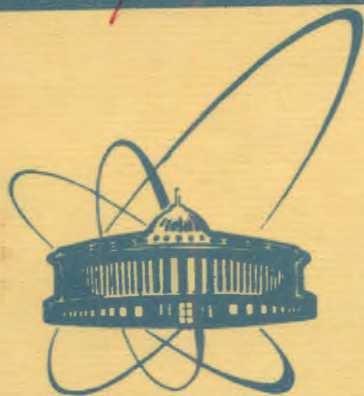


3436/2-79

3/IX-79



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б-903

P6 - 12403

А.В.Будзьяк, Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Н.А.Лебедев,
Г.И.Лизурей, Ю.В.Юшкевич, М.Яницки

ИССЛЕДОВАНИЕ

ПОЗИТРОННОГО РАСПАДА ^{147}Eu И ^{155}Dy

1979

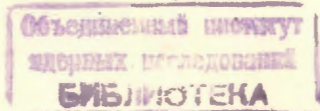
P6 - 12403

А.В.Будзьяк, Т.Крецу*, В.В.Кузнецов, Н.А.Лебедев,
Г.И.Лизурей, Ю.В.Юшкевич, М.Яницки

ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОЗИТРОННОГО РАСПАДА ^{147}Eu И ^{155}Dy

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

* Политехнический институт, Бухарест.



Исследование позитронного распада ^{147}Eu и ^{155}Dy

Приведены результаты исследования позитронного распада ^{147}Eu и ^{155}Dy . Отношения интенсивностей компонентов позитронов ^{147}Eu к интенсивности К-конверсионных электронов перехода с энергией 197 кэВ равны: $J_{\beta_1^+}/J_{K197} = 4,80/25 \cdot 10^{-2}$, $J_{\beta_2^+}/J_{K197} = 2,60/40 \cdot 10^{-2}$ и $J_{\beta_3^+}/J_{K197} = 1,95/30 \cdot 10^{-2}$.
Разность масс $^{147}\text{Eu} - ^{147}\text{Sm} Q_{\beta^+} = 1723/3$ кэВ. Относительные интенсивности компонентов позитронов ^{155}Dy J_{β^+}/J_{K227} равны: для $\beta_1 - 0,027/7$, для $\beta_2 - 0,019/3$, для $\beta_3 - 0,95/7$ и для $\beta_4 - 0,098/10$.
Разность масс $^{155}\text{Dy} - ^{155}\text{Tb} Q_{\beta^+} = 2094/2$ кэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Investigation of ^{147}Eu and ^{155}Dy Positron Decay

Results of investigation of ^{147}Eu and ^{155}Dy positron decay are given. Intensity ratios of ^{147}Eu positron components to the intensity of K-conversion transition electrons with 197 keV energy are equal to: $J_{\beta_1^+}/J_{K197} = 4.80(25) \cdot 10^{-2}$, $J_{\beta_2^+}/J_{K197} = 2.60(40) \cdot 10^{-2}$ and $J_{\beta_3^+}/J_{K197} = 1.95(30) \cdot 10^{-2}$.
The mass difference $^{147}\text{Eu} - ^{147}\text{Sm} Q_{\beta^+} = 1723(3)$ keV. Positron component relative intensities $^{155}\text{Dy} J_{\beta^+}/J_{K227}$ are equal to: for $\beta_1 - 0.027(7)$, for $\beta_2 - 0.019(3)$, for $\beta_3 - 0.95(7)$ and for $\beta_4 - 0.098(10)$.
The mass difference $^{155}\text{Dy} - ^{155}\text{Tb} Q_{\beta^+} = 2094(2)$ keV.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

I. Введение

Позитронное излучение ^{147}Eu ($T_{1/2} = 24$ дн) изучалось ранее в работах /1,2/, однако в значениях разности масс $^{147}\text{Eu} - ^{147}\text{Sm}$ (Q_{β^+}), полученных в этих работах, наблюдается расхождение. Нами предпринята попытка, с одной стороны, устранить имеющееся расхождение, с другой - уточнить интенсивности компонентов позитронов при распаде ^{147}Eu .

Позитронный распад ^{155}Dy ($T_{1/2} = 10$ час) исследовался ранее в работах /4,5/, но ни в одной из них не проведен анализ и хотя бы оценка вероятности бета-перехода $3/2^- \rightarrow 5/2^+$, ведущего к заселению возбужденного состояния 65,5 кэВ ^{155}Tb .

2. Экспериментальные результаты

2.1. Источники, метод измерений, обработка β^+ -спектров.

