

С 341.28 + С 341.16

Б-817

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

6 - 4243



Н.А.Бонч-Осмоловская, Е.П.Григорьев,
Я.Липтак, Я.Урбанец

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ^{169}Yb

ИЗ РАСПАДА ^{169}Lu

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1969

6 - 4243

Н.А.Бонч-Осмоловская, Е.П.Григорьев,
Я.Липтак, Я.Урбанец

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ¹⁶⁹Yb

ИЗ РАСПАДА ¹⁶⁹Lu

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

4689/1 up.

В в е д е н и е

Ядро ^{169}Yb лежит в области сильнодеформированных ядер; в нем известно несколько десятков возбужденных состояний. Большое количество ротационных полос делает его интересным с точки зрения теоретических изысканий и систематики нечётных ядер этой области.

В ряде работ ^{169}Yb изучался по ядерным реакциям типа (d, p) (d, t) ^{/1/} и (n, γ) ^{/2-4/}.

В работе Бёрка и др. ^{/1/} мишени иттербия, обогащенные ^{168}Yb и ^{170}Yb , облучались дейтронами с энергией 12 Мэв на тандем-генераторе.

Сравнительно большое сечение захвата тепловых нейтронов ^{168}Yb позволяет успешно исследовать ^{169}Yb в реакции (n, γ) . Большим преимуществом здесь является простота построения схемы: разрядка ядра идет с одного захватного состояния, и каждому жесткому γ -переходу с него соответствует свой уровень. Ввиду большой плотности верхних состояний требуется большая точность в измерениях γ -спектра. В недавно вышедшей работе Михаэлиса и др. ^{/4/} эксперимент проведен в очень хороших условиях: γ -спектр измерялся на $\text{Ge}(\text{Li})$ - антикомptonовском γ -спектрометре с высоким разрешением. Эта работа вместе с работой ^{/3/}, где измерялся еще и спектр конверсионных электронов, и работой ^{/2/}, дает обширную информацию о ядре ^{169}Yb из реакции (n, γ) . Тем не менее она не может считаться полной, так как в (n, γ) будут заселяться, главным образом, состояния с малыми спинами $1/2^-$, $3/2^-$, т.к. спин исходного захватного состояния ^{169}Yb равен $1/2^+$.

При β -распаде ^{169}Lu , имеющего характеристики основного состояния $7/2$, $7/2 + /404/$, напротив, будут преимущественно заселяться уровни с большими спинами. Результаты изучения распада ^{169}Lu и реакции $^{168}\text{Yb}(\alpha, \gamma)^{169}\text{Yb}$ дополняют друг друга. К настоящему времени имеется только одна работа Хармарца и др. ^{/5/}, где строилась схема уровней ^{169}Yb из β -распада. Авторами ^{/5/} на β -спектрографе измерялся спектр конверсионных электронов ^{169}Lu . Источники ^{169}Lu получены путем облучения протонами с энергией 22 Мэв обогащенных мишеней иттербия с последующей химической обработкой и выделением ^{169}Lu на масс-сепараторе. Кроме того, имеется ряд других работ, где измерялся спектр конверсионных электронов, возникающих при распаде ^{169}Lu ^{/6-9/}. На основе этих данных в книге Джелепова, Пекера, Сергеева ^{/10/} схема ^{169}Yb дополняется рядом состояний, вводимых по энергетическому балансу. Недостатком схемы распада ^{169}Yb , построенной в работе ^{/5/}, равно как и в ^{/10/}, является отсутствие мультипольностей жестких γ -переходов, так как не измерялся спектр γ -лучей. Цель настоящей работы - исследование спектра γ -лучей из распада ^{169}Yb , установление мультипольностей γ -переходов, проверка схем, данных в ^{/5/} и ^{/10/}, определение возможности заселения полос в ^{169}Yb , наблюдающихся в реакциях ^{/1-4/} при β -распаде, а также поиски новых возбужденных состояний в ^{169}Yb .

Приборы и источники

Измерения проводились на $\text{Ge}(\text{Li})$ - γ спектрометре с детекторами объемом 8 и 12 см³ и разрешением 4,5 и 5,5 кэв, соответственно, на линиях ^{60}Co . Источниками служила Lu -фракция, выделенная хроматографически из танталовой мишени после облучения ее протонами с энергией 860 Мэв.

Результаты измерений

Результаты измерений приведены в таблице 1. Энергии γ -переходов определялись следующим образом: до 500 кэв использовались

значения энергий γ -переходов в ^{169}Yb по данным работы ^{/5/}, в области 1176-1529 кэВ - по данным ^{/9/}, выше 1529 кэВ - значения E_γ , данные в ^{/8/}, уточнялись по нашим измерениям γ -спектра. В переходной области от 500-1176 кэВ E_γ определялись из работы ^{/5/} с поправками, определяемыми из измерений с другими ядрами. В качестве контроля здесь брались значения E_γ для переходов γ 960,3 кэВ и γ 1184,5 кэВ из работы ^{/9/}.

Значения интенсивностей I_k использовались для переходов до 1176 кэВ из работы ^{/5/}, в интервале 1176-1529 кэВ - из работы ^{/9/} и выше 1529 кэВ - из работы ^{/8/}.

Для получения a_k эксп. необходимо значения I_k ^{/1/} из колонок (2) и (3) умножить на величину $4,85 \cdot 10^{-3}$, определенную из измерений коэффициентов конверсии для γ -переходов 960,3 и 1184,5 кэВ. В колонке (7) приводятся полные интенсивности γ -переходов до 404 кэВ. Для сложных пиков они определялись из мультипольности переходов. В случае смешанной мультипольности расчёт проводился для доминирующего типа. В колонке (6) указывается расположение соответствующего γ -перехода между уровнями ^{169}Yb .

Среди линий γ -спектра имеется переход 1069,7 кэВ, высокое значение a_k для которого заставляет приписать ему значение мультипольности M^4 или $E0 + E2 + (M1)$. Участок, где расположен γ 1069,7 кэВ показан на рис. 1.

В работе ^{/3/} в (α, γ) реакции также наблюдали $E0$ -переходы, но среди них нет γ 1069,7 кэВ. Переходы типа $E0$ 1266,4 кэВ, и 1283,3 кэВ, обнаруженные Прокофьевым и др. ^{/3/}, возможно, того же типа, что и при β -распаде, но ввиду большой погрешности измерения в первом случае и сложности пика во втором, нельзя исключить и другие мультипольности для них.

Для интенсивного γ -перехода 1450,5 кэВ получается малое значение a_k . Возможно, это следует из заниженной погрешности I_k . Измерение конверсии для этого перехода затруднено, так как он находится на фоне очень сильного перехода ^{170}Lu 1449,9 кэВ типа $E0$.

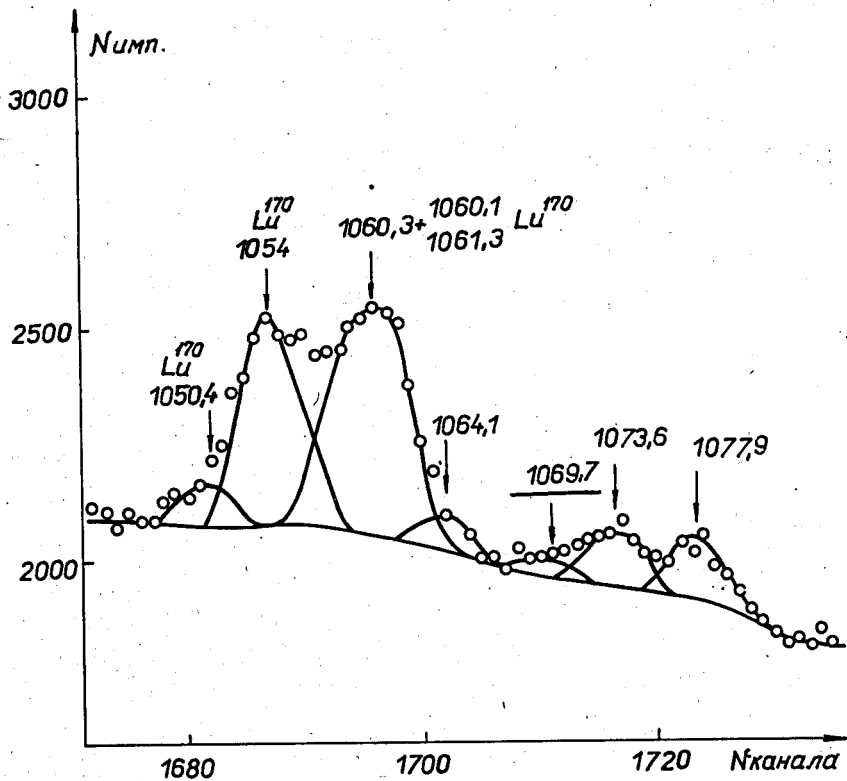


Рис. 1. Участок γ -спектра ^{170}Lu от 1050-1085 кэв.

