

УДК 621.372.6
621.372.6
ИЗДАНИЕ
М. И. Д. ВАННИ
ДУБНА



P6 - 7997

Н.А.Бонч-Осмоловская, Ш.Вылов, К.Я.Громов,
А.Ш.Хамидов

А3-4

ОБ ИЗЛУЧЕНИИ ¹⁷¹Lu
И СХЕМЕ УРОВНЕЙ ¹⁷¹Yb

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche

Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препринтов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или аperiodическом сборнике.

Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

"Р" - издание на русском языке;

"Е" - издание на английском языке;

"Д" - работа публикуется на русском и английском языках.

Препринты и сообщения, которые рассылаются только в страны-участницы ОИЯИ, буквенных индексов не имеют.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проглавляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

И.И.Иванов. ОИЯИ, Р2-4985, Дубна, 1971.

Р6 - 7997

Н.А.Бонч-Осмоловская, Ц.Вылов, К.Я.Громов,
А.Ш.Хамидов

ОБ ИЗЛУЧЕНИИ ^{171}Lu
И СХЕМЕ УРОВНЕЙ ^{171}Yb

Направлено в Изв. АН СССР

Бонч-Осмоловская Н.А., Вылов Ц., Громов К.Я.,
Хамидов А.Ш.

P6 7997

Облучении ^{171}Lu и характеристике ^{171}Yb

Исследован спектр гамма-лучей, пропорциональный спектру β - и позитронного распада при распаде ^{171}Lu . По результатам анализа уровнях схемы уровней ^{171}Yb . Проведен анализ и идентификация возбужденных состояний ^{171}Yb .

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1974

Bontch-Osmolovskaya N.A., Vylov Ts.,
Gromov K.Ya., Chamidov A.Sh.,

P6 7997

On the Decay of ^{171}Lu and Level Scheme
of ^{171}Yb

Decay of ^{171}Lu has been studied by methods of β - and γ -spectroscopy. The level scheme of ^{171}Yb was analysed on the basis of new and more precise data on spectra of γ -rays, conversion electrons and positons. Structure of excited states of ^{171}Yb was determined.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

Исследован распад деформированного ядра ^{171}Lu . Изотоп ^{171}Lu мы получали при облучении танталовой мишени протонами с энергией 660 МэВ на синхротроне ОИЯИ. Из облученной мишени выделялись изотопы лютеция - продукты ядерных реакций ^[1], которые затем разделялись на электромагнитном масс-сепараторе. Примесь ^{172}Lu в источниках ^{171}Lu не превышала 0,5%, примеси других изотопов лютеция были существенно меньше. Спектры γ -лучей изучались на спектрометрах с Ge(Li) -детекторами разного объема с разрешающей способностью: 1,0 кэВ / $0,5 \text{ см}^3$ / и 1,5 кэВ / 1 см^3 / при $E_{\gamma} = 100 \text{ кэВ}$, 1,5-2 кэВ / 1 см^3 / и 3,0 кэВ / 37 см^3 / при $E_{\gamma} = 660 \text{ кэВ}$. Обработка экспериментальных данных проводилась на ЭВМ "Минск-2" и CDC-1604A. Поиски позитронов при распаде ^{171}Lu выполнены на β -спектрометре с Si(Li) -детектором, помещенном в однородное поперечное магнитное поле ^[5]. Спектры электронов внутренней конверсии изучались с помощью β -спектрографов с разрешающей способностью 0,03-0,05%.

Результаты экспериментов

Сведения о γ -переходах, возникающих при распаде ^{171}Lu , представлены в табл. 1. Используя моноизотопные и более сильные источники, а также более совершенные, чем применявшиеся в работах ^[4,5], γ -спектрометры, нам удалось существенно уточнить интенсивности известных ранее γ -переходов и обнаружить 13 новых. Интенсивности γ -лучей определялись как средние из

результатов нескольких серий измерений. Значения энергии γ -переходов для $E_{\gamma} > 200$ кэВ, представленные в таблице, получены как средневзвешенные по результатам /4,5,8-12/ автором работы /5/ В.А.Балалаевым, значения энергии γ -лучей при $E_{\gamma} < 200$ кэВ взяты из работы Кэя /12/. Энергии новых γ -переходов, а также энергии некоторых жестких γ -переходов, обнаруженных в работе /5/ /см. таблицу/, определялись нами из спектров γ -лучей на основе внутренних реперов ^{171}Lu и с учетом поправок на нелинейность спектрометрического тракта. Приведенные в ябл. I значения относительных интенсивностей I_k -конверсионных электронов - также получены как средневзвешенные по результатам /4,5,8-12/ автором работы /5/ Балалаевым. Значения I_k для новых γ -переходов получены нами с помощью β -спектрографов.