Радиоактивные изотопы редкоземельных элементов европия и диспрозия получались в реакциях глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Элементы европия и диспрозия химическим путем /6/ выделялись из танталовой мишени, облученной в течение 10 часов. Ионы исследуемых изотопов ^{147}Eu и ^{155}Dy внедрялись при помощи масс-сепаратора /7/ в алюминизированную майларовую фольгу толщиной 680 мкг/см². Глубина внедрения составляла не более 15 мкг/см² /8/.

Спектр позитронов исследовался при помощи безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем /9/ при максимальной трансмиссии $T \approx 20\%$ и разрешающей способности $R \approx 1,1\%$.

Обработка экспериментальных распределений позитронов проводилась по методике, описанной в работе /9,10/.

Для определения доли позитронов на распад измерялись спектры конверсионных электронов ^{147}Eu и ^{155}Dy при тех же значениях уровня дискриминации импульсов и трансмиссии спектрометра.

2.2. Результаты обработки спектров позитронов ^{147}Eu

Спектр позитронов при распаде ^{147}Eu состоит из трех компонентов. На рис. I представлен график Ферми-Кюри позитронов ^{147}Eu , полученный при обработке одного из четырех измеренных экспериментальных распределений. В таблице I приведены результаты обработки экспериментальных спектров позитронов ^{147}Eu - граничные энергии и относительные интенсивности компонентов позитронов. В последней строке приведены средневзвешенные значения E_{β^+} компонентов позитронов и их относительных интенсивностей.

Ошибки средневзвешенных величин, приведенных в таблицах I-4, определялись, как описано в работе /II/. В этих таблицах указаны весовые погрешности значений, так как они оказались больше погрешностей разброса.

Отношение интенсивностей компонентов позитронов к интенсивности К-конверсионных электронов перехода с энергией 197 кэВ оказались равными $J_{\beta_1}^+ / J_{K197} = 4,80(25) \times 10^{-2}$, $J_{\beta_2}^+ / J_{K197} = 2,60(40) \times 10^{-2}$ и $J_{\beta_3}^+ / J_{K197} = 1,95(30) \times 10^{-2}$.

Таблица I

Граничные энергии и относительные интенсивности позитронов при распаде ^{147}Eu

Опыт	E_{β_1} кэВ	E_{β_2} кэВ	E_{β_3} кэВ	$J_{\beta_1} : J_{\beta_2} : J_{\beta_3}$
I	702(3)	584(7)	508(5)	1,00:0,41(7):0,40(3)
2	711(5)	593(6)	507(5)	1,00:0,61(II):0,51(5)
3	708(4)	567(6)	501(6)	1,00:0,68(10):0,31(3)
4	698(2)	576(10)	504(3)	1,00:0,37(10):0,47(3)
Средневзвеш. значения	701(3)	581(6)	505(3)	1,00:0,49(7):0,41(4)

Используя величины $(E_{\beta^+})\% / I_{2/}$, мы рассчитали $(E_{\beta^+})_{\text{эксп}}$ при распаде ^{147}Eu для переходов на соответствующие уровни ^{147}Sm .

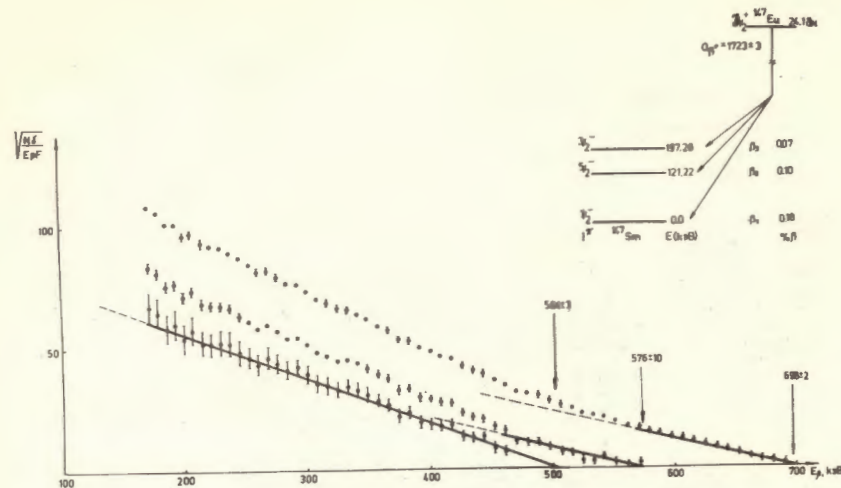


Рис. I График Ферми-Кюри позитронов ^{147}Eu , полученный при обработке одного из четырех измеренных экспериментальных распределений. В правом верхнем углу приведен фрагмент схемы распада $^{147}\text{Eu} \rightarrow ^{147}\text{Sm}$.

