

С 341.15

Г- 874

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2166



К.Я. Громов, Ж. Желев, Кунь Сян-цзин,
Г. Музиоль, Хань Шу-жунь

О ПОЗИТРОННОМ РАСПАДЕ Eu^{147}

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

P-2166

3359/1, 48
К.Я. Громов, Ж. Желев, Кунь Сян-цзинь,
Г. Муэколь, Хань Шу-жунь

О ПОЗИТРОННОМ РАСПАДЕ Eu^{147}

Направлено в Изв. АН СССР

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Распад Eu^{147} ($T_{1/2} = 24$ дк), открытого в 1951 году Хоффом и др.^{/1/}, исследовался многими авторами. Краткий обзор этих исследований, опубликованных более чем в 20 работах, дается в работе Джелепова, Желева и др.^{/2/}. В этих работах исследовались спектры конверсионных электронов, γ -лучей, спектры γ - γ совпадений, суммарных γ - γ совпадений и угловых корреляций γ -лучей. На основе этих исследований была предложена схема распада $\text{Eu}^{147} - \text{Sm}^{147}$.

Систематика энергий β -распада ядер, по данным работ Камерона^{/3/}, Риделли^{/4/} и Драницной^{/5/}, предсказывает энергию распада $\text{Eu}^{147} - \text{Sm}^{147}$, равную 1532, 1549 и 2248 кэв, соответственно. Поэтому следует ожидать возникновения позитронов при распаде Eu^{147} . В литературе существовали противоречивые данные относительно β^+ -излучения при распаде Eu^{147} . В первой работе по Eu^{147} ^{/1/} не были обнаружены позитроны. Швердтфегер и др.^{/6/} наблюдали β^+ -излучение, которое, однако, в более поздней работе^{/7/} отнесли к распаду изотопа Eu^{148} . Визи, Громов и др.^{/8/} определили верхний предел интенсивности позитронного излучения при распаде Eu^{147} по отношению к K -конверсионной линии перехода 121 кэв. Определенное значение $< 0,16 \pm 0,05$. В работе Макнальты и др.^{/9/} найдена интенсивность позитронов по интенсивности слабого аннигиляционного пика с энергией 511 кэв в γ -спектре - $(0,54 \pm 0,08)\%$ на распад. В недавно опубликованной работе Джелепова, Желева и др.^{/2/} определены интенсивность позитронного излучения и граничная энергия позитронного спектра Eu^{147} . Они равны 0,38% на распад и 680 ± 15 кэв, соответственно.

Не было до сих пор экспериментальных данных, отвечающих на вопрос, на какой из уровней Sm^{147} идет β^+ -распад Eu^{147} . Макнальты и др.^{/9/} рассчитали интенсивность трех возможных компонент β^+ -излучения на уровни 0; 121 и 198 кэв Sm^{147} из теоретического отношения K/β^+ . Полученные ими значения соответственно равны 0,36; 0,08 и 0,26% на распад. По этим данным, интенсивность всего β^+ -спектра равна 0,74% на распад, значит, в 1,4 раза больше, чем их экспериментальное значение $(0,54 \pm 0,08)\%$ ^{/8/}, и в 2 раза больше, чем значение 0,38%, полученное в работе^{/2/}.

Измерение β^+ -спектра Eu^{147} на β -спектрометре с трехкратной фокусировкой^{/2/} указывает на существование одной компоненты с граничной энергией 630 ± 15 кэв. Авторы работы^{/2/} считают на основании произведенных ими измерений суммарных γ - γ совпадений, что эта компонента идет главным образом в основное состояние Sm^{147} , не исключая возможности заселения β^+ -распадом уровней с энергиями 121 и 198 кэв.

В настоящей работе была предпринята попытка установить прямыми опытами, на какой из уровней Sm^{147} происходит β^+ -распад Eu^{147} . Препарат Eu^{147} был получен при повторном выделении Eu из Gd -фракции спустя трое суток после выделения Gd из танталовой мишени, облученной протонами с энергией 660 Мэв на синхротронном циклотроне в Дубне, и повторно очищен от гадолиния. Таким образом, удалось получить практически чистый препарат Eu^{147} с небольшими примесями Eu^{149} и Eu^{146} , время полураспада которых составляет 108 и 4,8 дней соответственно. Измерения были начаты через два месяца, когда Eu^{146} практически уже отсутствовал. Маленькая примесь изотопа Eu^{149} не может мешать нашим измерениям из-за малой энергии распада этого изотопа (≈ 600 кэв).