Полученные результаты позволили нам пронаблюдать, как заполняются из распада ^{169}Lu известные из реакций полосы в ^{169}Yb , дополнить и уточнить рассмотренные в $^{15/}$ возбужденные состояния, проанализировать правомочность введения некоторых уровней в $^{10/}$, а также рассмотреть возможность введения ряда новых высоколежащих состояний. Схема распада ^{169}Lu приведена на рис. 2 (а,б).

Обсуждение результатов

Полоса основного состояния $7/2^+/633/$

Из распада ^{169}Lu Харматцем и др. $^{15/}$ был введен уровень основной полосы 70,85 кэв со спином $9/2^+$, разряжающийся одним прямым переходом. В реакциях $(d, p)(d, t)$ $^{11/}$ был также обнаружен этот уровень и, кроме того, еще состояние этой полосы 266 кэв $13/2^+$, не проявляющееся при β -распаде. Как промежуточный, со спином $11/2^+$, был введен уровень 157 кэв, однако, он слабо возбуждается в реакциях. Учитывая это, а также точность измерения энергий $^{11/}$, мы предполагаем, что уровень со спином $11/2^+$ имеет энергию 161,6 кэв, и его разрядка осуществляется внутри ротационной полосы двумя γ -переходами 161,7 и 90,75 кэв. Величины инерционных параметров для уровней полосы основного состояния согласуются между собой:

E	ур. кэв	70,85	161,6	266
A = $\hbar^2/2J$		7,9	8,25	8,0

Полоса $1/2^-/521/$

Данная полоса проявляется вплоть до уровня со спином $9/2^-$ как при β -распаде $^{15/}$, так и в реакциях $(d, p)(d, t)$ $^{11/}$ (состояние 264,2 кэв только в (d, t)). В (n, γ) -реакции заселяются два нижних состояния 24,25 кэв $1/2^-$ и 87,0 кэв $3/2^-$, причём уровень 87,0 кэв заселяется самым сильным переходом в спектре (n, γ) . Уровень 99,25 кэв $5/2^-$ разряжается одним переходом 75,0 кэв, хотя возможно очень сильное заселение его сверху.

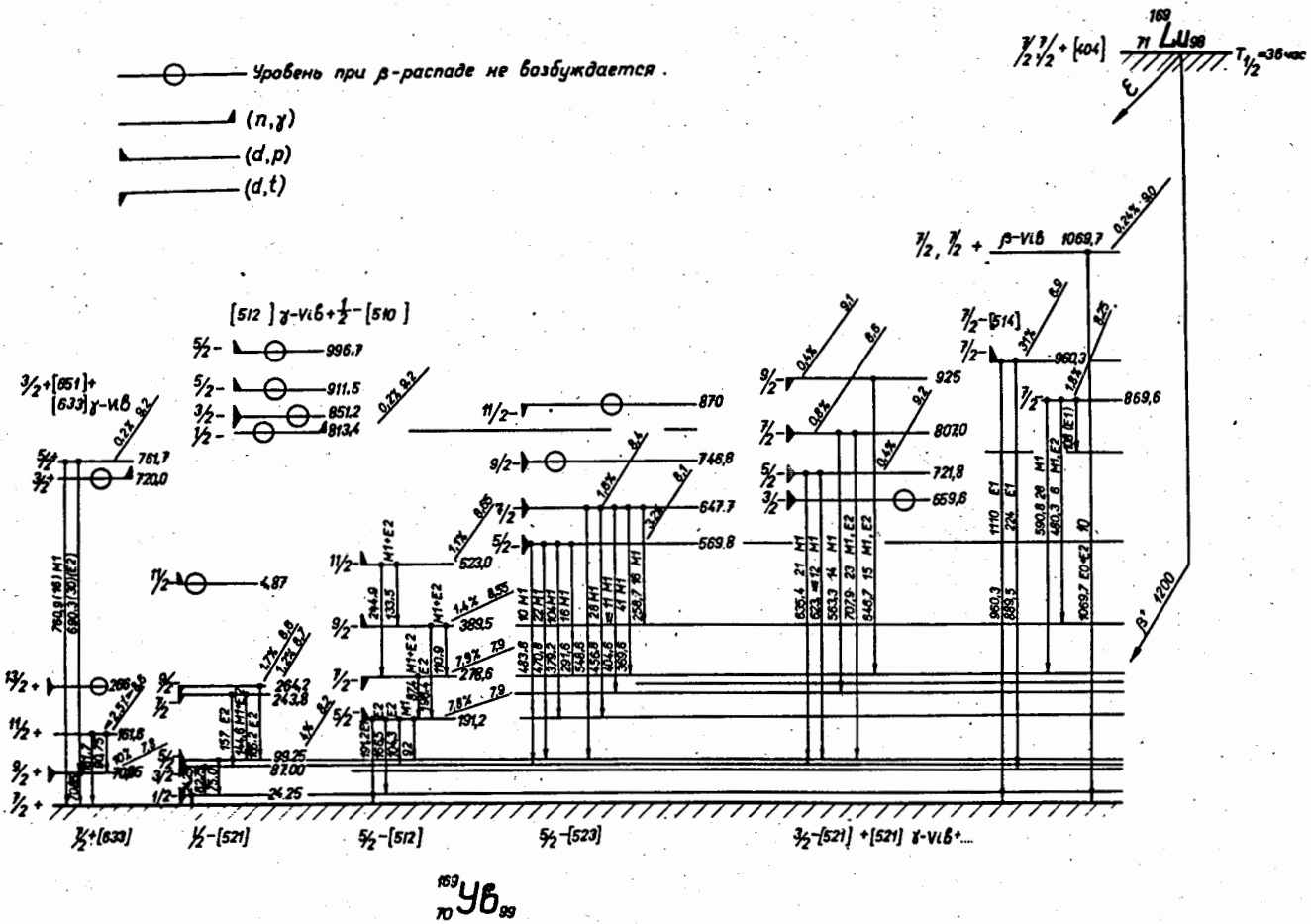
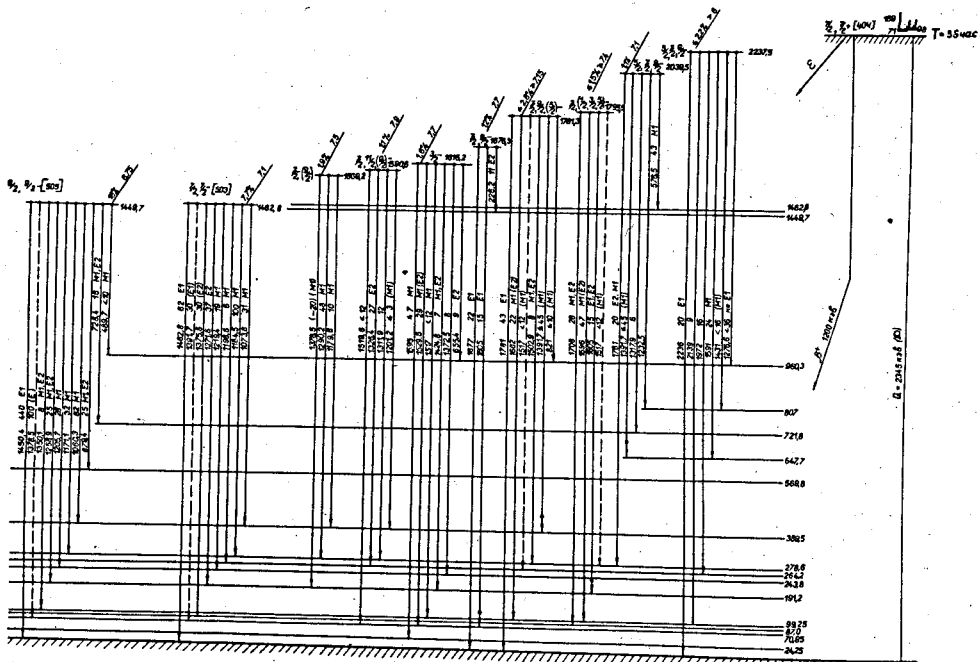