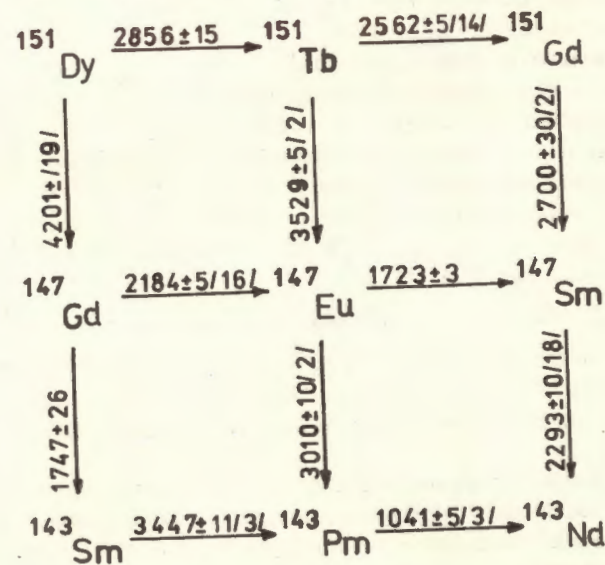


Рис. 2 α - β - распадные циклы, включающие ядра с $A = 151, 147$.

Таблица 2

Значения $J_{\beta^+}(\%)$, ϵ/β^+ , $\log ft$ при распаде ^{147}Eu

E_{β^+} кэВ	$J_{\beta^+}(\%)$ а)	ϵ/β^+ б)		Заселяемые уровни кэВ	$\log ft$
		теор.	эксп.		
701	0,18(2)	82,5(12)	83(21)	0	8,5(1)
581	0,10(2)	142(7)	210(40)	121,22	8,4(1)
505	0,07(3)	248(11)	295(120)	197,28	8,3(1)

Примечание: а) Из работы /12/ принято, что $J_{K197} = 3,81(21)\%$ на распад ^{147}Eu .б) ϵ/β^+ теор взято из таблиц /13/ для разрешенных β^+ -переходов.На рис.1, в правом углу, приведен фрагмент схемы распада $^{147}\text{Eu} \rightarrow ^{147}\text{Sm}$ позитронами при распаде ^{147}Eu .Позитроны ведут к заселению основного 0 кэВ ($7/2^-$), первого 121,22 кэВ ($5/2^-$) и 197,28 кэВ ($3/2^-$) состояний ^{147}Sm . Отсюда разность масс $^{147}\text{Eu} - ^{147}\text{Sm}$, $Q_{\beta^+} = 1723(3)$ кэВ.Значение разности масс хорошо согласуется с $Q_{\beta^+} = 1730(6)$ кэВ /3/ и отличается от $Q_{\beta^+} = 1652(15)$ /1/ и $Q_{\beta^+} = 1767(10)$ /2/.Как видно из табл.2, отношения ϵ/β^+ эксп для всех трех компонентов позитронов близки по своему значению к ϵ/β^+ теор для разрешенных β^+ -переходов, тогда как в работе /2/ наблюдалось отклонение экспериментальных значений ϵ/β^+ от теоретических.Определенные нами Q_{β^+} при распаде ^{147}Eu , ^{151}Gd /14, 15/ и ^{147}Gd /16/ позволили рассчитать и существенно уточнить величины разности масс $^{151}\text{Dy} - ^{151}\text{Gd}$, $Q_{\beta^+} = 2856(15)$ кэВ и $^{147}\text{Gd} - ^{143}\text{Sm}$, $Q_{\beta^+} = 1747(26)$ кэВ (рис.2).2.3. Результаты обработки спектров позитронов ^{155}Dy В спектре позитронов ^{155}Dy выделено четыре компонента. На рис.3 показан график Ферми-Кюри позитронов ^{155}Dy , полученный при обработке одного из четырех измеренных экспериментальных распределений.В таблице 3 приведены результаты обработки экспериментальных спектров позитронов ^{155}Dy - граничные энергии и относительные интенсивности компонентов позитронов. В последней строке приведены средневзвешенные значения $E_{\beta^+гр}$ компонентов позитронов и их относительных интенсивностей.

