

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ
АРМЯНСКОЙ ССР ПО ВЫСШЕМУ И СРЕДНЕМУ
СПЕЦИАЛЬНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

А. С. ДАНАГУЛЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ
РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА
ИЗОТОПОВ Lu^{167} , Yb^{167} , Tb^{149} И Nd^{139m}

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель—доктор физико-математических наук проф. В. С. ШПИТЕЛЬ.

ЕРЕВАН 1964

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ
АРМЯНСКОЙ ССР ПО ВЫСШЕМУ И СРЕДНЕМУ
СПЕЦИАЛЬНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

А. С. ДАНАГУЛЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ
РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА
ИЗОТОПОВ Lu^{167} , Yb^{167} , Tb^{149} И Nd^{139m}

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель—доктор физико-математических наук проф. В. С. ШПИТЕЛЬ.

ЕРЕВАН 1964

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте ядерной физики при МГУ (НИИЯФ МГУ) и в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований в г. Дубне.

Защита состоится 10/12/64 1964 г. в Ереванском государственном университете (г. Ереван, ул. Абовяна 52)

Автореферат разослан 10/12/64 1964 г.

И. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию радиоактивного распада изотопов Lu^{167} , Yb^{167} , Tb^{149} и Nd^{139m} .

Изотопы Lu^{167} и Yb^{167} находятся в области сильно деформированных ядер. Ядра в этой области хорошо описываются обобщенной моделью Бора и Моттельсона [1].

Изотопы Tb^{149} и Nd^{139m} находятся в промежуточной области между сферическим и сильно деформированным ядрами. В настоящее время исследование нечетных слабо деформированных ядер имеет большую актуальность. Вышли в свет теоретические работы, рассматривающие влияние квадруполь-квадрупольного взаимодействия и сверхтекучести на независимое движение нуклонов в ядре. [2].

К моменту выполнения настоящей работы наиболее полные данные о распаде цепочки $Lu^{167} \rightarrow Yb^{167} \rightarrow Tu^{167}$ были получены Харматцем и др. [3]. Однако ими дана только схема распада $Yb^{167} \rightarrow Tu^{167}$ в полной цепочке распада $Lu^{167} \rightarrow Yb^{167} \rightarrow Tu^{167}$. Распады ядер Tb^{149} и Nd^{139} почти не были изучены.

Целью данной работы явилось: 1) получение новых и более полных сведений об этих ядрах, 2) сопоставление экспериментальных результатов с предсказаниями отдельных моделей, примененных к исследуемым ядрам.

2. АППАРАТУРА

Спектры конверсионных электронов исследуемых изотопов измерены на β -спектрографе с постоянным магнитом и фоторегистацией [4] при разрешении 0,08–0,11% и на β -спектрометре с двукратной фокусировкой на угол $\pi\sqrt{2}$

(разрешение 0,12—0,25%). γ -спектр и спектры $\gamma\gamma$ —совпадений фракций Nd изучены с помощью сцинтилляционного спектрометра совпадений, состоящего из двух сцинтилляционных спектрометров, включенных в схему совпадений [5]. Разрешающее время схемы совпадений $2\tau=2\cdot 10^{-7}$ сек. Дефектором изучения служили кристаллы $NaJ(Tl)$ с размерами 40×40 мм, 80×80 мм, соединенные с фотоумножителями ФЭУ—11 и ФЭУ—24 соответственно. Спектр регистрировался 100-канальным амплитудным анализатором АИ-100.

Препараты нейтронодефицитных изотопов Lu , Tb и Nd были получены в реакции глубокого расщепления металлического тантала (Ta) протонами с энергией 660 Мэв на синхротрон ОИЯИ в г. Дубне. Радиоактивные источники для измерений спектров конверсионных электронов были приготовлены путем электролитического осаждения на платиновую проволочку с диаметром 0,1 и 0,2 мм.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПАДА ЦЕПОЧКИ $Lu^{187}\rightarrow Yb^{187}\rightarrow Th^{187}$

Спектры конверсионных электронов Lu -фракции исследовались на β -спектрографе в области энергии от 20 до 950 кэв. В Lu -фракции присутствуют изотопы Lu с массовыми числами от 174 по 167 и дочерние изотопы Yb^{169} , Yb^{187} и Th^{187} . Нас интересовали Lu^{187} с периодом полураспада $T_{1/2}=55$ мин и $Yb^{187}(T_{1/2}=18$ мин).