Рис. 2. (а) Схема уровней 109 Уб до 1100 кэв.



УР
70 09

Рис. 2. (б) Схема уровней 100 УБ выше 1100 кэв.

Интенсивности γ -переходов, разряжающих уровень 243,8 кэВ $7/2^-$, при β -распаде и в (n, γ) одинаковы (таблица 2). С уровня 264,2 кэВ идет один γ -переход 165,2 кэВ. Последний известный уровень полосы $487\ 11/2^-$ был условно введен Берком и др.^{/1/}. Возможно, он слабо проявляется в реакции (d, p) . Из β -распада ^{169}Lu также не получено надежных данных для его введения.

Полоса $5/2^-$ /512/

Уровни этой полосы проявляются при β -распаде. Впервые она была введена Харматцем и др.^{/5/} по энергиям ротационных переходов. Они также возбуждаются в (d, p) - реакции (кроме уровня 278,6 кэВ, который проявился в реакции (d, t)). Головной уровень полосы $191,2\ \text{кэВ}\ 5/2^-$ вводится по балансу энергий переходов. Известны три γ -перехода, идущие с этого уровня, а в нашем спектре проявился еще переход 166,5 кэВ, который можно направить на состояние 24,25 кэВ, $1/2^-$. Экспериментальные данные не противоречат приписанию ему мультипольности $E2\ (5/2^- \rightarrow 1/2^-)$. С ротационного уровня 278,6 кэВ, $7/2^-$ идет один γ -переход 87,4 кэВ типа $M1 + E2$. С уровня 389,5 кэВ, $9/2^-$ размещено два перехода 110,9 кэВ $E2 + M1$ и 198,4 кэВ $E2$, идущих внутри ротационной полосы. Переход 198,4 кэВ проявляется только при β -распаде, γ 110,9 кэВ также в (n, γ) - реакции. Со следующего уровня 523,0 кэВ $11/2^-$ Харматцем и др.^{/5/} введен только один переход 133,5 кэВ типа $M1 + E2$. Балансу энергий не противоречат введение еще γ -перехода 244,9 кэВ на уровень 278,6 $7/2^-$. Согласно этому размещению, мультипольность его должна быть типа $E2$. Зная интенсивности двух переходов $I \rightarrow I-1, M1 + E2$ и $I \rightarrow I-2, E2$ и предполагая, что выполняется правило интенсивностей для конкурирующих $E2$ -переходов, мы определили параметр $S^2 = (\epsilon_K - \epsilon_R)^2 / Q_0^2$ для двух ротационных состояний полосы $S^2(389,5) = 0,28 \pm 0,14$ и $S^2(523,0) = 0,20 \pm 0,10$. Из близких значений S следует, что сохраняется магнитный параметр $(\epsilon_K - \epsilon_R)$ внутри полосы. Полученный результат может служить также доводом в пользу предложенного размещения перехода 244,9 кэВ.

Инерционный параметр $\hbar^2/2J$ для этой полосы равен 12,5 кэВ (таблица 4).

Полоса 5/2⁻/523/

Головной уровень 569,8 кэВ, 5/2⁻ этой полосы проявляется в реакциях (d, p) (d, t) и при β -распаде. Отношения интенсивностей γ -переходов, разряжающих его при β -распаде и в (p, γ) -реакциях очень хорошо согласуются между собой за исключением перехода 570,15 кэВ, который наблюдали в (p, γ) -реакции и направили с этого уровня в основное состояние. Этот переход не проявился при β -распаде и, следовательно, его интенсивность должна быть, по нашим оценкам, по крайней мере, в два раза меньше, чем I_γ (483,8 кэВ) и, таким образом, только $< 0,1 I_\gamma$ (570,15 кэВ) в (p, γ) -реакции может относиться к данному переходу в основное состояние. Относительная приведенная вероятность $R(M1)$ для γ -переходов, разряжающих этот уровень на уровни 191,2 и 278,6 кэВ полосы 5/2⁻/523/, определенная из экспериментальных данных, хорошо согласуется с теоретической величиной (таблица 3).

Уровень 647,7 кэВ 7/2⁻ проявился в реакциях (d, p) (d, t) и в β -распаде. Разрядка его идет на те же полосы, что и разрядка уровня 569,8 кэВ. Интенсивности переходов с него из β -распада и (p, γ) -реакции хорошо совпадают между собой (таблица 2). Переход 383,67 кэВ слабый и, по-видимому, поэтому не наблюдается в спектрах при β -распаде. Переход 405,05 в работе ^{/4/} не включен в схему как ненадежный, хотя по балансу энергий и по мультипольности $M1$ нет противоречий для размещения его здесь.

Авторы работ ^{/5/} и ^{/4/} направили γ -переходы 646,7 и 576,5 кэВ с этого уровня на полосу основного состояния. Однако мультипольности этих переходов, согласно нашей работе, оказались $(M1, E2)$ и $M1$ соответственно и, следовательно, они не могут быть расположены в этом месте схемы между уровнями с различной четностью. Кроме того, их

относительная интенсивность в распаде ^{169}Lu в несколько раз меньше, чем в (n, γ) - реакции по сравнению с другими γ - переходами, идущими с этого же уровня. Таким образом, уровни γ 646,7 кэВ и γ 576,5 кэВ должны быть расположены в другом месте. Мы предполагаем, что переход 646,7 кэВ происходит между уровнями 925 кэВ ($9/2^-$) и 278,6 кэВ, а 576,5 кэВ, возможно, идет с высокого уровня: 2039,5 ($5/2^+$, $7/2^-$, $9/2^-$) \rightarrow 1462,8 кэВ ($7/2^-$). Оценка относительных вероятностей переходов $\nu(M1)$ с уровня 647,7 кэВ на полосу $5/2^-/512/$ из экспериментальных данных согласуется в пределах погрешностей с теоретической оценкой (таблица 3). Инерционный параметр $\hbar^2/2J$ для этой полосы равен 11,0 кэВ (таблица 4).

Полоса $3/2^-/521/ + /521/ \gamma\text{-vib} + \dots$

Первый уровень этой полосы 659,6 кэВ $3/2^-$, проявляющийся в (d, p) -, (d, t) и (n, γ) - реакциях, не заселяется при β - распаде, так как совсем не видна сильная в (n, γ) линия 572,51 кэВ. Следовательно, практически всю интенсивность линии 635,4 кэВ, которая также могла бы идти с этого уровня, следует разместить между состояниями 721,8 и 87,0 кэВ (рис. 2). С уровня 721,8 кэВ, второго в этой ротационной полосе, идет также слабый переход 623 кэВ, но в β -распаде не проявились слабые переходы 478,20 и 442,81 кэВ, которые наблюдались в (n, γ) -реакции ^{14/}. Уровень 807,0 кэВ возбуждается во всех ядерных реакциях. Отношение интенсивностей двух уходящих с него переходов в пределах погрешности одинаково в (n, γ) - реакции и в β -распаде (таблица 2). Отношения приведенных вероятностей для разрядки уровней 721,8 и 807 кэВ, полученные из экспериментальных значений, расходятся с теоретическими. Это, по-видимому, происходит вследствие смешивания состояний.