Коэффициенты внутренней конверсии определялись в предположении, что переход 739,62 кэВ является чистым $E1$ -переходом / $\alpha_k = 2,26 \cdot 10^{-3} /^{13}/$, что достаточно надежно известно из /14/. Впервые определены мультипольности ряда новых переходов, а также многих переходов, интенсивности γ -лучей которых ранее только оценивались. Мультипольности ($E2$) новых переходов 122,36 и 256,46 кэВ предлагаются на основе их размещения в схеме распада; значение I_k для перехода 122,36 кэВ - расчетное. Выводы о мультипольности переходов с энергией 66,7 кэВ и ниже сделаны на основе оценок отношений линий внутренней конверсии на L- и M-подоболочках /8-10, 12/.

Для вычисления вероятностей β -переходов при распаде ^{171}Lu большой интерес представляет исследование возможного позитронного распада. Ввиду слабости эффекта, мы смогли сделать только следующие оценки: интенсивность позитронного распада составляет менее $2 \cdot 10^{-2}$ % на распад, а граничная энергия - 600 ± 200 кэВ. Это не противоречит работе /15/, где интенсивность позитронов определена как $\approx 10^{-2}$ %, а также систематике /16/, согласно которой разность масс $^{171}\text{Lu} - ^{171}\text{Yb}$ равна 1400 кэВ.

Таблица 1

Переходы в ^{171}Yb , возникающие при распаде ^{171}Lu

E_{β} , кэВ	γ			I_{γ}	$\lambda, \cdot 10^3$	Мульти- польн.
	14/	15/	вост. п. п. п.			
1	2	3	4	5	6	7
9,150±0,008						M1-E2
19,384±0,008						E1-M2
27,126±0,008						E2
46,516±0,008						M1-E2
55,679±0,008			1,81±0,17			M1
66,718±0,008	4,43		4,30±0,39			M1-E2
72,365±0,008	3,6	4,2±0,8	3,46±0,31	1100±200	720±150	M1
75,872±0,006	10,9	16±4	10,78±0,97	7450±1800	1600±400	E2
85,59±0,02	1,93	2,3±0,3	1,95±0,18	3920±600	4500±600	M1
91,39±0,02	0,80	1,3±0,3	0,861±0,067	1450±200	3800±600	M1
103,9±0,2	0,14		0,026±0,007			
109,27±0,02	1,11		1,09±0,06	1020±130	2100±300	M1
122,36±0,05 ^а			0,026±0,006	(7,5)		(E2)
132,26±0,02	0,03	0,2	0,070±0,006	28±9	900±300	E2-M1
154,72±0,02	0,07	0,19±0,04	0,090±0,008	31±5	760±140	M1
163,81±0,02	0,47	0,51±0,08	0,466±0,027	80	390±190	E2
170,75±0,13	0,09	±0,2	0,120±0,008	15	280±140	E2
194,88±0,02	0,30	±0,8	0,327±0,022	27±5	190±40	E2
256,46±0,10 ^а			0,047±0,006	сложн.		(E2)
498,72±0,08	0,19	0,23±0,05	0,220±0,016	3,4±0,4	35±5	M1
517,60±0,05 ^(а)	0,80	0,80±0,09	0,676±0,028	9,6±0,6	32±3	M1
566,44±0,24		±0,05	~0,03	0,16±0,05	12±7	E2 ^а
604,48±0,20		±0,15	0,060±0,020	0,16±0,05	6,8±2,9	E2 ^а
627,02±0,10	1,82	1,71±0,08	1,65±0,07	11,0±0,7	15±1	E2-M1
631,10±0,18	~0,2	~0,18	0,242±0,018	1,9±0,5	17,7±4,8	M1
667,35±0,10	22,0±2,0	22,0±0,4	23,12±0,93	28,6±0,9	2,8±0,2	E1
675,96±0,25		±0,10	0,043±0,010	0,32±0,09	16,8±1,1	M1 ^а
689,30±0,11	4,97	4,70±0,09	4,94±0,18	6,4±0,3	2,9±0,3	E1
712,61±0,11	2,62	2,32±0,06	2,36±0,09	9,5±0,5	9,1±0,6	E2-M1
724,81±0,20		0,22±0,05	0,259±0,027	1,16±0,13	10,1±1,5	E2-M1
727,1±0,5	~0,15	±0,05	0,11±0,03			
739,62±0,05 ^(а)	100	100	100	100	2,26	E1
747,0±0,5 ^а			0,010±0,007			
753,05±0,22 ^а			0,017±0,003	0,10±0,03	13,3±4,7	M1

