)	
18.	Nd ¹⁶⁰	19,6	23,86	1,2	1,0	2,2	1,1	2,5	3,5		10
19.	Nd ¹⁶⁰	78,5	23,86						88,5	пропуск. (а,γ)	
20.	Nd естествен.	254	41,9	27,11	12,17	23,85	8,30	17,22	5,73		10
21.	Nd естествен.	254	182,6						10	пропуск. (а,γ)	
22.	Nd естествен.	254	354,3						10		

Таблица 2

Параметры резонансов № 142

№ пп	$E_0, \text{эВ}$	$\Gamma_n, \text{мэВ}$	$\Gamma_n^0, \text{мэВ}$
1.	1685±10	181±73	4,4±1,8
2.	2539±14	1200±2000	238±40
3.	3992±28	780±400	12±6
4.	4547±34	8300±830	123±12
5.	5533±45	4550±600	61±8
6.	6315±56	1000±1000	13±13
7.	9987±110	12000±3500	120±35

Таблица 3

Параметры резонансов № 143

№ пп	$E_0, \text{эВ}$	$\Gamma, \text{мэВ}$	$\Gamma_n, \text{мэВ}$	$2\Gamma_n^0$	$\Gamma_\gamma, \text{мэВ}$
1.	55,4±0,2		20±2	5,4±0,5	80±20
2.	127,4±0,4	450±150	180±30	32±5	94±14
3.	135,4±0,4		31±5	5,3±0,9	70±23
4.	159,0±0,5	1300±500	600±60	95±9	83±13
5.	179,7±0,5		320±50	48±7	61±9
6.	187,0±0,6	1600±500	850±50	124±8	89±13
7.	306±1		355±70	41±8	67±10
8.	324±1		215±60	24±8	
9.	338±1		260±40	28±5	
10.	350±1,5		300±70	32±8	
11.	401±1,5		520±100	52±10	
12.	408±1,5		230±40	23±4	
13.	446±2		900±80	85±8	73±11
14.	507±2		10±2	0,9±0,2	
15.	524±2,5		84±16	7,3±1,4	75±15
16.	555±3		35±7	3,0±0,6	
17.	576±3		71±14	6,1±1,2	
18.	658±4		290±50	22±4	70±10
19.	705±4		187±40	14±3	
20.	775±5		580±80	42±6	76±11
21.	806±5		4±1	0,28±0,07	
22.	822±5		3,4±0,7	0,25±0,05	
23.	840±6		480±70	33±5	
24.	853±6				
25.	976±6				
26.	988±7				
27.	1010±7				
28.	1028±7				
29.	1085±8				
30.	1127±8				
31.	1167±8				
32.	1214±9				
33.	1265±9				
34.	1310±10				

Таблица 4
 Параметры резонансов Nd^{144}

№№ ПП	E_0 , эВ	Γ_n , эВ	Γ_n^0 , МэВ	Γ_γ , МэВ
I.	374±2	15±1	790±52	
2.	736±4	0,58±0,05	21,4±1,8	78±12
3.	1280±6	27,5±1,5	770±42	
4.	1635±8	4,3±0,3	106±8	150±80
5.	1980±10	14±1,6	315±36	
6.	2784±20	4±1	76±19	
7.	3567±24	17±2	285±34	
8.	3760±27		< 10	
9.	4985±40	26±4	370±57	
10.	5200±45		< 10	
II.	5697±50	2±1	26±13	
12.	6207±60	8±2	101±25	
13.	6910±70	43±5	517±60	
14.	7594±75	3,1±1,5	36±18	
15.	8300±85	9,0±2,4	99±26	
16.	9611±100	22±4	225±40	
17.	9930±115	24±4	240±40	
18.	10930±130	34±5	325±48	
19.	11730±150	(8,0)	(74)	
20.	13540±200	45±8	390±70	