Уровень 925 кэВ, проявившийся в реакции (d, t) , возможно, заселяется и в β -распаде. С него может идти γ -переход 646,7 кэВ мультипольности $M1, E2$ на уровень 278,6 кэВ $7/2^-$. Инерционный параметр $\hbar^2/2J$ для этой полосы равен 12,3 (таблица 4).

Полоса $3/2^+$ /651/ + /633/

Данная полоса возбуждается слабо при β -распаде. Уровень 720,0 кэв, $3/2^+$ не проявился, так как нет сильного γ -перехода 720 кэв, который наблюдали в (n, γ) - реакции. Уровень 761,7 кэв $5/2^+$ мы видим по двум переходам 760,9 и 690,3 кэв, отношения интенсивностей которых в β -распаде и в (n, γ) - реакциях приблизительно равны (таблица 2). Оба перехода разряжаются на полосу основного состояния. Противоречий в мультипольностях нет. Инерционный параметр $\hbar^2/2J$ для этой полосы равен 8,35 (таблица 4).

Полоса /512/ γ - vib. + $1/2^-$ /510/

Уровень 819,4 кэв $1/2^-$ наблюдался в (n, γ) - реакции. С него идет сильный переход с энергией 726,36 кэв. Мы наблюдаем в спектре при β - распаде линию 725,8 кэв. Противоречий в мультипольности нет. Однако то, что другие уровни этой полосы не проявились, заставляет нас тем более считать маловероятным и возбуждение первого состояния со спином $1/2^-$.

Полоса $5/2^+$ /642/

Ни один из уровней этой полосы, возбуждающейся в $(d, p) - (d, t)$ - реакциях ¹¹, не проявился при β - распаде ¹⁶⁹Lu. Отсутствие прямого β - распада может быть связано с сильным запретом по асимптотическим квантовым числам.

Уровень 869,6 кэв

В книге Желепова и др. ¹⁰ указан уровень 870,1 кэв, с которого идут переходы 591,4, 480,5 и 708,9 кэв. Мы видим уровень 896,6 кэв со спином $7/2^-$, разрядка которого осуществляется γ -переходами 590,8, 480,3 и 108 кэв. Линия 707,9 кэв, которая, согласно ¹⁰, идет

на уровень 161,6 кэв с положительной чётностью, не может быть размещена здесь, так как ее мультипольность $M1, E2$. Мы считаем, что она расположена между уровнями 807 кэв ($7/2^-$) и 99,25 кэв ($3/2^-$).

По-видимому, имеются два близко расположенных состояния 869,6 кэв $7/2^-$ и 870 кэв, $11/2^-$, $K = 5/2$. Разница в спинах обуславливает и различие в способах разрядки этих уровней, откуда следует, что обсуждаемому состоянию 869,6 кэв нельзя приписать спин $11/2$.

Уровень 960,3 кэв $7/2, 7/2^- /514/$

Харматцем и др.^{/5/} было введено состояние 962,4 кэв с самым сильным заселением из распада ^{169}Lu . Оно также проявляется в (α, p) - реакции^{/1/}. Согласно уточненным данным, с него идут переходы 960,3 и 889,5 кэв, мультипольность которых из наших измерений получается $E1$. Соотношение приведенных вероятностей переходов на основную полосу из экспериментальных данных хорошо согласуется с теоретическим (таблица 3). На основе схемы Нильссона Харматцем и др.^{/5/} этому состоянию были приписаны характеристики $7/2^- /514/$. В работе^{/4/} вводится ротационное состояние над ним с энергией 1064 кэв. Однако для введения его при β -распаде у нас нет никаких оснований. В спектре имеется переход 1064,1 кэв, но мультипольность его не $E1$. Другие переходы с него тоже разместить нельзя.

Уровень 1449,7 кэв $9/2, 9/2^- /505/$

В работе^{/5/} энергия этого уровня была определена как 1452 кэв, и разрядка с него осуществлялась пятью γ -переходами. Мы считаем, что с него может идти девять γ -переходов, мультипольности которых не противоречат общей схеме и, возможно, здесь же частично расположен γ -переход 1378,5 кэв. Усредняя энергию уровня по всем γ -переходам, мы получили значение для него 1449,7 кэв, при этом, согласно балансу энергий для всех линий, нет отклонений больше, чем на 0,5 кэв,

за исключением прямого перехода 1450,4 кэв, ошибка в определении E_{γ} для которого, видимо, несколько занижена в работе^{/9/}. Это можно связать с наличием близкого по энергии и очень интенсивного перехода в распаде ^{170}Lu .

С учётом значения $\log ft$ для β -распада на этот уровень в работе^{/5/}, согласно схеме Нильссона, ему были приписаны характеристики $9/2, 9/2 - /505/$. Из наших данных получается $\log ft = 6,75$, что также указывает на тип β -перехода как первого порядка запрещения незадержанный (1_{π}) (таблица 5). Сопоставление относительных приведенных вероятностей $R(E1)$ с этого уровня на основную полосу дало хорошее согласие между экспериментальными и теоретическими значениями (таблица 3).

Уровень 1462,8 кэв $7/2, 7/2^- /503/$

Харматцем и др.^{/5/} введено в схему ^{169}Yb состояние 1465 кэв, разряжающееся четырьмя γ -переходами. Среднее значение энергии по различным переходам у нас получается 1462,8 кэв. Мы дополняем число переходов с этого уровня до восьми. Все они совместимы по мультипольности, за исключением перехода 1391,7 кэв, мультипольность которого $E2$. При общей сложности схемы ^{169}Yb и ввиду отсутствия причин, мешающих разрядке уровня 1462,8 кэв на второе состояние $9/2$ основной полосы, можно предположить, что здесь присутствует часть γ 1391,7 кэв мультипольности $E1$, а другая же его часть будет типа $M1$ и размещена в другом месте. Исходя из этого, мы оценили его возможную интенсивность $I_{\gamma}(E1) \approx 30$. При этом экспериментальная величина $R(E1)$ для разрядки уровня 1449,7 кэв на основную полосу в пределах погрешностей совпала с теоретической. Оценивая возможный тип β -распада на уровень 1462,8 кэв, согласно схеме Нильссона, в работе^{/5/} это состояние было определено как одночастичное типа $7/2, 7/2^- /503/$. По нашим данным, тип β -распада на этот уровень также получается первого порядка запрещения, незадержанный (1_{π}) (таблица 5).

γ и β вибрационные уровни

В близких к ^{169}Yb чётно-чётных ядрах ^{168}Yb и ^{170}Yb известны γ -вибрационные состояния с энергиями 986 и 1140 кэВ. В работе Бёрка и др. $^{11/1}$ γ -вибрационным уровнем основного состояния ^{169}Yb считается уровень 720 кэВ, $3/2^+$. По-видимому, это - нижняя компонента дублета $7/2^+ \pm 2$, а верхняя - $11/2^+$ - должна быть расположена при ≈ 1400 кэВ.

Бета-вибрационные уровни в ^{168}Yb и ^{170}Yb имеют энергии 1150 и 1065 кэВ соответственно. Примерно такую же энергию может иметь β -вибрационный уровень в ^{169}Yb . Так как его характеристики $7/2^+$ - такие же, как и у основного состояния, то он должен заселяться при распаде ^{169}Lu и разряжаться $E0 + E2$ переходом в основное состояние. В силу этих соображений мы предполагаем, что переход 1069, 7 кэВ соответствует разрядке β -вибрационного уровня, так как его мультипольность $E0 + E2$.