1	2	3	4	5	6	7
759,18±0,21 [■]			0,51±0,006	0,16±0,05	7,1±2,3	E2
767,50±0,11	1,56	1,43±0,05	1,48±0,07	7,1±0,4	10,8±0,8	E1
777,5±0,3		≤ 0,5	0,11±0,06	0,46±0,15	9,5±5,7	E2; E1 [■]
780,60±0,13	9,12	9,03±0,13	9,16±0,37	7,8±0,4	1,92±0,13	E1
793,6±0,16	0,16	0,180±0,020	0,14±0,009	0,66±0,18	10,3±2,0	E1
816,22±0,12 [■]			0,072±0,010			
825,72±0,13	0,31	0,35±0,03	0,321±0,016	0,72±0,08	5,1±0,6	E2
835,0±0,5 [■]			0,18±0,04			
839,80±0,09	6,73	6,46±0,17	6,32±0,25	25,4±1,2	9,1±0,5	E1
849,94±0,25		≤ 0,3	0,13±0,07	0,65±0,15 [■]	11,3±6,2	E1 [■]
852,88±0,10	5,24	5,25±0,16	5,30±0,21	4,2±0,3	1,80±0,14	E1
862,23±0,13 [■]			0,076±0,007	0,20±0,10	5,9±3,0	E2(E1)
868,21±0,14 [■]		≤ 0,06	0,061±0,007	0,21±0,05	7,8±2,0	E1 [■]
872,6±0,3		≤ 0,05	0,011±0,003	0,080±0,025	16,4±6,7	E1, E2 [■]
877,47±0,20		≥ 0,04	0,042±0,006	0,29±0,05	15,6±3,4	E1, E2 [■]
879,0±0,5			≤ 0,012	0,050±0,025	≥ 4,7	E1, E2 [■]
880,86±0,15 [■]		~ 0,05	0,037±0,005	0,19±0,04	11,6±2,9	E1 [■]
884,36±0,28 [■]			0,013±0,004			
888,81±0,17 [■]			0,029±0,004	~ 0,15	11,7±6,1	E1
894,56±0,35 [■]			0,018±0,005	~ 0,15	18,8±10,7	E1, E2
902,05±0,16	0,35	0,35±0,09	0,310±0,036	1,23±0,14	9,0±1,4	E1
922,10±0,21 [■]		0,029±0,015	0,038±0,005	0,14±0,04	8,3±2,6	E1
925,78±0,15 [■]		0,079±0,023	0,086±0,007	0,24±0,07	6,9±1,9	E1
948,55±0,15		0,218±0,020	0,180±0,010	0,52±0,4	6,5±0,6	E1
953,7±0,5 [■]			0,011±0,004			
958,3±0,5 [■]			0,017±0,004	0,08±0,04	10,6±5,8	E1
985,52±0,14 [■]		0,05±0,02	0,052±0,006	0,050±0,018	2,2±0,8	E1, E2
998,45±0,18 [■]		0,05±0,02	0,070±0,007	0,18±0,05	5,8±1,7	E1 [■]
1004,9±0,3		0,08±0,03	0,087±0,008	0,24±0,05	6,2±1,4	E1
1013,3±0,4		0,04±0,02	0,028±0,005	0,085±0,023	6,9±2,2	E1
(1093)	0,2		< 0,03			
1168,8±0,3		≤ 0,024	0,014±0,004	0,024±0,007	3,9±1,6	E1(E2) [■]
1209,70±0,20	0,15	0,142±0,016	0,137±0,009	0,070±0,012	1,2±0,3	E1
1254,8±0,4		≤ 0,03	0,017±0,004	0,023±0,007	3,1±1,2	E2, E1 [■]
1281,83±0,18	0,73	0,69±0,05	0,705±0,026	0,248±0,026	0,80±0,09	E1

Примечание: [■] соответствует новым гамма-переходам, а также новым определенным мультипольностям известных гамма-лучей,
[■] соответствует уточненным нами значениям E_γ , I_γ и выводам о мультипольностях гамма-переходов
 (а) - E_γ определены в работе /6/.

Схема уровней ^{171}Lu

При β -распаде ^{171}Lu /4, 5, 12/ и в реакциях (d, t) и $(d, t)^{17}/$ в ядре ^{171}Yb наблюдались одночастичные состояния типа $1/2^-[521]$, $5/2^-[521]$, $7/2^-[633]$ и $7/2^-[511]$ и связанные с ними ротационные полосы /рис. 1/. Полагая, что переход 256,46 кэВ идет на уровень $7/2, 1/2^-[521]$, можно ввести состояние $11/2, 1/2^-[52]$ с энергией 487,07 кэВ. Уровень с близкой энергией /486 кэВ/ наблюдался в $(d, p) \sim (d, t)$ -реакциях $^{17}/$. Новый γ -переход 122,36 кэВ, по-видимому, следует направить с уровня $5/2^-[512]$ на основное состояние.

