

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Б-817

76-29

21/3-77

P6 - 10309

1017/2-77

Н.А.Бонч-Осмоловская, В.М.Горожанкин, К.Я.Громов,
Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Г.Макарие, А.Ш.Хамидов,
М.Яницки

ПОЗИТРОННЫЙ РАСПАД ^{169}Lu

1976

P6 - 10309

Н.А.Бонч-Осмоловская, В.М.Горожанкин,¹ К.Я.Громов,
Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Г.Макарие, А.Ш.Хамидов,²
М.Яницки

ПОЗИТРОННЫЙ РАСПАД ¹⁶⁹Lu

Направлено в "Известия АН СССР" /сер. физ./

¹ Воронежский государственный университет.

² Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Позитронный распад ^{169}Lu

Спектр позитронов исследован на безжелезном тороидальном бета-спектрометре типа "Апельсин". Полученные экспериментальные данные интерпретируются в рамках схемы распада ^{169}Lu , проводится также анализ согласно систематике β -распада.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Bonch-Osmolovskaya N.A. et al.

Р6 - 10309

Positron Decay of ^{169}Lu

The positron spectrum of ^{169}Lu has been investigated using an iron-free β -spectrometer with toroidal magnetic field. The experimental data obtained are interpreted within the ^{169}Lu decay mode, and the analysis is carried out according to the β -decay systematics.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

1. ВВЕДЕНИЕ

Позитроны, возникающие при распаде ^{169}Lu , изучались в ^{1-6/}. Авторы работ ^{1-3/} наблюдали позитронный спектр с граничной энергией $/1250\pm 30/$ кэВ^{1/}, $/1240\pm 50/$ кэВ^{2/} и $/1230\pm 15/$ кэВ^{3/}; интенсивность позитронов в этих работах не определялась. В табл. 1 приведены сведения о позитронных спектрах ^{169}Lu , полученные в работах ^{4-6/}.

Таблица 1

Данные о позитронном распаде ^{169}Lu

E_0 , кэВ	I_{β^+} , отн.ед.	I_{β^+} , %	Работа
(1200 \pm 70); (350 \pm 10)	100; 17	-	/4/
(1270 \pm 10); (760 \pm 90)	100; 25	1,1(3)	/5/
(1800 \pm 100); (1320 \pm 50); (850 \pm 50)	20; 100; 100	-	/6/

Таким образом, только в одной работе ^{6/}, выполненной с участием авторов /Н.Б.-О., К.Гр. и А.Х./ настоящей работы, наблюдались позитроны с энергией больше 1300 кэВ. Этот результат, полученный с помощью спектрометра с полупроводниковым Si(Li)-детектором,

был проверен позднее в нашей лаборатории с помощью магнитного бета-спектрометра с двукратной двойной фокусировкой^{/5/}. Как и в более ранних исследованиях, выполненных с помощью магнитных спектрометров, позитроны с энергией больше 1300 кэВ не обнаружены. Верхний предел интенсивности компоненты с E_0 -1800 кэВ можно оценить как 5% интенсивности позитронов с $E_0 = 1271$ кэВ. Наблюдение в^{/6/} позитронов с E_0 -1,8 МэВ связано, по-видимому, с побочными эффектами при регистрации позитронов Si(Li)-детектором /см., напр.,^{/7/}.

В настоящей работе излагаются результаты исследований позитронного спектра ^{169}Lu на безжелезном тороидальном β -спектрометре СТ-2^{/8/}.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Изотоп ^{169}Lu был получен при облучении танталовой мишени протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ. Из облученной танталовой мишени выделялась сумма редкоземельных элементов - продуктов ядерных реакций, которые разделялись хроматографически^{/9/}. Изотопы лютеция разделялись на электромагнитном масс-сепараторе^{/10/}; ионы ^{169}Lu внедрялись в алюминиевую фольгу толщиной 0,68 мг/см². Как было показано в^{/11/}, глубина внедрения составляла не более 15 мкм.

Исследования спектров позитронов и конверсионных электронов проводились на безжелезном тороидальном β -спектрометре типа "Апельсин"^{/8/} при трансмиссии Т-20% и разрешающей способности $R = 1,1\%$.

При обработке экспериментальных β -спектров необходимо вводить поправочные коэффициенты, учитывающие: эффективность регистрации β -частиц детектором β -спектрометра - C_e , обратное рассеяние β -частиц в подложке источника - C_B и форму линии /функцию отклика/ спектрометра - C_0 . На спектрометре СТ-2 проведены специальные исследования^{/12,13/} с целью получения сведений об этих поправочных коэффициентах.