Для выделения линий, принадлежащих Lu^{187} и Yb^{187} , последовательно экспонировалось несколько фотопластинок и по убыванию интенсивностей линий на них определялось к какому изотопу принадлежат они. Эта задача оказалась не очень трудной, так как период полураспада Lu^{187} (55 мин.) заметно меньше периодов полураспада других изотопов лютеция ($T_{1/2}\geq 2$ дн.).

Иттербий 167. В таблице 1 представлены полученные результаты по спектрам конверсионных электронов Yb^{187} . В первом столбце таблицы приводятся энергии γ -переходов по нашим данным, а во втором столбце приведены значения энергий по работе Харматца и др. [3]. В следующих 6

столбцах приведены полученные нами относительные интенсивности конверсионных линий.

Таблица 1
Экспериментальные данные о спектре конверсионных электронов Yb^{187}

Энергия γ -переходов (кэв)		Относительные интенсивности конверсионных линий						Мультипольность
настоящая работа	харматц и др. [3]	K	L_1	L_2	L_3	M	N	
25,6	25,8	—	—	—	—	—	—	—
37,1	37,1	—	13	15	14	—	—	$M1+9\%$ E2
63,0	62,9	—	130	18	5	14	—	$M1+0,5\%$ E2
106,0	106,1	1000	150	10	4	~16	10	$M1+0,8\%$ E2
113,3	113,3	270	37	~5	4,2	8	слож.	E1
116,5	116,5	20	2	11	10	9	слож.	E2
131,8	131,9	20	1,6	8	5,5	слож.	0,6	E2
150,3	150,5	1,9	0,3	—	—	—	—	—
168,9	—	0,52	—	—	—	—	—	—
176,1	176,2	14	1,2	0,4	0,3	0,3	—	E1

По разностям энергии двух или более конверсионных линий установлено Z ядра в котором происходят γ -переходы. Сравнение отношения интенсивностей конверсионных линий K и $L_1+L_2+L_3$ и L_1, L_2, L_3 с отношениями теоретических коэффициентов конверсии позволяло определить мультипольности семи переходов, которые приведены в последнем столбце таблицы 1.

Схема распада $Yb^{187}\rightarrow Th^{187}$, предложенная Харматцем и др. [3], нами дополнена одним переходом с энергией 168,9 кэв.

Выполненный нами анализ баланса интенсивностей в схеме распада Yb^{187} показывает, что распад Yb^{187} почти целиком происходит на уровне 292,7 кэв. β -переход между основным состоянием Yb^{187} и состоянием 292,7 кэв Th^{187} является разрешенным незадержанным. Этот вывод позволяет предположить квантовые характеристики $5/2^-$ [523] для основного состояния Yb^{187} . Схема распада Yb^{187} представлена на рис. 1.

Исходя из экспериментального отношения интенсивностей конверсионных линий конкурирующих переходов, которые разряжают один и тот же уровень (116,5 $5/2^-$ [411]) рассчитан магнитный момент основного состоя-

ния и время жизни возбужденного уровня 116,5 кэв ядра Tu^{167} .

Сопоставлены параметры ротационной полосы $1/2^+$ [411] и μ -магнитные моменты и гиромангнитные отношения в трех ядрах Tu^{167} , Tu^{169} и Tu^{171} . Эти значения в пределах ошибок довольно близки, а для Tu^{169} почти совпадают с теоретическими значениями, рассчитанными с помощью нильссоновских волновых функций. Это говорит о том что ядерный потен-

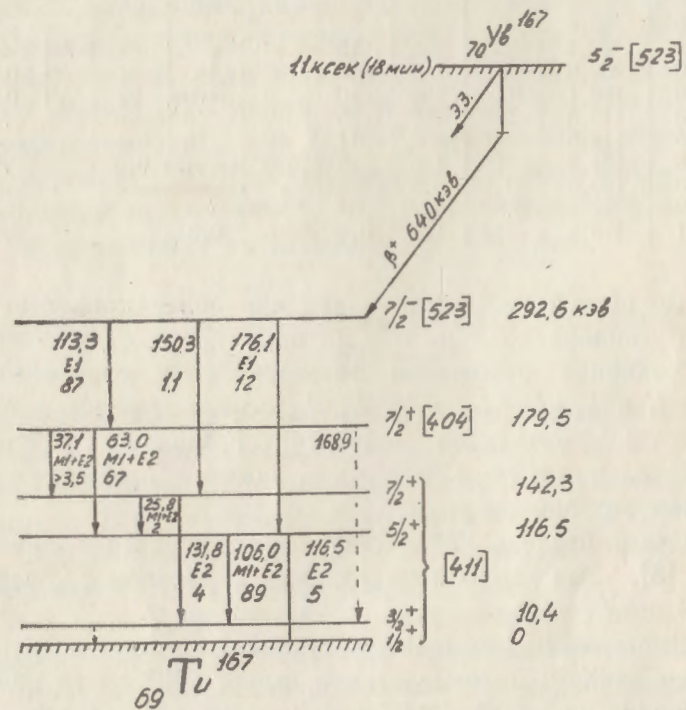


Рис. 1. Схема распада Yb^{167}

циал выбранный Нильссоном, хорошо описывает состояния ядер и что примеси состояний с другими K к состоянию $1/2^+$ [411] малы.