Таблица 5
 Параметры резонансов Nd^{145}

№№ ПП	E_0 , эВ	Γ , МэВ	$g\Gamma_n$, МэВ	$2g\Gamma_n^0$	Γ_γ , МэВ
I.	42,6±0,1	394±43	155±16	47±5	
2.	85,7±0,2		7,9±0,9	1,7±0,2	
3.	96,0±0,2		2,1±0,3	0,43±0,06	
4.	102,2±0,2		56±4	11±0,8	
5.	103,5±0,2		18,5±2,0	3,6±0,4	
6.	147,3±0,4		10±1	1,65±0,16	
7.	151,7±0,4		7,8±0,9	1,26±0,14	
8.	169,8±0,5		1,2±0,3	0,18±0,5	
9.	189,5±0,6		21±2	3,0±0,3	
10.	233,4±0,8		3,3±0,5	0,43±0,6	
11.	242,5±0,9		34±3	4,4±0,4	60±10
12.	249,4±0,9		3,2±0,6	0,41±0,08	
13.	259,3±0,9		56±5	7,0±0,6	59±10
14.	275±1		67±6	8,1±0,7	61±10
15.	307±1		29±6	3,3±0,7	
16.	312±1,2		151±15	17±1,7	51±8
17.	319±1,3		2,8±0,4	0,32±0,4	
18.	343±1,4		5,5±0,8	0,60±0,08	
19.	376±1,6		26±4	2,7±0,4	
20.	391±1,7		23±4	2,3±0,4	
21.	399±1,7		8±1	0,8±0,1	
22.	405±2		336±58	33±6	
23.	447±2		118±13	11,1±1,2	53±13
24.	466±2	847±255	309±51	29±5	46±7
25.	488±2		198±15	17,9±1,4	58±9
26.	499±2		187±57	16,7±4,5	
27.	507±2	784±182	350±35	31±3	67±10
28.	518±2		7±1	0,62±0,08	
29.	543±2	628±248	265±30	23±3	55±12
30.	570±3		570±55	48±5	67±10
31.	590±3		4,1±0,6	0,34±0,05	
32.	607±3		2,9±0,5	0,24±0,05	

№№ ПП	$E_0, \text{эВ}$	$\Gamma_n, \text{мэВ}$	$2\Gamma_n^0$	$\Gamma_\gamma, \text{мэВ}$
33.	64I±3	206±4I	I6±3	62±9
34.	650±3	24±4	I,9±0,3	
35.	66I±3	4, I±0,6	0,32±0,05	
36.	69I±3	(I7)	(I,3)	
37.	699±3	(I9)	(I,4)	
38.	7I0±4	(I3)	(0,98)	
39.	7I9±4	(I3)	(0,97)	
40.	758±4	600±60	43±5	
4I.	790±4	I,8±0,3	0, I3±0,02	
42.	83I±4	I8I±3I	I3±2	
43.	850±4	I450±200	99±I4	
44.	888±4		< I0	
45.	906±5	(I50)	(I0)	
46.	9I9±5	(200)	(I3)	
47.	948±5	233±28	I5±2	
48.	978±5	403±5I	27±4	
49.	I0I0±5	620±60	39±4	

Таблица 6
Параметры резонансов № 146

№№ ПП	$E_0, \text{эВ}$	$\Gamma, \text{мэВ}$	$\Gamma_n, \text{мэВ}$	$\Gamma_n^0, \text{мэВ}$	$\Gamma_\gamma, \text{мэВ}$
I.	36I±I		43±7	2,3±0,4	55±8
2.	625±3			< 2	
3.	8I3±3	I200±450	II60±I00	4I±3,5	55±8
4.	II75±4		I3500±I000	394±29	
5.	I5II±7		3400±300	87,5±7,7	
6.	I83I±9		I540±60	36±3,6	
7.	2049±II		4200±400	93±9	
8.	26I5±20		25000±2000	490±39	
9.	2880±20			< I0	
I0.	2998±25		3680±360	67±6,7	
II.	3255±25		2000±400	35±7	
I2.	3677±25		2I000±2000	345±34	
I3.	4026±30		I4000±I500	220±24	
I4.	5I04±40			< 30	
I5.	5227±45			< 30	
I6.	5465±50		4900±II00	66±I5	
I7.	6456±60		(7500)	(93)	
I8.	6723±65		(8000)	(97)	