Чтобы ответить на вопрос, на какой из уровней Sm^{147} идет β^+ -распад, мы проводили опыты по тройным совпадениям между γ -квантами 511-511 кэв и квантами всего γ -спектра. Блок-схема использованной аппаратуры изображена на рис. 1. Принцип действия аппаратуры описан в работе /10/. Разрешающее время схемы совпадений составляет $\tau = 3 \cdot 10^{-8}$ сек. Детекторы I и II состоят из фотоэлектронных умножителей типа ФЭУ-1 с кристалла $\text{NaI}(\text{Ti})$ размером 4,0 x 4,0 см, а детектор III - из фотоэлектронного умножителя типа M12 FS 100 и кристалла 7,0 x 5,0 см. Энергетическое разрешение, измеренное по γ -линии 862 кэв изотопа Cs^{137} , составляет 8;9 и 11% в детекторах I, II и III, соответственно. Все детекторы защищены друг от друга свинцовым поглотителем. Расстояние между детекторами и источником равно 5 см. Относительная ориентация детекторов была следующая: в первом опыте детекторы I и II расположены под углом 180° , а детектор III - под углом 90° по отношению к I и II. Во втором, так называемом фоновом опыте, детекторы I, II и III ориентированы под углом 90° друг относительно друга. γ -спектры тройных совпадений, полученные в этих двух геометриях, изображены на рис. 2а. На рис. 2б показан спектр разницы. Кривые обоих рисунков поправлены на эффективность всей измерительной системы. Как видно из рисунка 2, четко проявляются два пика с энергиями 120 и 200 кэв. Определенные из этого γ -спектра интенсивности γ -переходов 120 и 200 кэв, совпадающих с β^+ -частицами и поправленные на эффективность всей измерительной системы, относились к числу позитронных распадов Eu^{147} , которые являются результатом вычитания числа двойных совпадений между детекторами I и II в геометрии 180° и 90° . Отсюда следует, что не все позитронные распады направлены на уровни 108 и 122 кэв. Другая серия этих измерений при меньшем коэффициенте усиления в анализирующем канале показала, что β^+ -распад на более высокие уровни не происходит. Поэтому следует считать оставшиеся позитронные распады идущими в основном состоянии Sm^{147} .

Используя значение интенсивности всех β^+ -переходов из работы /2/ - 0,38%

на распад - и используя теоретические значения полных коэффициентов конверсии в согласии с мультипольностями переходов 78;122 и 198 кэв из работы ^{18/}, можно рассчитать интенсивности β^+ - переходов на уровни 0; 121 и 198 кэв на распад. Полученные нами результаты следующие: (0,15 + 0,07); (0,10 + 0,03) и (0,13 + 0,04)% на распад, соответственно.

Энергия распада $E_{\gamma}^{147} - S_{m}^{147}$ определяется в согласии с принятым в работе ^{12/} значением 1852 + 15 кэв.

Интересно сравнить экспериментальные интенсивности β^+ - переходов с расчетными по теоретическому отношению K/β^+ . В таблице 1 даны во втором столбце эти интенсивности по ^{19/}.

В третьем столбце приводятся интенсивности ветвей β^+ -распада, полученные расчетным образом с помощью таблиц ^{10/} с учетом интенсивностей ϵ -захвата на уровни 0; 121 и 128 кэв и энергии распадов по ^{2/}.

Т а б л и ц а 1

Е уровня (кэв)	Интенсивность по ^{19/}	Интенсивность по ^{2/}	Интенсивность по тройным совпадениям
0	0,38	0,240	0,15 + 0,07
121	0,08	0,077	0,10 + 0,03
198	0,28	0,086	0,13 + 0,04 - 0,02
сумма	0,70	0,383	0,38

Из таблицы 1 видно, что теоретические интенсивности β^+ -переходов работы ^{19/} завышены, а рассчитанные по данным работы ^{2/} - занижены по сравнению с экспериментальными значениями. В пределах ошибок наблюдается лучшее согласие наших данных с данными Желелова, Желева и других ^{12/}.