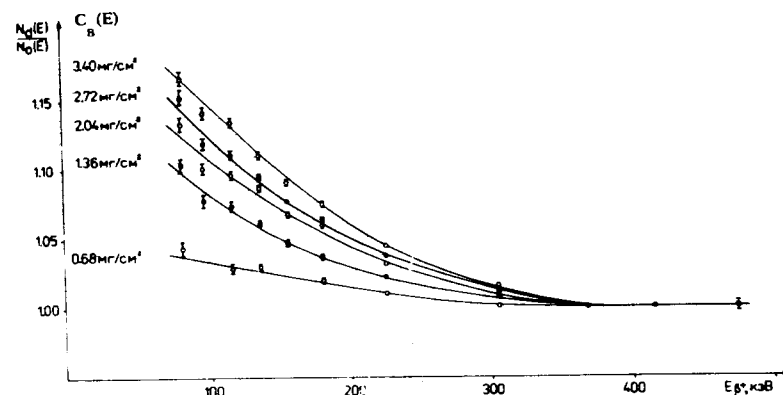


Рис. 1. Результаты исследования обратного рассеяния позитронов в подложке источника. По оси ординат отложены отношения счета позитронов при подложках переменной толщины к счету позитронов при "нулевой" подложке.

Было показано, что эффективность детектора в спектрометре при энергии больше 130 кэВ постоянна ($C_e = 1$) при используемом нами уровне дискриминации импульсов от сцинтилляционного детектора.

На рис. 1 представлены полученные нами при измерениях β^+ -спектра $^{22}\text{Na} / E_0 = 545$ мэВ/ отношения чисел отсчетов в разных точках β^+ -спектра при данной толщине подложки источника к числу отсчетов в тех же точках спектра при "нулевой" толщине подложки. Число отсчетов при "нулевой" подложке находили экстраполяцией чисел отсчетов при разных толщинах к нулевой толщине подложки. Принимая, что обратное рассеяние зависит только от энергии β -частиц и толщины подложки и не зависит от граничной энергии β -спектра^{/14/}, можно считать, что изображенные на рис. 1 отношения являются коэффициентами поправки на обратное рассеяние $C_B(E)$. Для обычно используемых нами подложек источника толщиной 0,68 мг/см² эти поправки при энергии позитронов 100 кэВ составляют 3,5%, при $E = 200$ кэВ - 1,5% и менее 0,5% при $E = 300$ кэВ.

Проведено исследование формы линий конверсионных электронов при разных энергиях с целью получения функции отклика нашего прибора и изучения зависимости ее параметров от энергии. На этой основе были рассчитаны поправки C_0 к экспериментальным β -спектрам, учитывающие функцию отклика спектрометра. На рис. 2 показаны рассчитанные нами величины $C_0(E)$ для компонента позитронов с $E_0 = 1270$ кэВ.

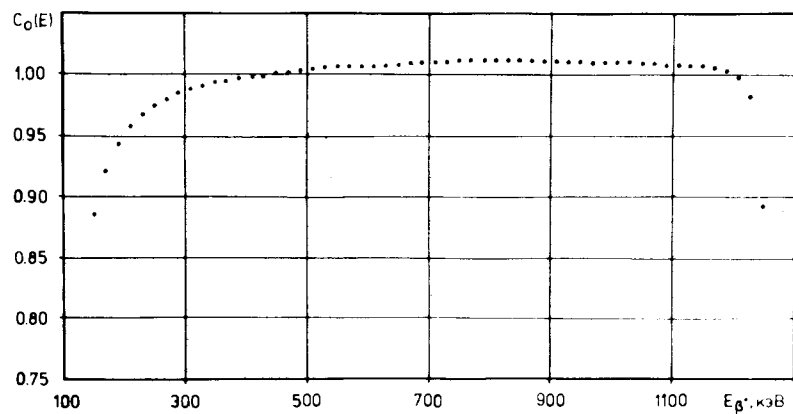


Рис. 2. Поправка, учитывающая искажения позитронного спектра с $E_0 = 1270$ кэВ, связанные с формой линии монохроматических электронов /поправка на функцию отклика бета-спектрометра/.

При обработке измеренного β -спектра ^{169}Lu учтены поправки $C_B(E)$ и $C_0(E)$. Поскольку обрабатывались только точки спектра с энергией выше 150 кэВ, коэффициент C_e был принят равным единице.

На рис. 3 изображен график Ферми-Кюри, полученный при обработке одного из трех полученных экспериментальных спектров ^{169}Lu . Спектр позитронов сложный и состоит, по крайней мере, из четырех компонентов. В табл. 2 представлены результаты обработки экспериментальных спектров ^{169}Lu . Существенно уточнена граничная энергия жесткого компонента позитронов ^{169}Lu : $E_0 = /1271 \pm 3/$ кэВ. Значение $E_0 = /1270 \pm 10/$ кэВ, полученное в ¹⁵, в пределах погрешности совпадает с уточненным.

