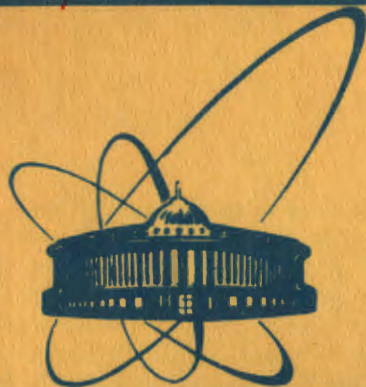


1569/82

5/IV-82



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

8-82

P6-82-8

Н.Б.Бадалов, Ц.Вылов, К.Касымов,
Ким Зай Те, Ли Су Чен, Ш.Оманов

ИЗУЧЕНИЕ РАСПАДА $^{151}\text{Gd} \longrightarrow ^{151}\text{Eu}$

1982

Свойства возбужденных состояний нечетно-протонного ядра ^{151}Eu исследовались в ядерных реакциях $(d, d')^{1/}$, $(p, t)^{2/}$, $(p, 2n)^{3/}$, $(p, p')^{4,5/}$ и при распаде $^{151}\text{Gd}^{6-11/}$. За исключением квантовых характеристик уровней 196,2 и 196,5 кэВ, результаты наиболее полных работ $^{4,5,8/}$ согласуются между собой /см. табл.1/. Для уточнения уровней 196,2 и 196,5 кэВ, а также для исследования распада ^{151}Gd с применением более современной техники и методики $^{12,13/}$ предприняты настоящие эксперименты.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Исследования проводились с радиоактивными источниками ^{151}Gd , полученными в реакции глубокого расщепления мишени тантала при облучении ее протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ, и последующим радиохимическим выделением изотопов гадолиния и их разделением на электромагнитном масс-сепараторе $^{12/}$.

Спектры γ -лучей исследовались с помощью полупроводниковых детекторов, характеристики которых приведены в табл.2. Мето-

Таблица 1

Возбужденные состояния ^{151}Eu и их квантовые характеристики

E_{γ} , кэВ	I^{π}	E_{γ} , кэВ	I^{π}	E_{γ} , кэВ	I^{π}
/4/		/5/		/8/	
0	$5/2^{+}$	0	$5/2^{+}$	0	$5/2^{+}$
21,6	$7/2^{+}$	21,54	$7/2^{+}$	21,54	$7/2^{+}$
196,6	$1/2^{+}$	196,24	$11/2^{-}$	196,21	$11/2^{-}$
196,5	$11/2^{-}$	196,45	$3/2^{+}$	196,46	$(1/2^{+})$
243,0	$(7/2^{-})$	243,1	$7/2^{-}$	243,22	$7/2^{-}$
-	-	-	-	260,44	$(3/2-9/2)^{+}$
306,8	$3/2^{+}$	307,0	-	306,99	$(3/2^{+})$
-	-	307,45	-	307,45	$(3/2-7/2)^{+}$
-	-	-	-	349,76	$9/2^{-}$
-	-	-	-	353,56	$5/2^{-}, 7/2^{-}$

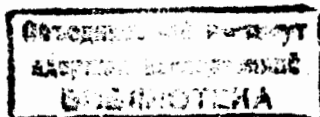


Таблица 2

Характеристики полупроводниковых детекторов

Детектор	Объем детектора	Энергетическое разрешение		
		6,5кэВ	122кэВ	1332кэВ
Si(Li)	80мм ² Х4мм	290эВ	600эВ	-
Ge	25мм ² Х5мм	150эВ	500эВ	-
Ge(Li)	200мм ² Х5мм	240эВ	550эВ	1,6кэВ
Ge(Li)	1,3см ³	-	600эВ	1,6кэВ

дика измерения и обработки результатов подробно изложена в /12,18/. Значения энергий и относительных интенсивностей γ -лучей в 16 сериях измерений приведены в табл.3. Нами впервые обнаружены три новых перехода с энергиями 109,74; 195,18 и 284,72 кэВ. Предложенные в работе /8/ переходы 394,8 и 416,3 кэВ не наблюдались. Кроме того, значения энергий в работе /7/ систематически завышены относительно наших данных.