При β -распаде ^{171}Lu возбуждаются уровни 935, 1024, 1080 и 1377 кэВ, надежно установленные в измерениях совпадений $^{14}/$. Авторы $^{15}/$ дополнили разрядку этих состояний рядом γ -переходов. Определение нами мультипольностей γ 566, 675, 777, 849, 872, 1168 кэВ подтверждало правильность их размещения в работе $^{15}/$ с указанных выше состояний. Кроме того, с уровнями 1024 и 1080 кэВ направлены новые γ -переходы.

На основе баланса энергии, мультипольностей γ -переходов, способа разрядки и некоторых других соображений, которых мы коснемся ниже, вводим новые уровни с энергиями 902,05; 955,46; 1029,85; 1076,24; 1114,89 и 1153,36 кэВ /рис. 1/. Мы полагаем также, что уровень с энергией 1093,5 кэВ, введенный в схему распада ^{171}Lu в $^{15}/$ условно, действительно возбуждается при распаде ^{171}Lu , но спин и природа его иные, чем предполагалось в работе $^{15}/$.

В предлагаемой схеме распада ^{171}Lu /рис. 1/ неразмещенными остаются только шесть γ -переходов, суммарная интенсивность которых 0,13% на распад ^{171}Lu . Мы рассчитали заселение уровней ^{171}Yb при распаде ^{171}Lu предполагая, что сумма полных интенсивностей трех γ -переходов /66,7; 75,9 и 122,4 кэВ/, идущих в основное состояние, составляет 100% распадов ^{171}Lu . Отметим, что наблюдается некоторое превышение суммарной интенсивности переходов, приходящих на уровни $3/2^-$ и $5/2^-$ полосы $1/2^-[521]$, над интенсивностью перехо-

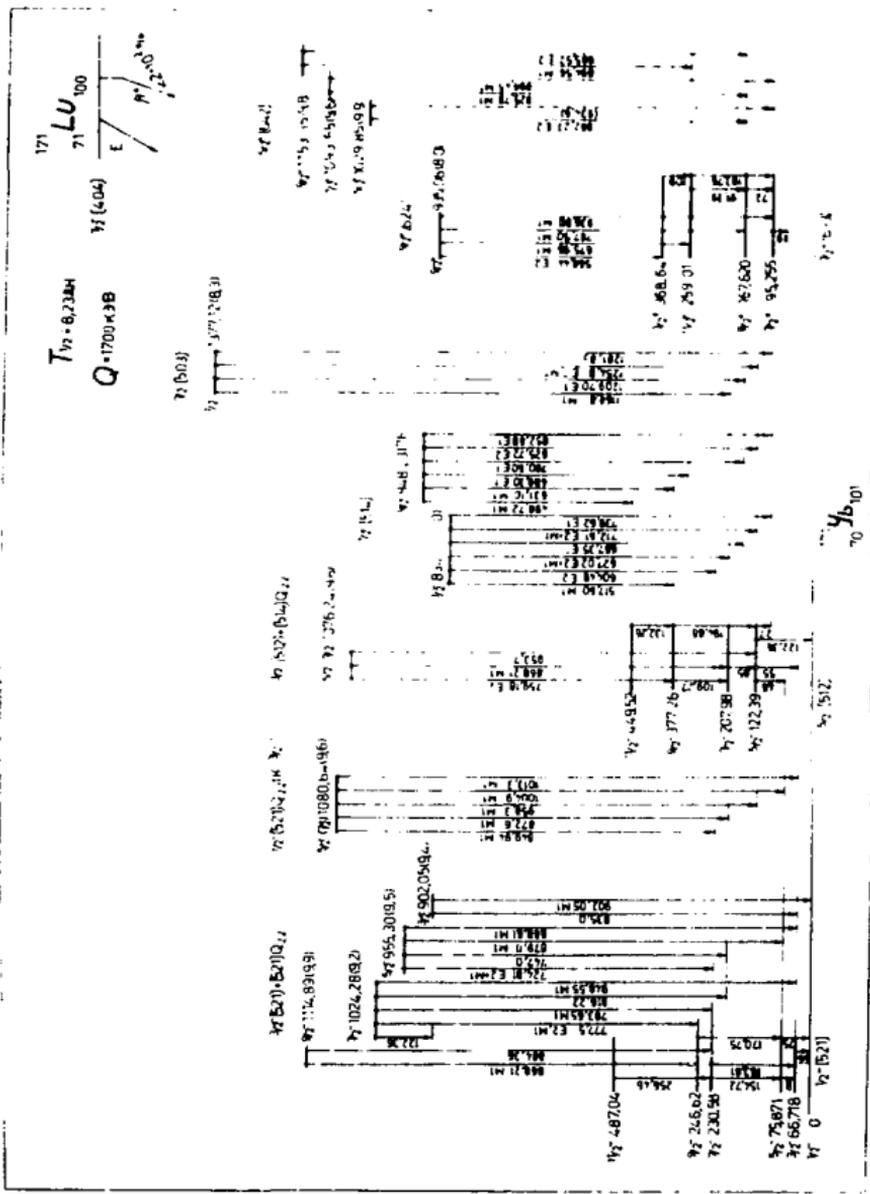


Рис. 1. Схема распада 171 | u.