Сопоставлены также схемы уровней Tu^{167} и Tu^{169} . Замечен некоторый разброс в значениях приведенных вероятностей K -запрещенных γ -переходов ($\Delta K=3$) в ядрах Tu^{167} и Tu^{169} с уровнями $7/2^+$ [404] и $7/2^-$ [523] на уровне ротационной полосы $1/2^+$ [411]. Этот разброс, повидимому,

обусловлен примесью одночастичных состояний с другими K к состояниям $7/2^+$ [404] и $7/2^-$ [523]:

Лютеций 167. Экспериментальные результаты изучения спектра конверсионных электронов Lu^{167} представлены в таблице 2. Расположение материалов в этой таблице такое же, как и в таблице 1. Как видно из таблицы, полученные результаты позволили нам идентифицировать тринадцать новых переходов, следующих за распадом Lu^{167} . Более полные (по сравнению с имевшимися ранее) данные об относительных интенсивностях конверсионных линий позволяют определить мультипольности 11 переходов, 9 из которых впервые.

Таблица 2

Экспериментальные данные о спектре конверсионных электронов Lu^{167}

Энергия γ -перехода (кэв)		Относительные интенсивности конверсионных линий*					Мультипольность
настоящая работа	Хармац и др. [3]	K	L_1	L_2	L_3	M	
29,6	29,7	--	>2330	>1550	>1950	>1440	$E1$
56,2	56,4	--	слож.				—
78,6	—	—	~560	2300	1600	слож.	$M1 + >50\% E2$
100,1	—	640	~80	~180	слож.	—	$M1 + 70\% E2$
102,5	—	слож.	90	—	—	—	—
123,1	123,2	175	слож.	—	—	—	—
129,1	—	~360	41	34	слож.	—	$M1 + 30\% E2$
151,8	—	85	13	—	—	—	—
178,7	178,7	275	слож.	50	46	слож.	$E2$
181,9	—	160	23	35	25	—	$M1 + 70\% E2$
188,5	188,5	150	слож.	27	34	—	$E2$
198,9	—	60	—	—	—	—	—
213,0	213,0	545	75	9	—	16	$M1$
222,5	222,8	~49	11	14	11	—	$E2$
229,5	—	143	23	—	—	—	—
235,6	—	40	10	8,8	6,7	—	$E2 + M1$
239,0	239,1	1000	150	~18	~6	17	$M1 + 5\% E2$
258,2	258,3	145	18	—	—	—	—
261,5	261,6	100	23	—	—	—	—
278,1	278,1	125	23	—	—	—	—
307,8	—	16	—	—	—	—	—
317,2	317,4	90	15	—	—	—	—
361,4	—	сл.	—	—	—	—	—
371,8	—	23	—	—	—	—	—
401,2	401,4	93	15	—	—	—	—
601	—	сл.	—	—	—	—	—

* Сл. — слабая линия.

Впервые предложена схема распада $Lu^{167} \rightarrow Yb^{167}$. В схеме уровней Yb^{167} введены новые уровни ротационной полосы над состоянием $5/2^-$ [523] с энергиями 78,6 и 178,7 кэВ. Введены одночастичные уровни 29,6 $5/2^+$ [642], 239,0 $3/2^-$ [521], 307,8 $7/2^-$ [514], 401,4 $5/2^-$ [512] и уровни 213,0 и 601 кэВ. Выполнен анализ интенсивностей в схеме уровней Yb^{167} . Схема распада $Lu^{167} \rightarrow Yb^{167}$ представлена на рис. 2.