Таблица 7
 Параметры резонансов Nd^{148}

№№ ПП	E_0 , эВ	Γ_n , МэВ	Γ_n^0 , МэВ	Γ_γ , МэВ
1.	155±0,5	1610±240	129±19	100±15
2.	288±1	2600±200	153±12	96±14
3.	399±1,5	410±30	20,5±1,5	65±10
4.	717±2	2000±100	75±4	74±11
5.	876±3	199±36	6,7±1,2	
6.	1060±5	2350±150	72±5	
7.	1183±6	2700±200	79±6	148±24
8.	1355±6	1680±110	46±3	
9.	1544±7	3590±150	91±4	
10.	1818±		<10	
11.	2195±12	8400±700	179±15	
12.	2403±13	3900±300	80±6	
13.	2546±14	2400±300	48±6	
14.	2594±20	7900±800	155±16	
15.	2795±20	1400±500	26±9	
16.	3010±25	2000±500	36±9	
17.	3525±25		<15	
18.	3688±25		<10	
19.	3950±30		<10	
20.	4121±30	13000±1000	203±16	
21.	4318±31	6500±650	99±10	
22.	4463±33	2400±600	36±9	
23.	4704±36	6700±1000	98±15	
24.	5377±44	(4400)	(60)	
25.	6342±56		<30	
26.	7172±70	13000±2000	153±24	
27.	7485±75	(7400)	(85)	
28.	7819±80	17000±2000	192±23	
29.	8781±90	28000±3000	300±32	

Таблица 8
 Параметры резонансов Nd^{150}

№№ ПП	E_0 , эВ	Γ , МэВ	Γ_n , МэВ	Γ_n^0 , МэВ	Γ_γ , МэВ
1.	78,9±0,1	127±20	15,1±1,6	1,7±0,2	115±20
2.	314±1		420±20	23,7±1,4	66±10
3.	487±2		1130±100	51±5	74±11
4.	774±3		560±40	20±1,4	84±13
5.	1035±5		1600±140	50±4,4	82±12
6.	1340±6		588±80	16±2	
7.	1476±7		1830±130	47,6±3,4	
8.	1724±8		2000±200	48±5	
9.	1784±9		1360±160	32±4	
10.	1871±9		162±71	3,7±1,6	
11.	2550±14		1770±190	35±4	
12.	2750±16		10000±1000	190±19	
13.	2870±17		2900±300	54±6	
14.	3195±20		440±330	8±6	
15.	3521±25		5500±550	93±9	
16.	3843±30		6500±600	105±10	

Таблица 9

Средние параметры изотопов Nd..

Изотоп	$E_{\text{макс}},$ эВ	n - число резонансов для опреде- ления s_0	D, эВ	D*, эВ	s_0 наиболее правдопо- добное $\times 10^{-4}$	$s_0 - \frac{\Sigma \Gamma_n^0}{\Delta E}$ $\times 10^{-4}$	$\Gamma_{\gamma},$ МэВ
Nd ¹⁴²	6300	6	1000±250	670	1,0 ^{+1,2} _{-0,5}	0,6±0,3	-
Nd ¹⁴³	840	23	38±6	-	-	4,3±1,4	76±11
Nd ¹⁴⁴	7000	14	520±70	540	4,5 ^{+3,1} _{-1,8}	4,8±2,0	78±12
Nd ¹⁴⁵	1000	50	19±3	-	-	3,0±0,7	58±8
Nd ¹⁴⁶	4000	13	310±43	290	4,6 ^{+3,2} _{-1,6}	4,5±1,9	55±8
Nd ¹⁴⁸	4500	23	200±21	198	3,5 ^{+1,7} _{-1,1}	3,6±1,1	96±14
Nd ¹⁵⁰	4000	16	250±28	255	1,8 ^{+1,1} _{-0,6}	2,0±0,8	84±12

Таблица 10

№ пп	Ядро мишень	Спин I	$E_0,$ МэВ	$\delta_p,$ МэВ	$\delta_n,$ МэВ	u, МэВ	$2\rho_{\text{набл.}} = \Sigma \rho_{\text{т.п.}}(J, \pi)$		σ
							$10^{-3},$ МэВ ⁻¹	а. МэВ ⁻¹	
1.	Nd ¹⁴²	0	6,10	1,30		4,77	2,98±0,62	17,3±0,5	4,69
2.	Nd ¹⁴³	7/2	7,81	1,38	0,99	5,44	57±8	17,7±0,4	4,89
3.	Nd ¹⁴⁴	0	5,97	1,27		4,67	3,84±0,52	16,2±0,4	4,75
4.	Nd ¹⁴⁵	7/2	7,58	1,27	0,91	5,40	105±17	19,1±0,4	5,0
5.	Nd ¹⁴⁶	0	5,14	1,27		3,84	6,46±0,90	23,0±0,5	4,82
6.	Nd ¹⁴⁸	0	4,94	1,27		3,84	10±1	25,4±0,5	4,90
7.	Nd ¹⁵⁰	0	4,81	1,27		3,51	8,7±0,7	25,9±0,5	4,90