На второй уровень основной полосы мог бы идти с него γ -переход с энергией 998,8 кэВ мультипольности $E2$. Оценивая его интенсивность по правилам Алага, получаем $I_\gamma \approx 5$ и, соответственно $I_K \approx 3$. Такой слабый переход как в измерениях γ -спектра, так и в измерениях спектра конверсионных электронов $^{15/}$ заметить трудно.

Уровни с энергией > 1500 МэВ

При введении уровней по балансу энергий прямых и каскадных γ -переходов возникает большая вероятность появления случайных сумм энергий, двух, трех и более каскадов. Ввиду большой плотности уровней в нижней части схемы можно избежать появления ложных уровней, только принимая во внимание дополнительные физические факты. К ним мы относим совместимость мультипольностей γ -переходов, идущих на известные уровни, и считаем более предпочтительными из возможных уровней те, которые распадаются на уровни одной ротационной полосы.

Трудности построения схемы распада можно показать по результатам изучения (n, γ) - реакции $^{14}/$. При энергиях от 1 до 2,5 Мэв проявилось приблизительно 30 уровней по прямым γ -переходам с захватного состояния $1/2^+$. В действительности их значительно больше, так как на многих из уровней с $I = 1/2$ и $3/2$ могут существовать ротационные уровни со спинами $5/2, 7/2, 9/2$, которые могут проявиться при β -распаде ^{189}Lu с $I^\pi = 7/2^-$. К ним следует добавить неротационные уровни, количество которых еще больше. Из этих оценок следует, что в среднем уровни идут через 5 кэв и поэтому имеется возможность оценить лишь те из них, которые заселяются с большой вероятностью. К ним мы относим состояния: 1569,2, 1590,6, 1616,2, 1676,3, 1781,3, 1795,5, 2039,5 и 2237,5 кэв (рис. 26).

Точность энергетического баланса для них не выходит за пределы 0,5 кэв для подавляющего большинства линий, исключая только уровень 2237,5 кэв, энергия переходов с которого измерена с меньшей точностью.

Со всех приведенных уровней наблюдается разрядка на определенные полосы. Относительные приведенные вероятности их разрядки $R(L)$ показаны в таблице 3.

Среди перечисленных состояний в реакции (n, γ) наблюдалось только одно - 1616,2 кэв $3/2^- / 3,4/$. Оно разряжается γ -переходами на 4 уровня полосы $1/2^- / 521/$. Энергии переходов, идущих с него, в (n, γ) - реакции $^{14}/$ совпадают с нашими значениями. В интенсивностях тоже нет явных противоречий (таблица 2), хотя естественно, что в наших условиях заселенность его невелика и γ -переходы идут слабые, кроме γ 1529,6 кэв. Вероятности разрядки его на полосу $1/2^- / 521/$ приведены в таблице 3. Уровень 1781,3 кэв был введен Джелеповым и др. $^{10}/$ в схему ^{189}Yb . Энергия его равнялась 1784,4 кэв. Однако только два из γ -переходов, идущих с него, можно оставить в этом месте схемы, это 821 и 1781 кэв. Переход 1708 кэв имеет мультипольность $M1$ или $E2$ и не может идти на уровень с положительной четностью, а для γ 1591 кэв получается отклонение в балансе энергий несколько большим, и мы считаем, что он может быть с большей вероятностью расположен в другом месте. Оценка $\log ft$ для β -распада

на вводимые нами уровни лежит в пределах 7,0-7,9 (таблица 5). Если предположить, что в них присутствует какая-то доля одночастичных состояний, то, согласно систематике для β -распада в нечетных ядрах, приводимой в работе ^{11/} (таблица 6), это должны быть разрешенные заторможенные "ah"- или первого порядка запрещения незаторможенные "1u"- β -переходы. "ah" исключается, так как все уровни имеют отрицательную четность. Следовательно, возможен β -распад типа "1u".

Среди возможных одночастичных состояний, согласно схеме Нильссона ^{12/}, для параметра деформации 0,3, присущего этой области ядер, остается одно незанятое состояние, для которого не будет запрета по асимптотическим квантовым числам из распада ¹⁶⁹Lu 7/2⁺ /404/. Это 5/2⁻ /503/. Следует ожидать, что уровень с подобной природой будет распадаться, вероятнее всего, на полосу $K^\pi = 5/2^-$. Среди вводимых состояний имеется 1569,2 кэВ, 7/2⁻, (9/2⁻), распадающееся на три уровня одной полосы 5/2⁻ /512/. Возможно, оно является уровнем ротационной полосы, основанной на состоянии 5/2⁻ /503/. Относительные приведенные вероятности для разрядки его на полосу 5/2⁻ /512/, полученные из экспериментальных оценок, в пределах погрешностей не противоречат теоретическим, что может также служить доводом в пользу того, что хотя бы часть примеси состояния с $K^\pi = 5/2^-$ должна быть ему присуща. Характер остальных уровней не ясен. При их большой плотности будет очень сильным эффект смешивания.

β - распад

Для определения заселенности уровней ¹⁶⁹Уь. значений $\log ft$. соответствующих β -переходам на них, и определения типов β -распада нами был оценен баланс интенсивностей при распаде ¹⁶⁹Lu. 100% составляла сумма интенсивностей γ -переходов, идущих на основное состояние, что составило в единицах таблицы 1_γ (колонка 3) величину 4100. Оценка интенсивности K -рентгеновских лучей по Харматцу ^{5/} составляет величину, меньшую 4870. Вычет полной интенсивности конвер-

сионных электронов (970 ед.) дает значение для 100% распада $^{169}\text{Lu} < 3900$, что неплохо согласуется с нашей величиной 4100. Полученные в результате этого заселенности уровней и соответствующие им $\log ft$ указаны на схеме распада (рис. 2). В таблице 5 приведены возможные виды β -переходов при распаде ^{169}Lu .

В обзоре Громова дана систематика для β -распада в нечётных ядрах сильнодеформированной области 111 . Пределы для $\log ft$, полученные из ряда экспериментальных работ, имеют более высокое значение, чем полученные из расчётов Нильссона-Моттельсона и из расчётов Соловьева с поправками на сверхтекучую модель (таблица 6).

Наши данные для β -перехода типа "ah" на уровень $9/2^+$ 70,85 кэВ основной полосы лучше совпадают с систематикой, составленной по экспериментальному материалу.

$\log ft$ для β -переходов типа "1u" на уровни 960,3, 1449,7, 1462,8 кэВ не выходят за пределы, определяемые расчётами Нильссона-Моттельсона и Соловьева.

Нет противоречий с таблицей 6 и для β -переходов типа "1u" для распада ^{169}Lu на нижние полосы ^{169}Yb . Все значения $\log ft \geq 7,9$.

Л и т е р а т у р а

1. Burke D.G., Zeidman B., Elbeck B., Herskind B., Olesen M. *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.* 35, No. 2 (1966).
2. Shera E.B., Bunker M.E., Sheline R.K., Vegos S.H. *Preprint University of California.* (1967).
3. Бондаренко В., Прокофьев П., Манфрасс П., Андреев А. Доклад на международном симпозиуме по структуре ядра, г. Дубна, июль 1968 г.
4. Michaelis W., Weller F., Schmidt H., Markus G., Fanger U. *Nucl. Phys.* 119 A (1968) 609.
5. Harmatz B., Handley T.H., Mihelich J.W. *Phys. Rev.* 119, (1960) 1345.
6. Иодко М.Г., Романов В.А., Тучкевич В.В. *Изв. АН СССР, сер. физ.* 24 (1960) 1465.