дов, уходящих с этих уровней. Это, по-видимому, связано с большими ошибками в определении интенсивностей переходов 9,15 и 19,38 кэВ в 127 . Расчет вероятностей β -переходов ($\log ft$) выполнен для разности масс $^{171}\text{Lu} - ^{171}\text{Yb}$, равной 1,7 МэВ: β -распад в основное состояние ^{171}Yb ($\Delta I = 3$, $\Delta \pi = -$) сильно запрещен и позитронный распад с $E_{\beta} = 600$ кэВ, по-видимому, идет на уровни 95,25 ($7/2^-$) и ^{171}Lu 122,39 кэВ ($5/2^-$).

Состояние $3/2^- [521] + [521]^+ Q_{22}$

Наблюдаемые в реакциях (d,p)-и (d,t)-уровни 902,3 ($3/2^-$) и 1080 кэВ ($7/2^-$) интерпретировались как члены вращательной полосы состояния $3/2^- [521] + [521]^+ Q_{22}$. Однако, параметр инерции получается заметно большим $I/A = 14,7$ кэВ, чем в аналогичных полосах в соседних ядрах: 10,5 кэВ в ^{167}Yb , 10,8 кэВ в ^{173}Yb , 12,3 кэВ в ^{169}Yb и 12,4 кэВ в $^{175}\text{Yb}/^{177}$. Мы полагаем, что ротационную полосу рассматриваемого состояния образуют уровни: 902,0 ($3/2^-$), 955,3 ($5/2^-$), 1024,3 ($7/2^-$) и 1114,9 кэВ ($9/2^-$) /рис. 1/. Уровень с энергией 902,0 кэВ ранее при β -распаде не наблюдался. Мы вводим его, направляя с него γ -переходы 902,0 и 835,0 кэВ на полосу основного состояния. С нового уровня 955,3 кэВ направлено 4γ -перехода. Спин этого уровня определяется как $5/2^-$. Разрядка известного из работ $^{4,5/}$ уровня 1024,3 кэВ дополняется двумя новыми переходами 122,36 и 816,22 кэВ. Новый уровень 1114,9 кэВ разряжается двумя переходами. Спин этого уровня может быть $9/2^-$. В ядерных реакциях $^{17/}$ наблюдался уровень с близкой энергией 1113 кэВ. Параметр инерции рассматриваемой полосы оказывается равным: $A_{1,2} = 10,8$; $A_{1,3} = 10,2$; $A_{1,4} = 10,2$ кэВ /индексы при A означают порядок уровней в полосе/. Расчеты отношений приведенных вероятностей γ -переходов, идущих на уровни полосы основного состояния $1/2^- [521]$ /табл. 2/, указывают, что для всех состояний квантовое число $K=3/2$ более вероятно, чем $K=1/2$.

Значения $\log ft$ для β -переходов на уровни рассматриваемой полосы близки между собой: 9,4; 9,5; 9,2;

9,9 и близки к соответствующим значениям при распаде ^{169}Lu /18/ /9,4; 9,1; 9,2; 10,7/ на состоянии структуры $3/2^- [521] + [521] \cdot Q_{22}$. Расчеты, выполненные Гареевым и др. /19/ с использованием потенциала Саксона-Вудса с учетом взаимодействия частиц с фонами, дают для состояния $3/2^- [521] + [521] \cdot Q_{22}$ значение энергии 870 кэВ, что близко к экспериментальному - 902 кэВ.

Состояние $1/2^- [521] Q_{22}$ ($K = 3/2$)

Уровню 1080 кэВ Бёрк и др. /17/ приписали спин $7/2^-$. Этому заключению не противоречат мультипольности γ -переходов, разряжающих этот уровень /см. рис. 1/, кроме перехода 1013 кэВ (M1) на уровень $3/2, 1/2^- [521]$. Если переход 1013 кэВ размещен правильно, то спин уровня 1080,6 кэВ должен быть $5/2^-$. Правила Алага сильно нарушаются для данного состояния и не позволяют сделать вывод о его спине. Однако квантовое число K , вероятно, ближе всего к $3/2$, т.к. наблюдаются M1-переходы на полосы с $K=1/2$ и $K=5/2$. Если уровень 1080 кэВ является ротационным на полосе с $K=3/2$, то основное состояние /при $A = 10-12$ кэВ/ будет иметь энергию ≈ 1 МэВ. Гареев и др. /19/ предсказывают два состояния с $K^\pi = 3/2^-$ этой области энергий: $3/2^- [512] 51\% + [514] \cdot Q_{22}$ 23 % /1120 кэВ/ и $3/2^- [521] Q_{22}$ 1330 кэВ/. Судя по характеру разрядки уровня 1080 кэВ, подобного разрядке полосы $3/2^- [521] + [521] \cdot Q_{22}$, представляется более вероятной структура $3/2^- [521] Q_{22}$. Разница в энергиях 1 и 1,3 МэВ не выходит за рамки точности расчетов /19/.