Спектры ЭВК исследовались с помощью Si(Li)-детекторов /12/, и результаты 15 серий измерений также приведены в табл.3. Коэффициент связи относительных интенсивностей γ -лучей и ЭВК определен с помощью измеренных нами КВК для четырех переходов / $\alpha_{11}/153,6/=0,426/13/$; $\alpha_{12}/174,7/=1,731/13/$; $\alpha_{13}/243,3/=0,0202/6/$ и $\alpha_{14}/307,5/=0,0605/20/$ и равняется

$$K_e = 0,818 \pm 0,020.$$

Измерения спектров $\theta\gamma$ -совпадений проводились на установке /13/, созданной на базе безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем и спектрометра с Ge(Li)-детектором. Разрешающее время быстрой схемы совпадений составляло $2\tau_0 = 50$ нс. Результаты исследований представлены в табл.4. Расчет интенсивностей совпадений основан на предложенной нами схеме распада. Полученные данные подтверждают и дополняют результаты работы /14/. Впервые исследованы совпадения L_I 21,5 кэВ с γ -переходом 195,18 кэВ.

Методом задержанных $\theta\gamma$ -совпадений измерено время жизни состояния 21,5 кэВ в ^{151}Gd . Эксперименты проводились на установке /15/ с двумя сцинтилляционными детекторами с использованием ФЭУ ХР-1020.В "стартовом" канале регистрировалось комптоновское распределение γ -лучей с энергией $E_\gamma > 60$ кэВ, а в "стоп"-канале - участок спектра ЭВК. Полученное значение

$$T_{1/2} = /9,75 \pm 0,10/ \text{ нс}$$

в пределах погрешностей согласуется с данными работы /8/.

Таблица 3

Характеристики электромагнитных переходов ^{151}Gd

E_γ (ΔE_γ), кэВ	I_γ (ΔI_γ)	I_K (ΔI_K)	d_K (Δd_K)	6L	$E_{\text{ур.}}$, кэВ	$E_{\text{ур.}}$, кэВ
21,497(13)	58,8(14)	-	-	MI+0,088(82)	21,48	0
K ₁₂	412(9)	-	-	-	-	-
K ₁₁	733(14)	-	-	-	-	-
K ₁₀	227(5)	-	-	-	-	-
K ₉	58,1(15)	-	-	-	-	-
I06,566(4)	1,42(4)	1,89(5)	1,09(12)	MI, E2	349,820	243,293
I09,74(4)	0,046(23)	-	-	-	306,226	196,494
I10,51(7)	0,22(5)	-	-	-	353,639	243,293
I53,605(4)	100,0(18)	51,3(7)	0,426(13)	MI	349,820	196,194
I74,697(4)	47,3(10)	100,0(14)	1,731(43)	M2	196,194	21,48
I95,18(14)	0,014(5)	-	-	-	216,66	21,48
I96,494(22)	0,425(29)	0,11(3)	0,209(59)	MI, E2	196,494	0
221,82(9)	0,037(8)	-	-	-	243,293	21,48
239,01(9)	1,32(9)	0,133(8)	0,083(11)	E2	260,460	21,48
243,293(14)	89,8(18)	2,196(28)	0,0202(6)	E1	243,293	0
268,46(8)	0,66(5)	0,076(5)	0,094(14)	MI, E2	260,460	0
284,721(23)	0,035(10)	-	-	-	306,226	21,48
286,098(14)	1,619(39)	0,142(9)	0,0719(88)	MI	307,521	21,48
298,968(26)	0,040(16)	-	-	-	-	-
307,500(9)	17,42(34)	1,341(39)	0,0605(20)	MI	307,521	0
328,310(10)	1,346(34)	0,029(6)	0,0177(41)	E1	349,820	21,48
332,097(27)	0,133(10)	0,004(1)	0,0240(63)	(E1)	353,639	21,48
338,50(9)	0,026(5)	-	-	-	-	-
349,853(34)	0,053(3)	-	-	-	349,820	0
353,656(10)	0,00(5)	-	0,0015(8)	MI	353,656	0

Таблица 4

Результаты $\theta\gamma$ -совпадений ^{151}Gd

E_γ , кэВ	L_I 21,5		K243,3	
	$I_{e\gamma}$ эксп.	$I_{e\gamma}$ расч.	$I_{e\gamma}$ эксп.	$I_{e\gamma}$ расч.
I06,57	-	-	100(11)	100,0(28)
I10,51	-	-	7,1(48)	15,5(35)
I74,70	100(17)	100,0(21)	-	-
239,01	2,21(28)	2,79(19)	-	-
286,10	3,31(31)	3,42(8)	-	-
328,31	2,48(20)	2,85(7)	-	-