Таблица 3

Граничные энергии и относительные интенсивности позитронов при распаде ^{155}Dy

Опыт	Граничная энергия $E_{\beta^+гр}$, кэВ				Относительные интенсивности			
	E_{β^+1}	E_{β^+2}	E_{β^+3}	E_{β^+4}	J_{β^+1}	J_{β^+2}	J_{β^+3}	J_{β^+4}
1	1090(25)	1033(4)	846(2)	533(18)	0,028(24)	0,030(14)	1,00:0,095(11)	
2	1084(20)	1041(13)	843(3)	-	0,017(12)	0,047(10)	1,00	
3	1135(41)	1018(6)	845(2)	-	0,031(13)	0,013(4)	1,00	
4	1088(25)	1021(10)	843(3)	539(35)	0,040(18)	0,025(5)	1,00:0,132(13)	
средневзвеш. значение	1090(15)	1030(5)	845(2)	534(16)	0,027(8)	0,021(3)	1,00:0,103(8)	

Относительные интенсивности компонентов позитронов

J_{β^+} / J_{K227} оказались равными для β_1 - 0,027(7), для β_2 - 0,019(3), для β_3 - 0,95(7) и для β_4 - 0,098(10).

Используя значение $(\epsilon/\beta^+)_{\%} / I7$, мы рассчитали $(\epsilon/\beta^+)_{\text{эксп.}}$ при распаде ^{155}Dy для перехода на возбужденное состояние с энергией 227 кэВ ^{155}Tb . На основе анализа данных получено, что $(\epsilon/\beta^+)_{\%}$ в основное состояние ($3/2^+$) составляет 1,2(4)%, а на первое возбужденное состояние ($5/2^+$) с энергией 65,5 кэВ ^{155}Tb - 1,1(2)%.

В таблице 4 приведены величины $J_{\beta^+}(\%)$, экспериментальные и теоретические значения ϵ/β^+ и значения вероятностей заселения уровней ^{155}Tb при бета-распаде ^{155}Dy .

Таблица 4

Значения $J_{\beta^+}(\%)$, ϵ/β^+ , $\log ft$ при распаде ^{155}Dy

$E_{\text{группы}}^{\beta^+}$ кэВ	$J_{\beta^+}(\%)$ в)	ϵ/β^+		Заселяемые уровни ^{155}Tb	$\log ft$
		теор.	г) эксп.		
1090	0,06(2)	22,1(12)		0	8,1(1)
1030	0,04(1)	27,1(5)		65,5	8,1(1)
845	1,95(25)	54,20	36(+8) -6	227,0	6,1(1)
534	0,20(3)	295(40)			6,2(2)

Примечание: в) Из работы /17/ принято, что $J_{K227} = 2,08(20)\%$ на распад ^{155}Dy .

г) ϵ/β^+ теор. взято из таблиц /13/ для разрешенных β^+ -переходов.

На рис.3 в правом верхнем углу приведен фрагмент уровней ^{155}Tb , на котором показано заселение возбужденных состояний ^{155}Tb позитронами при распаде ^{155}Dy . Позитроны ведут к заселению основного 0 кэВ ($3/2^+$), 65,5 кэВ ($5/2^+$), 227 кэВ ($5/2^-$) и возбужденных состояний с энергией ~500 кэВ ^{155}Tb . Отсюда разность масс $^{155}\text{Dy} - ^{155}\text{Tb}$, $Q_{\beta^+} = 2094(2)$ кэВ. Ранее Перссоном и др. /4/ позитроны, ответственные за заселение первого возбужденного состояния с энергией 65,5 кэВ ($5/2^+$) ^{155}Tb , не были обнаруже-

ны. В их работе методом $\beta^+-\gamma$ -совпадений было показано, что интенсивный компонент позитронов с $E_{\text{группы}}^{\beta^+} = 850$ кэВ при распаде ^{155}Dy заселяет возбужденное состояние с энергией 227 кэВ ($5/2^-$) ^{155}Tb .