Состояние $3/2^- [512] + [514] \cdot Q_{22}$

Вводим состояние с энергией 1076,2 кэВ, с которого направлены три γ -перехода на уровни полосы $5/2^- [512]$. Спин его может быть $5/2^-$, $7/2^-$, квантовое число K по-видимому, больше $1/2^-$, т.к. имеется M1-переход на полосу с $K=5/2$. Орбитали с $K=7/2$ ($[514]_+$ и $[503]_+$) уже идентифицированы /рис. 1/. Среди состояний с

Таблица 2

E _{ур.} кэВ	I _i	R _{эксп.}	R _{расч.} для	
			K _i = 3/2	K _i = 1/2
902	3/2	0,74±0,20	0,8	0,2
955	5/2	≤ 0,48	1,1	0,07
1024	7/2	1,34±0,11	1,33	0,036
1115	9/2	5±2	1,5	0,023

Таблица 3

K _i	B(M1, 767): :B(M1, 840)			B (M1, 675) ; :B(M1, 840)			B(M1, 675): :B(M1, 767)		
	9/2	7/2	5/2	9/2	7/2	5/2	9/2	7/2	5/2
R _{расч.}	0,23	2,8	15	0,023	1,9	29	0,10	0,66	2,0
R _{эксп.}	0,31±0,02			0,013±0,003			0,043±0,010		

$K = 3/2$ и $5/2^-$ в этой области энергий /19/ возможны $5/2^- [523] /690 \text{ кэВ}/$ и $3/2^- [512] 515 \rightarrow [514], Q_{22} 23 \text{ кэВ} /1120 \text{ кэВ}/$. Первая возможность отпадает, т.к. с уровнем полосы $5/2^- [523]$ должны были бы наблюдаться интенсивные β -переходы на уровни полосы $7/2^+ [633]$. Кроме того, при распаде ^{169}Lu β -переход $7/2^+ [404] \rightarrow 5/2^- [523]$ имеет $\log ft = 8,1^{18/}$, а наблюдаемое значение $\log ft = 9,6$ для распада на уровень 1076 кэВ в ^{171}Yb слишком велико. Таким образом, наиболее вероятной представляется структура $3/2^- [512] \rightarrow [514], Q_{22}$. Если уровень 1076 кэВ является ротационным с $K = 3/2$, то основное состояние этой полосы /при $A = 10-12 \text{ кэВ}/$ расположено на высоте $\approx 1 \text{ МэВ}$, что близко к теоретическому значению 1120 КэВ .

Состояние $9/2^+ [621]$

Спин и четность уровня $935,0 \text{ кэВ}$ были определены в работе /4/ как $7/2^+$ или $9/2^+$. Уровню была приписана конфигурация $9/2^+ [624]$ на основании близости величины $\log ft = 8,0$ для распада на этот уровень к значению $\log ft = 8,2$ для распада ^{171}Ta $7/2^+ [404] \rightarrow 9/2^+ [621] /20/$. Определенные нами мультипольности γ -переходов 566 и 675 кэВ , направленных с уровня 935 кэВ /в работе /5/ /, однозначно определяют его спин как $9/2^+$. Сравнение экспериментальных и расчетных отношений приведенных вероятностей γ -переходов /табл. 3/ также уверенно определяет величину $K=9/2$. Таким образом, приписание уровню $935,0 \text{ кэВ}$ конфигурации $9/2^+ [624]$ следует считать вполне обоснованным.

Состояние $5/2^+ [642]$

При β -распаде ядер $^{167,169}\text{Lu}$ ($7/2^+ [404]$) возбуждаются уровни полосы $5/2^+ [642] /18,21/$. Мы предприняли поиски этого состояния и при распаде ^{171}Lu . Очевидно, что разрядка этого состояния должна происходить на уровни полосы $7/2^+ [633]$. Мы относим к ротационной полосе

5² [642] уровни 1029,9; 1093,6 и 1153,4 кэВ. С уровня 1029,9 кэВ может идти переход с энергией 934,6 кэВ, наблюдаемый нами в γ -спектрах, но его трудно установить надежно ввиду малой интенсивности и наличия в этом месте пика в фоновом спектре. Спины и четности вышеуказанных уровней на основе определенных мультипольностей переходов и заселения уровней при β -распаде устанавливаются как 5/2⁺, 7/2⁺, 7/2⁺, 9/2⁺ и 9/2⁺, соответственно, что не противоречит рассмотрению их как полосы с последовательностью спинов 5/2⁺, 7/2⁺, 9/2⁺. Вероятности β -распада на рассматриваемые уровни: $\log ft = 9,9$; 9,6 и 9,8, отвечают обычно наблюдаемым для N-запрещенных β -переходов. Отношение приведенных вероятностей γ -переходов с уровня 1093,6 кэВ $R_{\text{расч.}} = 1,5 \pm 0,3$ ближе к расчетному $R_{\text{расч.}} = 2,5$ при K=5/2, чем к $R_{\text{расч.}} = 0,29$ при K=7/2.