7. Plajner Z., Maly L., Vobecky M. *Czechoslovak Journ. of Phys.* 2 (1961) 128 Sec. B.
8. Dzhelepov B.S., Medvedev A.L., Shestopalova S.A., Uchevatkin I.F. *Nucl. Phys.* 56 (1964) 283.
9. Балалаев В.А., Желепов Б.С., Медведев А.И., Тер-Нерсесянц В.Е., Учеваткин И.Ф., Шестопалова С.А. Доклад на 10 совещании по ядерной спектроскопии и теории ядра. г. Дубна, июнь 1967.
10. Желепов Б.С., Пекер Л.К., Сергеев В.О. Схема распада радиоактивных ядер. (1963). Изд. АН СССР.
11. Структура сложных ядер (1966), стр. 306. Атомиздат.
12. Gustavson G., Lamm I.L., Nilson B., Nilsson S.G. Доклад на совещания в Лизекилле, Швеция, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел

4 января 1969 года.

Таблица 1

Переходы в ^{169}Yb , возникающие при распаде ^{169}Lu

E_{γ} кэВ	$\frac{I_{\kappa}}{I_{\kappa}^{169\text{Lu}}}$ · 100 [с][р][g]	$\frac{I_{\gamma}}{I_{\gamma}^{169\text{Lu}}}$ · 100 эксп	$\alpha_{\kappa} \cdot 10^3$ эксп.	Тип мульти- польнос- ти	Переход $E_i \rightarrow E_f$	T_e в eq.(3)
1	2	3	4	5	6	7
24,25	(28600)и	-	-	E3	24,25 -- 0	>224(н)
62,75	(36000)и	(32)р	-	MI+E2	87,0 -- 24,95	480(н)
70,85	≈8650	(9I)р	-	MI+(E2)	70,85 -- 0	855(н)
75,0	сл.	(I5)р	-	E2	99,25 -- 24,95	142(н)
87,4	>33300	I45±I0	>III0	MI+(E2)	278,6 -- I9I,2	685(н)
90,75	> 9300	} 32±7	I700	MI,MI+E2	I6I,6 -- 70,85	66
92,0	II300			MI	I9I,2 -- 99,95	68
I04,35	9650	38±8	I230	MI+(E2)	I9I,2 -- 87,0	86
I08,0	I330	} I38±I0	I200	(E1)	869,6 -- 76I,7	38
IIO,9	>28000			E2+MI	389,5 -- 278,6	272(н)
I33,5	~ 2660	I5±5	860	MI+(E2)	523,0 -- 389,5	22
I44,6	4650	32±7	7I0	E2+MI	243,8 -- 99,25	4I(н)
I57,0	3830	73±8	250	E2	243,8 -- 87,0	I09
I6I,7	(I500)р	25±8	-	(E2)	I6I,6 -- 0	39
I65,2	4830	} I08±II	220	E2	264,2 -- 99,25	I32
I66,5	665			(E2)	I9I,2 -- 84,25	24
I9I,4	9650	I050±50	44,5	E1	I9I,2 -- 0	II05
I98,4	I000	33±II	I50	E2	389,5 -- I9I,2	4I
226,2	~ 233	II±5	I00	E2	I676,3 -- I449,7	I3
244,9	(370)р	20±6	-	(E2)	523,0 -- 278,6	22,5
258,7	900	I6±6	270	MI	647,7 -- 389,5	20
29I,6	800	I6±6	240	MI	569,8 -- 278,6	20
369,6	800	4I±5	94,5	MI	647,7 -- 278,6	45
379,2	I800	I04±7	84	MI	569,8 -- I9I,2	II3
404,6	I33	≤ II	≥59	MI	647,7 -- 243,8	≤ I2
456,8	366	28±6	63	MI	647,7 -- I9I,2	
470,8	~ 266	22±5	58,5	MI	569,8 -- 99,25	
480,3	~ 50	6 ±3	40	MI, E2	869,6 -- 389,5	
483,8	I23	I0±5	59	MI	569,8 -- 87,0	
489,5	~ 56,5	< I0	>27	MI	I449,7 -- 960,3	
548,6	II6,5	(a)	-	-	647,7 -- 99,95	
563,3	76,5	I4±5	26,5	MI	807,0 -- 243,8	

I	2	3	4	5	6
576,5	220	43±II	25	MI	2039,5 -- I462,8
590,8	I83	28±6	32	MI	869,6 -- 278,6
623,0	~ 33	≤ I2	≥ I3	MI	72I,8 -- 99,25
635,4	I50	2I±7	33	MI	72I,8 -- 87,0
646,7	43,2	I5±4	I4	MI, E2	925 -- 278,6
655,4	~ 33	9±4	I8	MI, E2	I6I6,2 -- 960,3
690,3	~ 43	60±30	35	EI, E2	76I,7 -- 70,85
707,9	~ 46,5	23±I2	98	MI, E2	807 -- 99,25
725,8	~ 40,0	I6±8	I2	E2, MI	--
728,4	~ 46,5	I6±8	I4	MI, E2	I449,7 -- 72I,8
760,9	80	I6±8	24	MI	76I,7 -- 0
82I, I	~ 40	≤ I0	≥ 20	(MI)	I78I,3 -- 960,3
879,4	~ 33	25±9	64	E2, MI	I449,7 -- 569,8
889,5	90	224±I5	2	EI	960,3 -- 70,85
960,4	350±30	III0±50	I,5	EI	960,3 -- 0
I060,3	~ 93	82±I6	5,5	MI	I449,7 -- 389,5
I064, I	~ 23	I5±I0	7,5	he EI	
I069,7	I43	I0±7	70±30	EO+E2, (M4)	I069,7 --- 0
I073,6	~ 43	3I±II	6,8	MI	I462,8 -- 389,5
I077,9	~ I3	36±I3	I,8	EI, E2	
II7I, I	~ 40	32±8	6	MI	I449,7 -- 278,6
II76,4	I9±3	I0±5	9,2±4, I	(MI)	
II79,6	II±2	I0±5	5,4±2,7	MI	I569,2 -- 389,5
II84,47	I00	I00		MI	I462,8 -- 278,6
II98,6	I2±2	6±4	9,7±7,5	MI (E2)	I462,8 -- 264,2
I20I,2	2,8±0,6	≤ 3	≥ 4	(MI)	I590,6 -- 389,5
I205,7	29,6±I,6	28±6	5, I±I,3	MI	I449,7 -- 243,8
I2II,8	5,0±0,7	22±7	I, I±0,5	EI	
I2I9,4	20,9±I,7	I9±4	5,3±I,8	MI	I462,8 -- 243,8
I232,5	2,0±0,7	(a)	-	-	2039,5 -- 807
I240,5	7,5±I, I	(a)	-	-	
I258,9	I4,5±I,7	25±8	2,8±I, I	E2, MI	I449,7 -- I9I,2
I266,4	2,3±I,2	6±6	I,8±2,7	-	
I27I,6	I2±3	37±9	I,5±0,8	E2 (EI)	I462,8 -- I9I,2
I276,6	I0±3	36±I2	4±2	he EI	2237,5 -- 960,3
I282,9	20±2			he EI	
I290,2	36±3	48±I0	3,5±I,0	MI	I569,2 -- 278,6
I300,8	6,5±I,5	≤ 6	≥ 5	(MI)	