СХЕМА РАСПАДА

На основании анализа спектров γ -лучей, ЭВК и α -совпадений предлагается схема распада ^{151}Gd /табл.5/, в которой размещены 18 переходов из 20 наблюдаемых. Спины и четности уровней ^{151}Eu приняты на основе мультипольностей электромагнитных переходов, размещенных в схеме распада, и с учетом данных по $\gamma\gamma(\theta)$ -угловым корреляциям^{16/}. В расчетах принимали, что $Q_{\epsilon} = /482 \pm 7/$ кэВ^{17/} и выход флуоресценции на К-оболочке европия $\omega_K = 0,93$ ^{18/}. Интенсивность бета-распада в основное состояние ^{151}Eu определена с помощью K_{α} -лучей. За 100% распадов ^{151}Gd принята сумма интенсивностей электромагнитных переходов и бета-распада в основное состояние ^{151}Eu . Соотношения вероятностей электронного захвата на разных оболочках атома взяты из работы^{19/}.

Основные выводы:

а/ на основании анализа α -совпадений впервые введен уровень 216,66 кэВ. Ввиду слабой интенсивности определить мультипольность перехода 195,18 кэВ трудно, следовательно, спин состояния также;

Таблица 5

Схема распада $^{151}\text{Gd} \rightarrow ^{151}\text{Eu}$

E _{ур.} (ΔE _{ур.}) кэВ	I ^π	ε (Δε) % расп.	lgft	РАЗРЯДКА			
				E _γ , кэВ	I _{пол.}	GL	E _{ур.} , кэВ
0	5/2 ⁺	25(8)	7,8	-	-	-	-
21,48(5)	7/2 ⁺	60(8)	7,4	21,497	I209(I36)	M1+0,088E2	0
196,194(14)	II/2 ⁻	0,24	9,3	174,697	I50(6)	E2	21,48
196,494(22)	(I/2 ⁺ , 3/2 ⁺)	0,023(6)	10,3	196,494	0,50(5)	M1+E2	0
216,66(14)	-	0,001	II,0	196,18	0,014(5)	-	21,48
243,293(15)	7/2 ⁻	5,0(2)	7,8	243,293	92(2)	E1	0
				221,817	0,037(8)	-	21,48
260,460(II)	5/2 ⁺	0,122(10)	9,3	260,459	0,72(6)	M1,E2	0
				239,013	I,43(II)	E2	21,48
306,226(3I)	(7/2 ⁺)	0,05(2)	9,5	109,74	0,05(2)	-	196,494
				284,721	0,035(10)	-	21,48
307,521(37)	5/2 ⁺ , 9/2 ⁺	I,15(5)	8,1	307,500	18,6(4)	M1	0
				286,098	I,74(5)	M1	21,48
349,820(28)	9/2 ⁻	8,94(35)	6,8	349,853	0,035(3)	-	0
				328,310	I,34(4)	E1	21,48
				153,605	I54(4)	M1	196,194
				106,566	2,97(22)	M1,E2	243,293
353,639(29)	5/2 ⁻ , 7/2 ⁻	0,126(6)	8,7	353,656	2,09(5)	E1	0
				332,097	0,14(1)	(E1)	21,48
				110,514	0,22(6)	-	243,293

б/ на основании анализа α -совпадений подтверждаем ранее введенные уровни: 260,5; 307,5; 349,8; 353,6 и 416,3 кэВ; в/ переход 110,5 кэВ размещен между уровнями 353,6 /5/2⁻, 7/2⁻ кэВ и 243,3/7/2⁻ / кэВ. Ранее^{8/} его размещали между уровнями 307,0 и 196,5 кэВ.

ОБСУЖДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

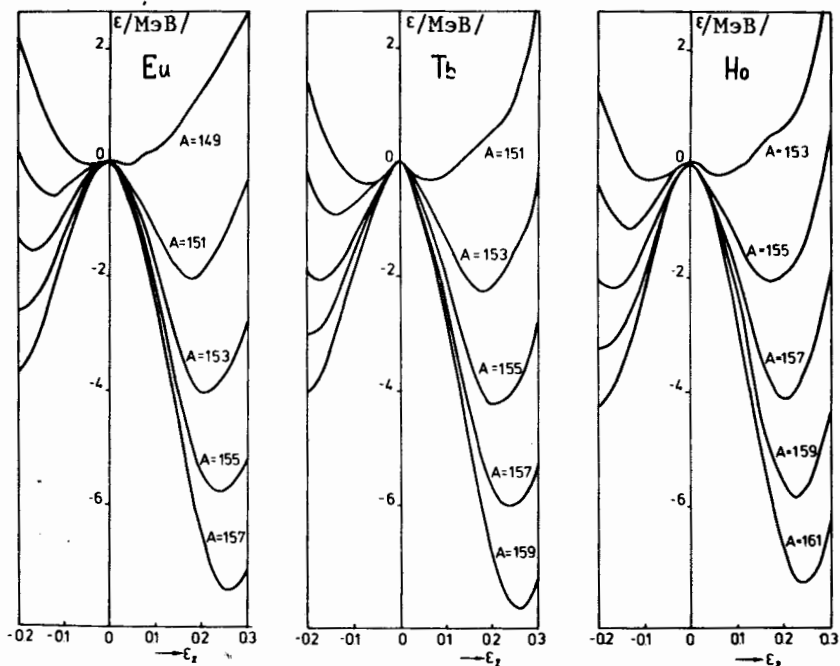
В последнее время появился ряд работ^{20,21/}, в которых свойства возбужденных состояний нечетно-протонных ядер с N=88 исследовались в ядерных реакциях. Результаты этих исследований показали, что низколежащие одночастичные состояния являются деформированными.

Исследования распада ^{153}Dy проводились в работе^{22/}, авторы которой, основываясь на экспериментальных результатах $\gamma\gamma(\theta)$, $T_{1/2}$ и др./, а также привлекая данные^{20,21,23/}, провели интерпретацию свойств ядра ^{153}Tb /изотон ^{151}Eu / в рамках неадiabатической модели, учитывающей взаимодействие Кориолиса^{24/}. Используя метод оболочечной поправки Струтинского^{25/}, они провели расчеты равновесной статистической деформации основных состояний ядер Eu, Tb, Ho /см. рисунок/. Как видно, ядро ^{151}Eu с N=88 в основном состоянии имеет величину квадрупольной деформации $\epsilon_2 \sim 0,2$.

Сравнение характеристик уровней ^{151}Eu и ^{153}Tb , способов их разрядки, мультипольностей переходов показало, что состояния 0 кэВ /5/2⁺ / и 306,2 кэВ /7/2⁺ /^{21/} в ^{151}Eu можно интерпретировать как вращательную полосу 5/2⁺ [402] основного состояния, а уровни 21,5 кэВ /7/2⁺ / и 307,5 кэВ /9/2⁺ / являются ротационной полосой деформированного состояния 7/2⁺ [404]. Причем они испытывают сильное кориолисовое смешивание, которое приводит к искажению их энергетике. Непосредственно расчеты^{22/} деформации состояний 5/2⁺ [402] и 7/2⁺ [404] показали, что квадрупольная деформация основного и первого возбужденного состояний равна $\epsilon_2 \sim 0,17$.

Анализ свойств возбужденных состояний ^{151}Eu показывает, что состояния 196,49 кэВ /3/2⁺ /, 307,5 кэВ /5/2⁺ / по своей природе / I^π, разрядка / соответствуют состояниям 147,6 кэВ /3/2⁺ /, 240,5 кэВ /5/2⁺ / ^{153}Tb , которые интерпретируются как состояния полосы 3/2⁺ [411].

Наши данные, относящиеся к заселению и разрядке состояния 196,20 кэВ, подтверждают его изомерный характер. В распаде ^{151}Gd мы также наблюдали другие состояния отрицательной четности: 243,29 кэВ /7/2⁻ /; 349,82 кэВ /9/2⁻ / и 353,64 кэВ /5/2⁻, 7/2⁻ / . Сравнение с аналогичными состояниями отрицательной четности в ^{153}Tb показывает, что они относятся к сильно смешанным кориолисовым взаимодействиям серии состояний, исходящих из подоболочки $h_{11/2}$.