Балалаев и др.^{/5/} предполагали, что уровень 1093,6 кэВ является ротационным уровнем типа 11/2⁺, 9/2⁺ [624]. Однако с этим предположением нельзя согласиться, т.к. при этом $\log ft$ должен был быть =13, а не 9,6 /рис.1/. Велико было бы в этом случае и значение параметра A=14,4 кэВ для полосы 9/2⁺ [624]. Для полос с положительной четностью в этой области ядер значение A обычно меньше: 6-9 кэВ^{/22/}.

В полосе состояния 5/2⁺ [642] в ¹⁶⁹Yb наблюдается значительное отклонение от правила энергетических интервалов - I(I+1) вследствие сильного корнелисова взаимодействия уровней полос 5/2⁺ [642] и 7/2⁺ [633]. Можно было ожидать, что в ¹⁷¹Yb будет наблюдаться картина, сходная с ¹⁶⁹Yb^{/18/}: расстояние между основными состояниями этих полос в ¹⁷¹Yb и ¹⁶⁹Yb. Действительно, ротационные параметры, рассчитанные по интервалам между первым и вторым и вторым и третьим уровнями этой полосы в обоих ядрах сильно различаются и обнаруживают одинаковую тенденцию /табл. 4/.

В табл. 5 сравниваются теоретические^{/19/} и экспериментальные, полученные в настоящей работе, значения энергий возбужденных состояний в ядре ¹⁷¹Yb. Все со-

Таблица 4

	$A_{1,2}$ кэВ	$A_{2,3}$ кэВ
^{169}Yb	8,3	6,7
^{171}Yb	9,0	6,7

Таблица 5
Сравнение экспериментальных и теоретических значений
энергии состояний в ядре ^{171}Yb

K^π	$E_{\text{эксп}}$ кэВ	Теория [19]	
		$E_{\text{теор}}$ кэВ	структура
$1/2^-$	0	0	$521 \uparrow 95\%$
$5/2^-$	122,4	10	$512 \uparrow 91\%$
$7/2^-$	95,3	110	$633 \uparrow 97\%$
$9/2^-$	935,1	650	$624 \uparrow 95\%$
$1/2^-$	945 ^{**}	680	$510 \uparrow 47\% ; 512 \uparrow + Q_{11} 43\%$
$5/2^-$	7	690	$523 \uparrow 85\%$
$5/2^+$	1029,9	750	$642 \uparrow 89\%$
$3/2^-$	634,9	750	$514 \uparrow 89\%$
$3/2^-$	902,0	670	$521 \uparrow 62\% ; 521 \uparrow + Q_{11} 31\%$
$3/2^+$		940	$651 \uparrow 60\% ; 651 \uparrow + Q_{11} 27\%$
$1/2^+$		1050	$660 \uparrow 62\% ; 642 \uparrow + Q_{11} 20\%$
$5/2^-$	$\sim 1000^{**}$	1120	$512 \uparrow 51\% ; 514 \uparrow + Q_{11} 23\%$
$1/2^-$		1260	$521 \uparrow + Q_{11} 100\%$
$11/2^+$		1320	$615 \uparrow 2\% ; 633 \uparrow + Q_{11} 98\%$
$3/2^-$	$\sim 1000^{**}$	1330	$521 \uparrow + Q_{11} 100\%$
$3/2^+$		1340	$633 \uparrow + Q_{11} 100\%$
$7/2^-$	1377,1	1450	$503 \uparrow 58\% ; 603 \uparrow + Q_{11} 23\%$
$9/2^-$		1500	$512 \uparrow + Q_{11} 100\%$
$1/2^-$		1500	$512 \uparrow + Q_{11} 100\%$

* Состояние наблюдалось при изучении ядерных реакций ^{171}Yb .

** В настоящей работе наблюдались предельные уровни этих состояний. Энергия основного состояния полосы сдвига.

стояния, которые предсказываются в ^{19}F и которые должны возбуждаться при β -распаде $^{171}\text{Lu}(7/2^+ [404])$, кроме одного, наблюдаются. Состояние с основной компонентой $5/2^- [523]$ и расчетной энергией 690 кэВ не обнаружено. Ротационная полоса, связанная с этим состоянием, наблюдалась нами при распаде $^{169}\text{Lu}(7/2^+ [104]) \rightarrow ^{19}\text{F}$. Значение $\log ft$ для β -распада

$$^{169}\text{Lu}(7/2^+ [404]) \rightarrow ^{169}\text{Yb}(5/2^- [523])$$

равно 8,4. Полученные нами результаты позволяют, по-видимому, утверждать, что в ядре ^{171}Lu состояние $5/2^- [523]$ лежит выше 1,2-1,3 МэВ.