I	2	3	4	5	6
I31I,9	4, I±I, 0	I2±6	I, 7±I, 3	E2(EI, MI)	I590,6 -- I78,6
I317,9	4, 8±I, 0	6, 0±6	4±4	-	2039,5 -- 72I, 8
I326,4	8, 0±I, 5	27±5	I, 4±0, 6	E2	I590,6 -- 264, 2
I338, I	I0±2	63±I3	0, 77±0, 3I	EI	
I350, I	6, 7±I, 4	8±4	4, I±2, 8	MI, E2	I449,7 -- 99, 25
I354, 5	5, I±I, 4	8±4	3, I±2, 4	MI(E2, EI)	
I372, 5	3, 8±I, 3	8±4	I, 8±I, 5	E2(EI, MI)	I616,2 -- 243, 8
I375, 8	I2±2	I35±I5	I, 4±0, 4	(E2)	I462,8 -- 87, 0
I378, 5	28±3				I449,7 -- 70, 85*
I39I, 7	29±3	75±I5	I, 9±0, 6	E2	I462,8 -- 70, 85*
I4I0, 7	6, 0±I, 5	9±3	3, 3±I, 8	MI, (E2)	
I424, 8	3, 3±0, 5	7±3, 5	2, 3±I, 5	MI, E2	I616,2 -- I9I, 2
I429	I4, 8±I, 3	I6±I0	4, 9±3, 4	(MI)	
I43I	2, 4±0, 5				(MI)
I450, 4	33±6	440±I00	0, 36±0, I4	EI	I449,7 -- 0
I462, 8	I3±2	62±I3	I, 0±0, 4	EI, (E2)	I462,8 -- 0
I466, 2	22±2	I55±I5		-	
I467, 0	I0±2			I, 0±0, 3	-
I497, 7	6, 0±0, 5	8±4	3, 6±2, I	MI, (E2)	
I502, 9	5, 0±0, 8	8±4	3, 0±2, 0	MI, E2	I78I, 3 -- 278, 6
I5I7, 0	7, 4±I, 7	I2±6	3, 4±2, 7	MI.	I616,2 -- 99, 3 *
I5I9, 6	I, 0±0, 3				-
I524, 4	3, 8±0, 6	7±4	2, 6±I, 8	MI, E2	
I529, 6	I2, 7±I, 5	29±6	2, I±0, 7	MI, (E2)	I616,2 -- 87, 0
I59I	I3, 7±0, 9	24±5	2, 8±0, 8	MI	2237,5 -- 647, 7
I595	3, 9±0, 7	≤ 7	≥ 2, 7	(MI)	I616,2 ----24, 25
I605	2, 5±2, 0	I5±3	0, 80±0, 40	EI, E2	(*)
I6I9	7, 9±I, 0	25±4	I, 5±0, 4	E2, MI	
I657, 7	I7, 2±I, 0	30±5	2, 8±0, 6	(MI)	
I677	3, 9±0, 9	22±4	0, 85±0, 38	EI, E2	I676,3 -- 0
I682	8, I±0, 9	22±5	I, 8±0, 7	MI(E2)	I78I, 3 -- 99, 25
I690	5, 5±I, 0	I7±5	I, 6±0, 8	E2, MI	
I696	I, 9±0, 5	≤ 7	≥ I, 5	MI(E2)	I795,5 -- 99, 25
I708	8, 4±I, 0	28±4	I, 4±0, 5	MI, E2	I795,5 -- 87, 0
I730	I, 4±0, 5	≤ 5	≥ I, 3	MI(E2)	
I76I	5, 0±I, 5	20±5	I, 2±0, 4	MI, E2	2039,5 -- 278, 6
I78I	6, 8±I, 0	43±6	0, 75±0, 25	EI, E2	I78I, 3 -- 0

1	2	3	4	5	6
I87I	4,5±I,0	7±4	I,5±I,2	-	
I906	I,9±0,6	(a)	-	-	
I972	2,3±0,4	I6±5	0,7±0,3	E2(EI,MI)	2237,5 -- 264,2
I984	I,45±0,35	20±7	0,35±0,I7	EI	
I993	I,0±0,4	2I±7	0,23±0,I6	EI	
2066	I,3±0,5	≤ 5	≥I,2	MI	
2094	4,4±I,0	26±4	0,8±0,4	E2, MI	
2I39	I,05±0,2	9±4	0,56±0,40	EI,E2(MI)	2237,5 -- 99,25
2I60	I,35±0,25	≤ 5	≥I,3	(MI)	
2223	I,6±0,6	7±3	I,I±0,9	-	
2236	0,95±0,47	20±7	0,23±0,I8	EI	
2300	0,50±0,25	6±3	0,4±0,4	EI,E2	2237,5 -- 0

Примечание: 1) Знак (a) в столбце (3) означает, что интенсивность гамма-лучей оценить трудно. ввиду большого комптон-фона или налагающегося пика двойного вылета.

2) $(I_k)_p$ или $(I_k)_r$ определены из расчётов, причём $(I_k)_p$ для γ 62,75; 70,85 и 75 кэв взяты из работы /5/.

3) $(I_k)_n$ для γ 24,23 и 62,75 кэв приводятся из работы Иодко и др. /6/.

4) Индекс (n) в колонке 7 соответствует I_e , взятым из работы /5/.

5) Индекс ж в столбце 6 означает, что гамма-переход размещен не в одном месте.

Таблица 2

Сравнение интенсивностей гамма-переходов,
разражающих некоторые уровни ^{169}Yb при β -распаде
и в (α, γ) реакции

E кэВ $K^{\pi} [N\pi_2^{\pi}]$ уровня	β -распад. Наст. работа			(n, γ) Михаэлис и др. ^{14/}		
	E_{γ} кэВ	I_{γ}	I_{γ} орг.	E_{γ} кэВ	I_{γ}	I_{γ} орг.
I	2	3	4	5	6	7
243,8 1/2 ⁻ /52I/	144,6 157,0	32 \pm 7 73 \pm 8	I 2,5 \pm 0,7	144,50 \pm 0,12 156,81 \pm 0,10	7,5 \pm 0,8 17,6 \pm 1,8	I 2,4 \pm 0,5
569,8 5/2 ⁻ /523/	291,6 379,2 470,8 483,8 570	16 \pm 6 104 \pm 7 22 \pm 5 10 \pm 5 < 5	I 6,5 \pm 3 1,4 \pm 0,4 0,63 \pm 0,6 < 0,3	291,09 \pm 0,10 378,48 \pm 0,12 470,9 \pm 0,8 482,5 \pm 1,2 570,15 \pm 0,37	4,4 \pm 0,5 21,0 \pm 4,2 5,0 \pm 2,0 5,0 \pm 2,5 13,1 \pm 1,5	I 4,8 \pm 1,5 1,1 \pm 0,6 1,1 \pm 0,7 3,0 \pm 0,7
647,7 5/2 ⁻ /523/	258,7 369,6 - 404,6 456,8 548,6	16 \pm 6 41 \pm 5 - \leq II 28 \pm 6 -	I 3,2 \pm 1,4 - (0,7 \pm 0,3) 2,2 \pm 1,2 -	258,41 \pm 0,18 369,28 \pm 0,15 383,67 \pm 0,40 405,05 \pm 1,20 456,81 \pm 0,35 548,44 \pm 1,10	1,3 \pm 0,2 3,2 \pm 0,5 0,6 \pm 0,3 0,5 \pm 0,3 2,1 \pm 0,6 1,1 \pm 0,5	I 2,7 \pm 0,8 0,5 \pm 0,3 0,4 \pm 0,3 2,1 \pm 0,6 0,9 \pm 0,5
807,0 3/2 ⁻ /52I/ + + /52I/ γ -vib	563,3 707,9	14 \pm 5 23 \pm 12	I 1,8 \pm 1,2	563,13 \pm 0,45 707,76 \pm 0,50	3,4 \pm 1,1 6,7 \pm 1,2	I 2,3 \pm 1,1
761,7 3/2 /65I/+ + /633/ γ -vib	760,9 690,3	16 \pm 8 ~ 30	I 2,4 \pm 1,3	761,56 \pm 0,18 691,00 \pm 0,15	36,5 \pm 4,5 29,8 \pm 1,5	I 0,8 \pm 0,2
1616,2 [*] 3/2 ⁻	1517,0 1529,6 1595	12 \pm 6 29 \pm 6 \leq 7	I 3,5 \pm 2,2 \leq 0,8 \pm 0,8	1517,1 \pm 1,0 1530,5 \pm 1,0 1594,5 \pm 1,1	5,9 \pm 2,4 7,9 \pm 2,4 8,2 \pm 2,4	I 1,8 \pm 1,1 2,3 \pm 0,7

* В данных строках приведен $I_{\gamma}^{\text{пр}}$.