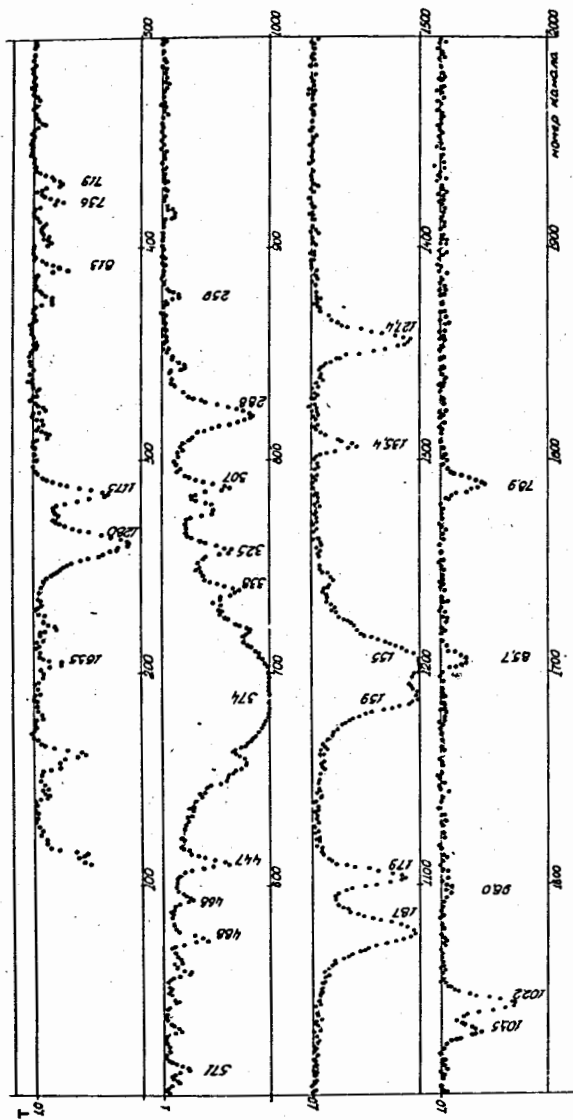


Рис. 1. Кривая пропускания образца естественного неодима.

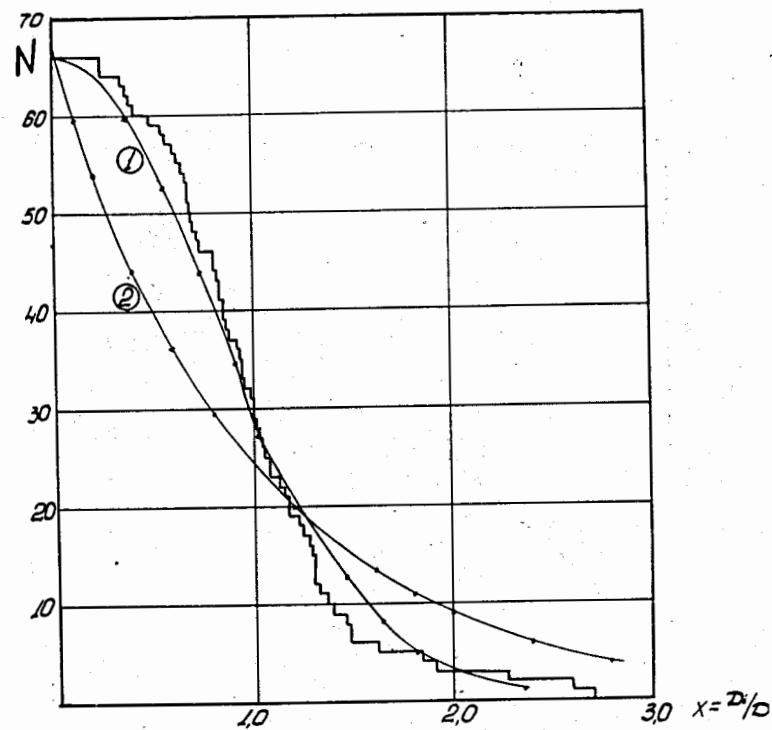


Рис. 2. Интегральное распределение расстояний между уровнями чётно-чётных изотопов неодима; Кривая 1 - распределение Вигнера; Кривая 2 - случайное распределение.