Литература

1. Б.К. Преображенский, А.В. Калямин, О.М. Лилова, А.М. Добронравова, Е.Д. Тетерин. Журнал аналитической химии, ш. 1, 10, 1094, 1956.
2. Ц. Вылов, И.Н. Егошин, М.Г. Маринов, Т.М. Муминов, Б.П. Осипенко, В.Г. Сандуковский, Д. Срънка, Я. Юрковски. Сообщение ОИЯИ, P13-6759, Дубна, 1972.
3. Е. Береги, Ц. Вылов, Й. Крацикова, Ли Чен Сон, Б.П. Осипенко, Л.А. Пермякова, В.Г. Тишин. Сообщение ОИЯИ, P13-6830, Дубна, 1972.
4. D. Vaugneoud, J. Boutet, J. Gizon, J. Valentin. Nucl. Phys., A138, 33 (1969).
5. В.А. Балалаев, Б.С. Желепов, И.Ф. Учевашкин, С.А. Шестопалова. Изв. АН СССР, сер. физ., 35, 18 /1971/.
6. В.А. Балалаев, А.И. Медведев, В.Е. Тер-Нерсисянц, И.Ф. Учевашкин, С.А. Шестопалова. Тезисы XXIV совещания по ядерной спектроскопии /Харьков, 1974/. Л., 1974, стр. 140.
7. B. Harnatz, T.H. Handley, J.W. Mihelich. Phys. Rev., 119, 1345 (1960).
8. М.Г. Иодко, В.А. Романов, В.В. Тучкевич. Изв. АН СССР, сер. физ., 24, 1465 /1960/; 9, ЖЭТФ, 38, 1027. /1960/.
9. Э. Плайнер, Л. Малы, М. Вобецки. Препринт ОИЯИ, 613, ш. 1, стр. 23, Дубна, 1960.

11. В.А.Балалаев, Б.С.Джелепов, Н.Г.Зайцева, А.Т.Медведев, А.Мештер, С.А.Шеснопалова. Препринт ОИЯИ 1915, стр. 8, Дубна, 1964.
12. G.Kaye/ *Nucl.Phys.*, 86, 241 (1966).
13. P.S.Hager, E.C.Seltzer. *Nucl. Data*, 4, No. 1-2 (1968).
14. Н.М.Анжоньева, Б.С.Джелепов. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 25, 1088 /1961/.
15. В.Д.Вишман, Б.С.Джелепов, В.Я.Ефремова. *ЯФ*, 1, вып. 2, 191 /1965/.
16. A.H.Wapstra, N.B.Gove. *Nucl. Data Table*, 9, No. 4-5 (1971).
17. D.Burke, B. Zeidman, B.Elbak, B.Herskind, M.Olesen. *Kgl. Dan. Vid. Selsk. Mat. Fys. Medd.*, 35, No. 2 (1966).
18. Н.А.Бонч-Осмоловская, К.Я.Громов, Т.А.Исламова, А.Ш.Хамидов. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 37, 972 /1973/.
19. Ф.А.Гареев, С.П.Иванова, В.Г.Соловьев, С.И.Федотов. *ЭЧАЯ*, т. 4, вып. 2, 355 /1973/.
20. C.M.Lederer, J.M.Hollander, J.Perlman. *Table of Isotopes*, New York (1967).
21. А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов, В.Звольска, Т.А.Исламов, Х.Шпрусный. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 35, 698 /1971/.
22. M.E.Bunker, C.W.Reich. *Rev.Mod. Phys.*, 43, 348 (1971).

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июня 1974 года.

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам, научным группам и отдельным ученым более 50 стран.

Мы ожидаем, что получатели изданий ОИЯИ будут сами проявлять инициативу в бесплатной посылке публикаций в Дубну. В порядке обмена принимаются научные книги, журналы, препринты и иного вида публикации по тематике ОИЯИ.

Единственный вид публикаций, который нам присылать не следует, - это репринты /оттиски статей, уже опубликованных в научных журналах/.

В ряде случаев мы сами обращаемся к получателям наших изданий с просьбой бесплатно прислать нам какие-либо книги или выписать для нашей библиотеки научные журналы, издающиеся в их странах.

Отдельные запросы

Издательский отдел ежегодно выполняет около 3 000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.*



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 18272. Тираж 454. Уч.-изд. листов 0,85.
Редактор О.С.Виноградова, Подписано к печати 5.8.74 г.