Статистические деформации основных состояний ядер Eu, Tb, Ho.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bernstein E.M. et al. Phys.Lett., 1970, 33B, p. 465.
2. Dracoulis G.D., Leigh J.R. Nucl.Phys., 1976, 2, p. 287.
3. Taketani H., Adachi M. Phys.Lett., 1976, 63B, p. 157.
4. Lewis T., Graetzer R.G. Nucl.Phys., 1971, A162, p. 145.
5. Thun J.E., Miller T.R. Nucl.Phys., 1972, A193, p. 337.
6. Høglund A., Malmkog S.G. Nucl.Phys., 1969, A138, p. 470.
7. Григорьев Е.П. и др. Изв. АН СССР, сер.физ., 1968, 32, с. 787.
8. Ford J.W. et al. Nucl.Phys., 1970, A146, p. 397.
9. Harmatz B., Handley T. Nucl.Phys., 1966, 81, p. 481.
10. Antman S. et al. Z.Phys., 1970, 237, p. 285.
11. Genz H. et al. Z.Phys., 1973, 260, p. 47.
12. Вылов Ц., Горожанкин В.М. В кн.: Спектры излучений радиоактивных нуклидов. "ФАН", Ташкент, 1980.
13. Кузнецов В.В. и др. ОИЯИ, P13-12810, Дубна, 1979.
14. Вылов Ц. и др. В кн.: Спектры излучений радиоактивных нуклидов, измеренные с помощью полупроводниковых детекторов. ZfK-399, Rossendorf-Dresden, 1980.

15. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, P13-10911, Дубна, 1977.
16. Гаджиков В. Приборы техники эксперимента, 1970, 5, с.82.
17. Steichele E., Kienle D. Z.Phys., 1963, 175, p. 405.
18. Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. В кн.: Квантовое излучение радиоактивных нуклидов. Атомиздат М., 1977.
19. Джелепов Б.С., Зырянова Л.Н., Суслов Ю.П. В кн.: Бета-процессы. "Наука", Л., 1972
20. Devous M.D. Investigation of the energy levels of 88-neutron, odd-proton Nuclei. ORO-4322-20, Техас, 1976.
21. Winter G. et al. Annual Report Research Institute of Physics, 1971.
22. Аликов Б.А. и др. Изв. АН СССР, сер.физ., 1978, 42, с.704.
23. Зубер К. и др. ОИЯИ, P6-8669, Дубна, 1975.
24. Базнат М.И., Пятов Н.И., Черней М.И. ЭЧАЯ, 1973, вып.4, с. 941.
25. May F.R., Pashkevich V.V., Frauendorf S. JINR, P4-10173, Dubna, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 января 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
D-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
D9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
D2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	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.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	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.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.

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

Бадалов Н.Б. и др. Изучение распада $^{151}\text{Gd} \rightarrow ^{151}\text{Eu}$	P6-82-8
<p>С помощью полупроводниковых детекторов и спектрометра совпадений на базе безжелезного магнитного бета-спектрометра типа "Апельсин" и Ge(Li)-детектора исследованы спектры гамма-лучей, ЭВК и γ-совпадений при распаде ^{151}Gd. Использован моноизотопный препарат ^{151}Gd. Обнаружены три новых перехода с энергиями 109,74; 195,18 и 284,72 кэВ. Впервые с высокой точностью измерены КВК для четырех электромагнитных переходов. На основе анализа совокупности экспериментальных данных построена схема распада $^{151}\text{Gd} \rightarrow ^{151}\text{Eu}$. Введен новый уровень 216,66 кэВ и подтверждены ранее введенные уровни: 260,5; 307,5; 349,8; 358,6 и 416,3 кэВ. Проведен физический анализ полученных результатов.</p>	
Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.	
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982	
Badalov N.B. et al. The $^{151}\text{Gd} \rightarrow ^{151}\text{Eu}$ Decay Study	P6-82-8
<p>By means of semiconductor detectors and a coincidence spectrometer on the base of iron-free magnetic beta-spectrometer of "Orange" type and a Ge(Li)-detector spectra of gamma-rays, of ICE and of γ-coincidences at the ^{151}Gd decay are studied. A monoisotopic ^{151}Gd specimen is used. Three new transitions with 109.74; 195.18 and 284.72 keV energies have been discovered. For the first time with a high accuracy EIC have been measured for four electromagnetic transitions. On the basis of analysing an assembly of experimental data a scheme of $^{151}\text{Gd} \rightarrow ^{151}\text{Eu}$ decay is constructed. A new level 216.66 keV is introduced, and previously introduced 260.5; 307.5; 349.8; 358.6 and 416.3 keV levels are confirmed. Physical analysis of obtained results is performed.</p>	
The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.	
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982	

Перевод О.С.Виноградовой.

JINR SCI LIBRARY



143017