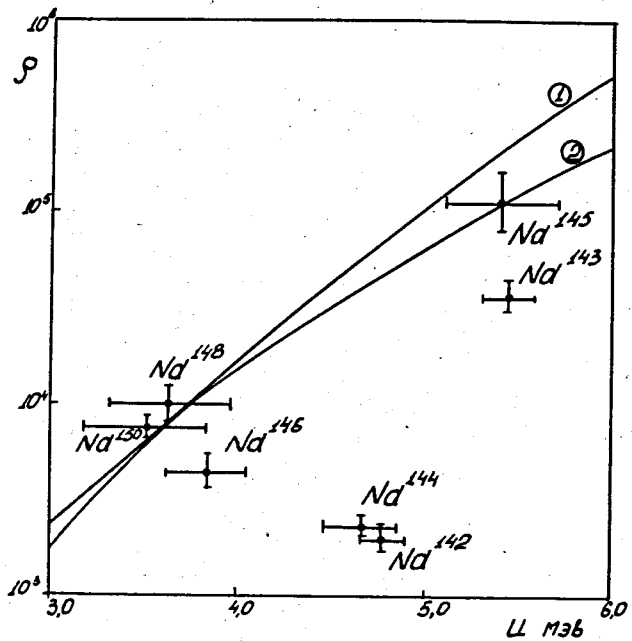


Рис. 3. График зависимости плотности уровней изотопов неодима от энергии возбуждения составного ядра $\rho = 2 \rho_{\text{набл.}} = \sum_{J, \pi} \rho(J, \pi)$.

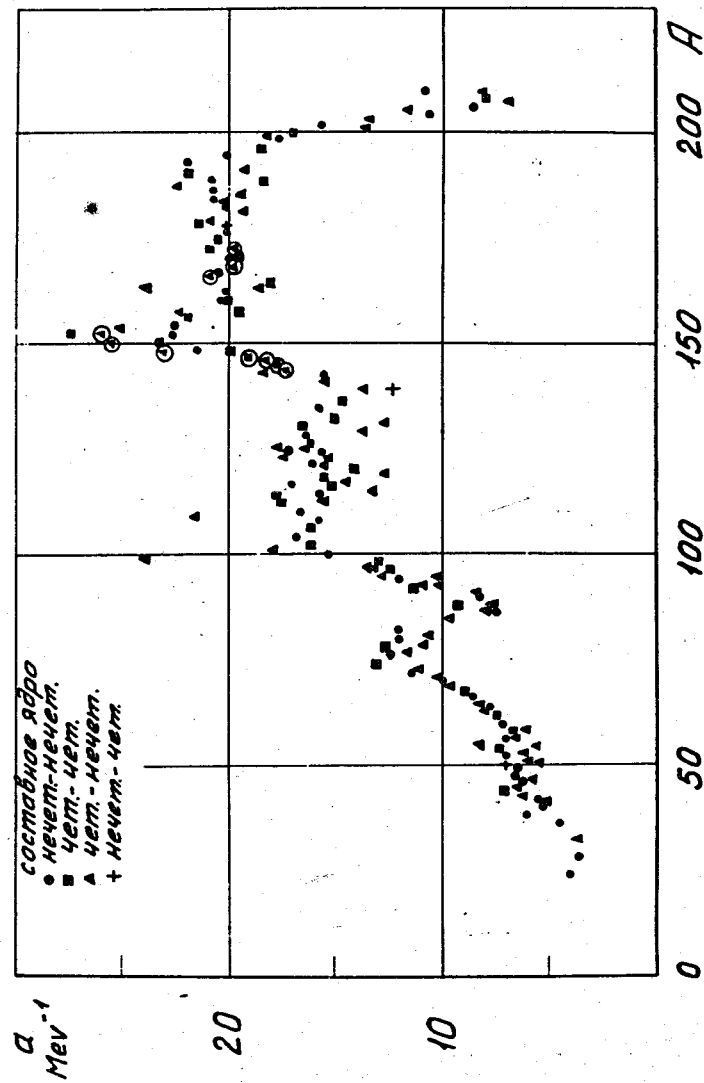


Рис. 4. График зависимости параметра α от атомного веса. (Приведены данные из [7, 13, 17]; точки, обведенные кружками, получены из измерений авторами изотопов Nd и Er [4]).