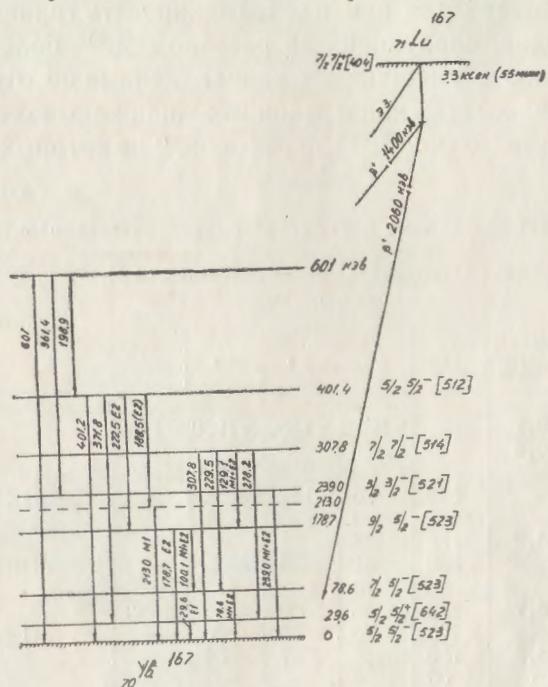


Рис. 2. Схема распада Lu^{167}

Lu^{176} . В результате исследования фракции Lu доказано присутствие изотопа Lu^{176} в препаратах Lu и тем самым исключено существование ранее известного изомера Lu^{168m} .

4. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ИЗОТОПОВ НЕОДИМА (Nd) С ПЕРИОДОМ ПОЛУРАСПАДА 5,5 ЧАСА

Во фракции Nd присутствуют нейтронодефицитные изотопы с массовыми числами от 141 по 138 и дочерние изотопы Pr и Ce . Нас интересовали ~ 5 часовые изотопы Nd .

В результате исследования конверсионного спектра фракции Nd на β -спектрографе и на β -спектрометре типа $\pi \sqrt{2}$ впервые были обнаружены конверсионные линии 16 новых переходов, интенсивности которых спадают с периодом $\sim 5,5$ час. Значение энергий переходов, идентифицированных по спектру конверсионных электронов, следующие: 113,8, 132,7, 194,8, 200,1, 210,4, 216,6, 232,5, 255,7, 326,8, 363,3, 7(7,9, 737,4, 773, 821, 822, 826, 828, 983, 1478 кэВ.

Энергетические разности конверсионных линий K, L_1+L_2, L_3, M и N убедительно показали, что переход 232,5 кэВ совершается в ядре Nd . Остальные переходы, кроме 1478 кэВ, происходят в ядре Pr .

В γ -спектре обнаружены γ -линии еще 14 новых переходов с энергиями: 630, 900, 1030, 1100, 1240, 1470, 1580, 1720, 1840, 2050, 2170, 2350, 2500 кэВ.

Впервые определены мультипольности 5 переходов: 113,8 ($M1$), 232,5 кэВ ($M4$) с помощью отношения интенсивностей конверсионных линий K, L_1, L_2, L_3 и 707,8 ($M2$), 737 ($M2$), 773 кэВ ($E1$) с помощью отношения интенсивностей K -конверсионной линии и γ -линий одного и того же перехода.

Обнаружены K и L линии $O-O$ перехода с энергией 1478 кэВ.

В результате изучения спектров $\gamma\gamma$ -совпадений было установлено наличие следующих каскадов: 114—708, 114—980, 114—1720, 114—2050, 980—740. Имеются указания на совпадения γ -лучей 700—800 кэВ между собой и с γ -лучами в районе 1000—1300 кэВ. Не обнаружены совпадения 114 кэВ с > 2050 кэВ, а также 980—708 кэВ.

Новый изомер Nd^{139m} . Тот факт, что интенсивность изомерного перехода 232,5 кэВ, происходящего в ядре Nd , и других переходов, происходящих в ядре Pr убывает с одним и тем же периодом полураспада, можно объяснить тем, что все эти γ -переходы возникают при распаде изомерного состояния Nd^{139m} .

В соседних четырех изотонах с 79 нейтронами $Te^{133}, Xe^{133}, Ba^{135}$ и Ce^{137} известны изомерные состояния. Основные состояния этих ядер имеют квантовые характеристики $d_{1/2}$, а изомерные состояния — $h_{1/2}$.

Очевидно, что и в Nd^{139} осуществляются те же состояния.

Итак, можно считать установленным, что известная ранее активность неодима с периодом полураспада 5,5 часа принадлежит не основному состоянию Nd , а изомерному Nd^{139m} с квантовыми характеристиками $h_{11/2}$.

Представленные в настоящей работе измерения позволили наметить схему распада Nd^{139m} , которая приведена на рис. 3.