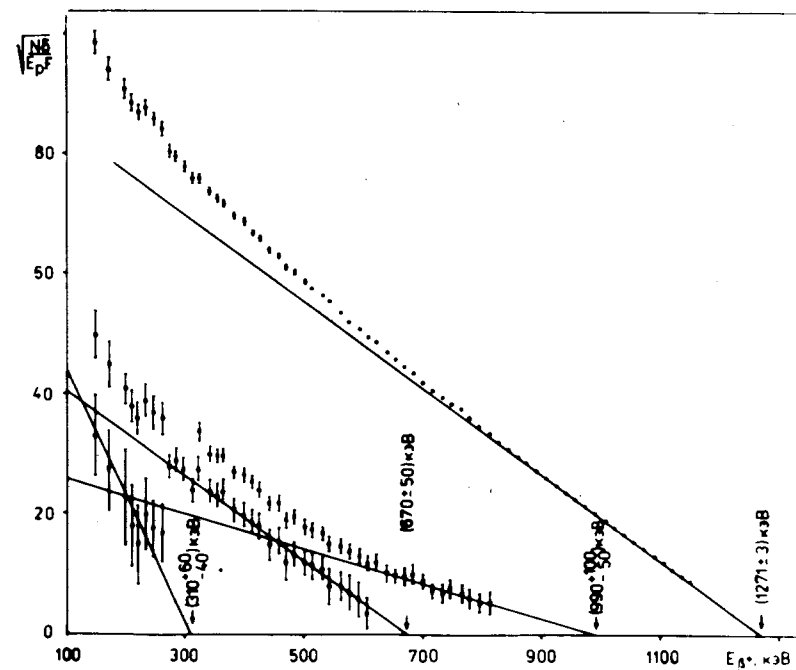


Рис. 3. График Ферми-Кюри для β^+ -спектра ^{169}Lu .

Определено отношение интенсивностей позитронных компонентов к интенсивности К-конверсионной линии перехода 191 кэВ. Используя отношения I_{β^+} / I_{K-191} и принимая интенсивность $I_{K-191} = /0,9 \pm 0,1/ \%$ на распад ^{169}Lu по ⁶, получаем интенсивность позитронного распада ^{169}Lu равной $I_{\beta^+ \text{полн.}} = /0,56 \pm 0,07/ \%$.

В табл. 2 мы указываем уровни, с которыми, как мы считаем, связаны соответствующие компоненты β -спектра. Компоненты 990 кэВ и 670 кэВ мы связываем каждый с двумя уровнями. Вероятно, в этом - одна из причин значительной погрешности в определении граничных энергий этих компонентов. Указанное размещение компонентов позитронов согласуется с анализом схемы распада ^{169}Lu в ⁶. Разность масс $^{169}\text{Lu} \rightarrow ^{169}\text{Yb}$, вычисленная на основе указанных данных, равна $Q_{\beta^+} = /2293 \pm 3/$ кэВ.

В таблицах Валстры и Гоува ^{/15/} предполагается, что β -компонент с $E_0 = 1230$ кэВ^{3/3} заселяет уровень ¹⁶⁹Yb с энергией 191,2 кэВ, и на этой основе определена разность масс $Q_{\beta^+} = 2440$ кэВ. Наши результаты изучения спектра позитронов ¹⁶⁹Lu, а также анализ совпадений γ -лучей 191 кэВ с аннигиляционными γ -квантами, выполненный в нашей лаборатории, находятся в противоречии с предположением о заселении уровня 191 кэВ β -компонентом с $E_0 = 1271$ кэВ.

Таблица 2

Результаты обработки спектра позитронов ¹⁶⁹Lu

E_0 , кэВ	I_{β^+} отн.ед.	I_{β^+}/I_{β^-} к-191	Предпол.уров.засел. кэВ; $I^{\pi}K[Nz_z \Lambda]$	logft
1271 \pm 3	100 \pm 8	0,55 \pm 0,05	0; 7/2 ⁺ 7/2/633/	8,8 \pm 0,1
990 ⁺¹⁰⁰ - 60	5 \pm 2	0,028 \pm 0,011	191; 5/2 ⁻ 5/2/512/ 279; 7/2 ⁻ 5/2/512/ 570; 5/2 ⁻ 5/2/523/	8,8 \pm 0,4 8,0 \pm 0,2
670 \pm 50	5 \pm 1	0,028 \pm 0,060	648; 7/2 ⁻ 5/2/523/	
310 ⁺⁶⁰ -40	1,0 ^{+0,8} -0,6	0,006 ^{+0,004} -0,003	960; 7/2 ⁻ 7/2/514/	7,1 \pm 0,3