Таблица 3

Относительные приведенные вероятности
 гамма-переходов с уровня ^{109}Yb $R = \frac{B(I_1, K_1^{\pi} \rightarrow (I+1)_f, K_f^{\pi})}{B(I_1, K_1^{\pi} \rightarrow I_f, K_f^{\pi})}$

E_i, K_i^{π} E_i, K_i^{π}	$E_{i+1/2}, K_{i+1/2}^{\pi}$ $E_{i+1/2}, K_{i+1/2}^{\pi}$	$(I+1/2)_f, K_f^{\pi}$ I_+, K_+^{π}	$E_{\gamma}, K_{\gamma}^{\pi}$	Тип гамма- перехо- да	R эксп.	R теор.
1	2	3	4	5	6	
569,8 $5/2, 5/2^-$	278,6 191,2	$5/2, 5/2^-$ $7/2, 5/2^-$	291,6 379,2	MI	$0,34 \pm 0,12$	0,40
647,7 $7/2, 5/2^-$	278,6 191,2	$7/2, 5/2^-$ $5/2$	369,6 456,6	MI	3 ± 1	1,9
721,8 $5/2, 3/2^-$	99,25 87,0	$5/2, 1/2^-$ $3/2$	258,7 456,8	MI	$3,1 \pm 1,5$	1,8
807 $7/2, 3/2^-$	243,8 99,25	$7/2, 1/2^-$ $5/2$	623,0 635,4	MI	$0,6 \pm 0,5$	7,0
869,6 $7/2^-$ *	389,5 278,6	$9/2^-$ $7/2^-$	480,3 590,8	MI	$0,4 \pm 0,3$	
960,3 $7/2, 7/2^-$	70,85 0	$9/2, 7/2^+$ $7/2$	889,5 960,3	EI	$0,26 \pm 0,3$	0,29
1449,7 $9/2, 9/2^-$	70,85 0	$9/2, 7/2^+$ $7/2$	1378,5 1450,4	EI	$0,27 \pm 0,12$	0,23
1462,8 $7/2, 7/2^-$	70,85 0	$9/2, 7/2$ $7/2$	1391,7 1462	EI	$0,6 \pm 0,4$	0,29
1462,8 $7/2, 7/2^-$	389,5 278,6	$9/2, 5/2^-$ $7/2$	1073,6 1184,5	MI	$0,4 \pm 0,2$	0,13
1569,2 $7/2, (9/2),$ $5/2^-$	278,6 191,2	$7/2, 5/2^-$ $5/2$	1290,2 1378,5	MI	$2,9 \pm 2,0$	1,8
	389,5 191,2	$9/2, 5/2^-$ $5/2$	1179,6 1378,5	MI	$0,8 \pm 0,8$	1,8
	389,5 278,6	$9/2, 5/2^-$ $7/2$	1179,6 1290,2	MI	$2,7 \pm 1,9$	1,0

I	2	3	4	5	6
I590,6 7/2, I1/2, (9/2)*	389,5 9/2 ⁻ 278,6 7/2 ⁻	I20I,2 I3II,9	MI	≤ 3	
I6I6,2 3/2*	87,0 3/2 ⁻ 24,25 I/2 ⁻ 99,25 5/2 ⁻ 24,25 I,2 ⁻ 99,25 5/2 ⁻ 87,0 3/2 ⁻	I529,6 I595 I5I7 I595 I5I7 I529,6	MI MI	4,7 2,0 ≤ 0,4	
I676,3 7/2, 9/2* *	70,85 9/2 ⁺ 0 7/2 ⁺	I605 I677	EI	0,8±0,3	
I78I,3 7/2, 9/2, (5/2) ⁻ *	264,2 9/2 ⁻ 99,25 5/2 ⁻ 389,5 9/2 278,6 7/2 ⁻	I5I7 I682 I39I,7 I502,9	MI MI	≤ 0,7 ≤ 6,7	
I795,5 7/2, (I/2, 3/2, 5/2) ⁻	99,25 5/2 ⁻ 87,0 3/2 ⁻	I696 I708	MI E2	≤ 0,26	
2237,5 5/2, 7/2, 9/2* *	264,2 9/2 ⁻ 99,25 5/2 ⁻	I972 2I39	MI E2	2,3±I,6 2,7±I,7	

* - в данном случае указывается только I.

Таблица 4

Инерционные параметры для $\Lambda = n^2/2$, полюс в ^{169}Yb

Полюса	$7/2^+ / 633 /$	$5/2^- / 512 /$	$5/2^- / 523 /$	$3/2^- / 521 / + / 521 /$	$3/2^+ / 651 / + / 633 / \gamma\text{-vib}$
A	8,1	11,5	12,5	11,0	12,3
					8,35

Таблица 5
Бета-переходы при распаде ^{169}Lu
 $7/2, 7/2^+ / 404 /$

Конечное состояние в ^{169}Yb		$\log ft$	Тип бета-перех.	151		
$\Gamma K^\pi [N\pi \neq \Lambda]$	E кэВ			$\log ft$	$\beta\text{-переход}$	
I	2	3	4	5	6	
$9/2$	$7/2^+ / 633 /$	70,85	7,8	ah	8,4	ah
II/2		161,6	> 8,6	2h	-	-
$3/2$		87,0	8,2			
$7/2$	$1/2^- / 521 /$	243,8	8,7	1 h K запр.	-	-
$9/2$		264,2	8,6			
$5/2$		191,2	7,9		-	-
$7/2$	$5/2^- / 512 /$	278,6	7,9	1 h	7,7	1 h
$9/2$		389,5	8,55		7,8	
II/2		523,0	8,65	уник. переход.	-	-
$5/2$	$5/2^- / 523 /$	569,8	8,1	1 h	7,7	1 h
$7/2$		647,7	8,4		7,3	
$5/2$		721,8	9,2			
$7/2$	$3/2^- / 521 /$	807,0	9,1	1 h K запр.		
$9/2$		925,0	8,6			
$5/2, 3/2^+ / 651 / +$ $+ / 633 / \gamma\text{-vib}$		761,7	9,2	ah. K запр.		
$7/2^-$		869,6	8,25			
$7/2, 7/2^- / 514 /$		960,3	6,9	1 u	6,5	1 u
$9/2, 9/2^- / 505 /$		1449,7	6,75	1 u	6,6	1 u
$7/2, 7/2^- / 503 /$		1462,8	7,1	1 u	6,6	1 u
$7/2, (9/2), 5/2^- / 503 /$		1569,2	7,5	1 u		

I^{π}	$E_{кэВ}$	$\text{Capft}_{\text{мкс}}$	
$7/2, 11/2, (9/2)^{-}$	1590,6	7,9	
$3/2^{-}$	1616,2	7,7	
$7/2, 9/2^{-}$	1676,3	7,7	
$7/2, 9/2, (5/2)^{-}$	1781,3	7,15	
$7/2, (1/2; 3/2, 5/2)^{-}$	1795,5	7,4	
$5/2, 7/2, 9/2^{-}$	2039,5	7,0	
$5/2, 7/2, 9/2^{-}$	2237,5	$> 6,0$	

Примечание: При отсутствии в колонке 1 / N_{π}^{\wedge} / указывается только возможный I^{π} для соответствующего состояния.

Таблица 6
 Систематика бета-переходов в нечётных
 деформированных ядрах^{11/}

Бета-распад	<i>аи</i>		<i>аh</i>		<i>1и</i>	
Пределные значения <i>log ft</i>	(Н)	(В)	(Н)	(В)	(Н)	(В)
Эксперимент.	4,6	4,8	5,5	8,0	6,2	7,9
По Нильссону и Моттельсону	4,9	5,0	6,0	7,5	5,5	7,5
По Соловьеву	4,2	4,5	4,9	7,6	5,5	7,4

(Н) - нижний предел *log ft*

(В) - верхний предел *log ft*