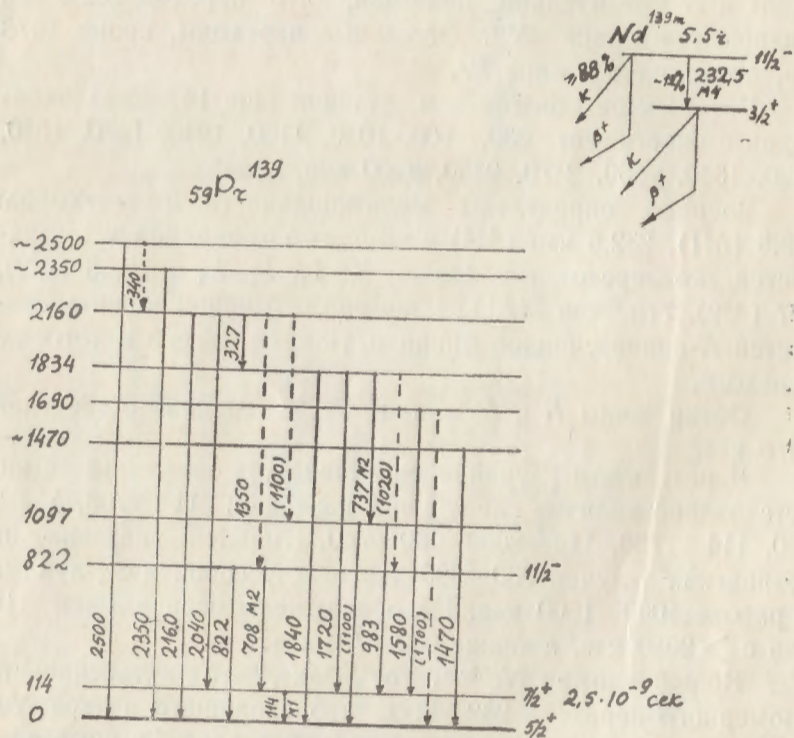


Рис. 3. Схема распада Nd^{139m}

Примерный анализ баланса интенсивностей в этой схеме показывает, что в 12% и менее от всех случаев распада изомерное состояние Nd^{139m} распадается через изомерный переход в основное состояние Nd^{139} , а большая часть

(~88%) распадов происходит через β -превращения на уровне Pr^{139} .

Экспериментальные результаты по исследованию фракции Nd и расчет по формуле Вайскопфа — Мошковского позволяют предположить, что период полураспада основного состояния Nd^{139} мал ($T_{1/2} \leq 30$ мин) т. е. Nd^{139} находится в равновесии со своим изомером.

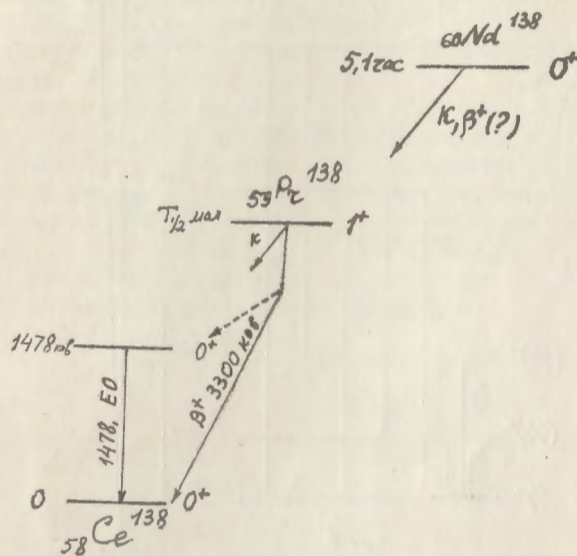


Рис. 4. Схема распада $Nd^{138} \rightarrow Pr^{138} \rightarrow Ce^{138}$

Новый изотоп Nd^{138} . В настоящей работе экспериментально доказано существование нового изотопа Nd^{138} с периодом полураспада $5,1 \pm 0,6$ час. Обнаружен 0—0 переход с энергией 1478 кэв, возникающий при распаде Pr^{138} . Предложена схема распада цепочки $Nd^{138} \rightarrow Pr^{138} \rightarrow Ce^{138}$. (рис. 4).

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИОННЫХ СПЕКТРОВ ИЗОТОПОВ Tb

Фракция Tb была исследована на β -спектрографе с постоянным магнитом в энергетическом диапазоне от 40 до 900 кэв. В результате исследования подтверждены данные о распаде короткоживущих изотопов Tb ($T_{1/2} \leq 4$ час.), полученные другими авторами.

ВФ 07324

Заказ 373

Тираж 150

Типография Издательства АН Армянской ССР, Ереван, Барекамутян, 24