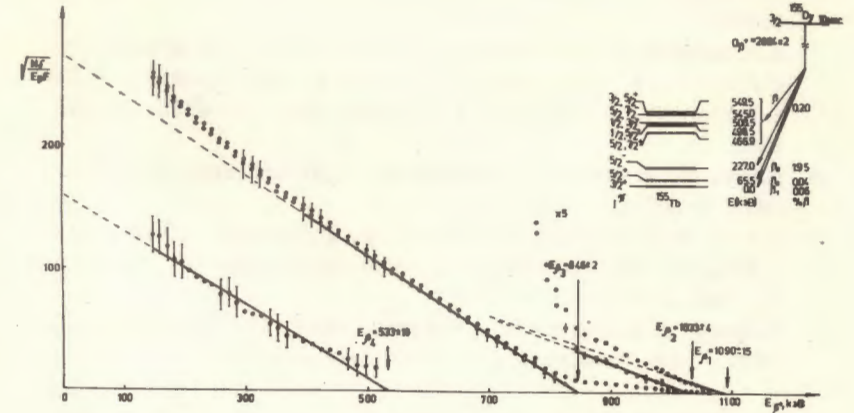


Рис.3 График Ферми-Кюри позитронов ^{155}Dy , полученный при обработке одного из четырех измеренных экспериментальных распределений. В правом верхнем углу приведен фрагмент схемы распада $^{155}\text{Dy} \rightarrow ^{155}\text{Tb}$.

Л и т е р а т у р а

1. К.Я.Громов, Ж.Мелев, Кун Сян-цзинь, Г.Музиоль, Хань Шу-жунь ОИЯИ, Р-2166, Дубна, 1965.
2. I. Adam, K.S. Toth, R.A. Meyer, Phys. Rev., 159, (1967), 985
3. A.H. Warstra, K. Boss, Atomic Data and Nuclear Data Tables, 19/3, (1977), New York-London
4. L. Persson, H. Ryde, K. Oelsner-Ryde, Nucl. Phys., 44, (1963), 653

5. М.Гасиор, И.Громова, Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Н.А.Лебедев, Г.Лизурей, Г.Макарие, Д.Мончка. Тезисы докл. XXVI Совец. по яд. спектр. и стр. ат. ядра, Баку, изд. "Наука", Ленинград, 1976 г. стр. 110.
6. Ф.Молнар, В.А.Халкин, Э.Херрманн, ЭЧАЯ, т.4, вып.4 стр. 1077, (1973).
7. В.П.Афанасьев, А.Т.Василенко, И.И.Громова, Ж.Т.Желев, В.В.Кузнецов, М.Я.Кузнецова, Д.Мончка, Ю.Поморски, В.И.Райко, А.В.Ревенко, В.М.Сороко, В.А.Уткин. ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
8. В.Жук, М.Киселевич, А.Лятушински, Б.П.Осипенко, В.И.Райко, ОИЯИ, 6-10058, Дубна, 1976.
9. К.Я.Громов, Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Г.Лизурей, В.М.Горожанкин, Г.Макарие, сб. "Прикладная ядерная спектроскопия", Атомиздат, М., вып.8, 59, 1978 г.
10. Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Г.Макарие, ОИЯИ, Р6-10183, Дубна, 1976 ; Rev. Roum. Phys., 22/9, 975, Bucarest, 1977
11. Б.С.Джелепов, в кн. "Методы разработки сложных схем распада", "Наука", М., 1974, с.155.
12. Ц.Вывлов, Ш.Оманов, Я.Саржински, В.В.Кузнецов, О.И.Кочетов, Н.Б.Бадалов, Р.Р.Усманов, Н.А.Лебедев, У.С.Салихбаев, Ю.В.Кшкевич, ОИЯИ, Р6-11848, Дубна, 1978.
13. Б.С.Джелепов, Л.Н.Зырянова, Ю.П.Суслов, в кн. "Бета-процессы", Л., "Наука", 1972.
14. И.И.Громова, Т.Крецу, В.В.Кузнецов, Н.А.Лебедев, Г.Макарие, А.В.Потемпа, Е.Сенявски, Тез. докл. XXVII Совец. по яд. спектр. и стр. ат. ядра, Ташкент, 1977 г., изд. "Наука", Л., стр. 78.
15. Т.Крецу, Г.Макарие, А.В.Потемпа, Е.Сенявски, Изв. АН СССР, сер. физ., т.41, №10, 2032, 1977 г.
16. Ц.Вывлов, Ш.Оманов, В.С.Александров, Н.Б.Бадалов, А.Будзяк, В.В.Кузнецов, Р.Р.Усманов, Ю.В.Кшкевич, Тез. докл. XXIX Совец. по яд. спектр. и стр. ат. ядра, Рига, изд. "Наука", Л., 1979 г., стр. 88.
17. К.Зубер, Ц.Вывлов, И.И.Громова, Я.Зубер, ОИЯИ, 6-8517, Дубна, 1975 .

18. М.П.Авотина, А.В.Золотавин, в кн. "Изобарные ядра с массовым числом $A = 147$ ", Л. "Наука", 1971.
19. K.S.Toth, Phys. Rev., C10, (1974), 2550

Рукопись поступила в издательский отдел
19 апреля 1979 года.