Исследование позитронного спектра ¹⁶⁹Lu позволяет определить матричный элемент для β -перехода /logft = 8,0 \pm 0,1; см. табл. 2/ и интенсивность электронного захвата в основное состояние ¹⁶⁹Yb. Используя теоретическое значение $\epsilon/\beta^+ = 22,3 \pm 0,2$ ^{/16/} для $E_0 = 1271 \pm 3$ кэВ и разрешенного β -перехода, а также значение $I_{\beta^+ 1271} = 0,51 \pm 0,07$ % на распад, получаем интенсивность заселения основного состояния ¹⁶⁹Yb электронным захватом - /11,4 \pm 1,6/ %.

Систематика экспериментальных значений матричных элементов β -распада для деформированных ядер редкоземельной области проводилась в последнее время в работах Громова и др. ^{/17/} и Майера ^{/18/}. Полученное

нами значение logft для разрешенного задержанного ($\Delta N = 2$) β -перехода между основными состояниями ¹⁶⁹Lu и ¹⁶⁹Yb: 7/2⁺/404/ \rightarrow 7/2⁺/633/ хорошо согласуется с экспериментальными значениями logft для переходов того же типа, собранных в ^{/17,18/}. По данным ^{/18/} они лежат в интервале 8,0 - 8,3. Другие значения logft, приведенные в табл. 2, более точно определяются при анализе схемы распада ¹⁶⁹Lu из баланса интенсивностей γ -переходов /см., напр., ^{/16/}/. Полученные нами значения в пределах погрешностей совпадают с logft, вычисленными при анализе схемы распада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.С.Джелепов, И.Ф.Учеваткин, С.А.Шестопалова. Изв. АН СССР, сер. физ., 24, 802 /1960/.
2. В.А.Агеев, К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Ж.Т.Желев, В.Г.Калинников, А.В.Кудрявцева. Программа и тезисы докладов XIV Ежегодного совещания по ядерной спектроскопии, Тбилиси, 1964. "Наука", Л., 1964, стр. 63.
3. G. Marguier. Thesis, Lyon Univ., FRNC-TH-132 /1971/.
4. Б.С.Джелепов, О.Е.Крафт, Е.Б.Крешторова. Изв. АН СССР, сер. физ., 23, 1431 /1959/.
5. Н.А.Бонч-Осмоловская, Я.Конишек, М.Фингер, И.Ференцеи, А.Ф.Щусь. ОИЯИ, Дб-8846, Дубна, 1975, стр. 134.
6. Н.А.Бонч-Осмоловская, К.Я.Громов, Т.А.Исламов, А.Ш.Хамидов. Изв. АН СССР, сер. физ., 37, 972 /1973/.
7. Б.Г.Киселев. Программа и тезисы докладов XXV Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1975, стр. 438.
8. М.Гасиор, К.Я.Громов, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей, А.В.Потемпа, Б.Дец, Е.Корецки, Е.Стажевски, М.Яницки. Препринт ОИЯИ, Дб-7094, Дубна, 1973.
9. Ф.Молнар, В.Халкин, Э.Херрманн. ЭЧАЯ, т.4, вып. 4, 1973.
10. В.П.Афанасьев, А.Т.Василенко, И.И.Громова, Ж.Т.Желев, В.В.Кузнецов, М.Я.Кузнецова, Д.Мончка, Ю.Н.Поморски, В.И.Райко, А.В.Ревенко, В.М.Сороко, В.А.Уткин. Препринт ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
11. В.Жук, М.Киселевич и др. Препринт ОИЯИ, б-10058, Дубна, 1976.

12. Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Г.Макарие. ОИЯИ, Р6-10183, Дубна, 1976.
13. В.М.Горожанкин, К.Я.Громов, Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Г.Лизурей, Г.Макарие. ОИЯИ, Р6-10239, Дубна, 1976.
14. T.Nagarajan, K.Venkatta Reddy. Nucl. Instr. and Meth., 80, 217 /1970/.
15. A.H.Wapstra, N.V.Gove. Nucl. Data Tables, A9, No. 4-5, 265 /1971/.
16. Б.С.Джеленов, Л.Н.Зырянова, Ю.П.Сусов. "Бета-процессы", "Наука", Л., 1972.
17. Г.Я.Громов, Х.-У.Зиберт, В.Г.Калинников, Г.Музиоль, Х.Штрусный, ЭЧАЯ, т. 6, вып. 4, 971 /1975/.
18. В. J. Meijer. Z. Phys., A278, 365 /1976/.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 декабря 1976 года.