Полученные данные об интенсивностях β^+ - переходов и энергии распада были использованы для определения значений $\log ft$ в схеме распада $E_{\gamma}^{147} - S_{m}^{147}$. Рассчитанные по таблицам Желелова и Зыряновой ^{12/} значения $\log ft$ для β^+ - переходов на уровни 0; 121 и 198 кэв S_{m}^{147} приведены в таблице 2. Полученные нами величины сравниваются со значениями, приведенными в работах Желелова, Желева и др. ^{12/} и Макнальты и др. ^{19/}. Учитывая ошибки при определении интенсивности заселения уровней S_{m}^{147} путем ϵ -захвата и β^+ -распада, можно говорить о хорошем согласии значений $\log ft$. Исключением является значение $\log ft = 8,7$ для захвата электронов на уровень 121 кэв из работы Макнальты и др. ^{19/}.

Т а б л и ц а 2

Е уровня (кэв)	$\log(ft)_{\epsilon, \beta}$ ^{19/}	$\log(ft)_{\epsilon, \beta}$ ^{2/}	$\log(ft)_{\beta^+}$
0	8,4	8,4	8,25 + 0,20
121	8,7	8,5	8,27 + 0,15
198	8,0	8,0	8,10 + 0,15

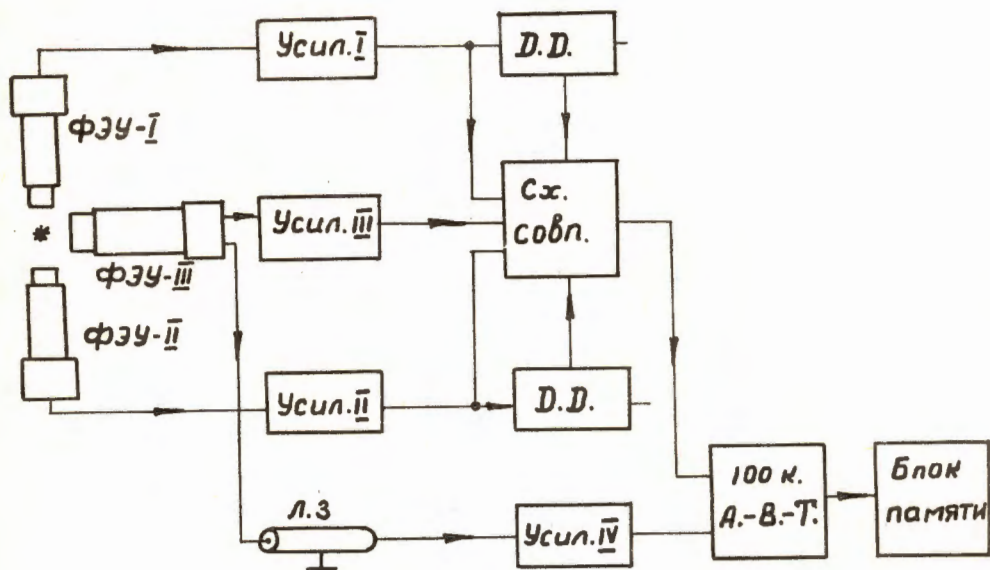
На рис. 3 изображена схема уровней Sm^{147} , составленная на основании данных последних работ по изучению распада Eu^{147} /2,9/ и по нашим результатам относительно β^+ -распада. Введенные нами 3 компоненты β^+ -распада на уровни 0; 121 и 198 кэв Sm^{147} не противоречат ранее разработанной схеме. Значения $\log ft$ для β^+ -переходов подтверждают приписанные раньше уровням 0,21 и 198 кэв характеристики соответственно $7/2$, $5/2^-$, $3/2^-$ и основному состоянию Eu^{147} $5/2^+$. Значение $\log ft$ для уровня 1545 кэв, введенного Маккальты и др. /9/, учитывая энергию распада 1852 + 15 кэв, составляет - 7,3.

Авторы работы выражают благодарность за изготовление препаратов Н.А. Лебедеву и В.А. Халкину, за полезные обсуждения В.Г. Калининкову, за помощь при измерениях В.И.Нихишину и за обеспечение бесперебойной работы электронной аппаратуры Б. Причке.

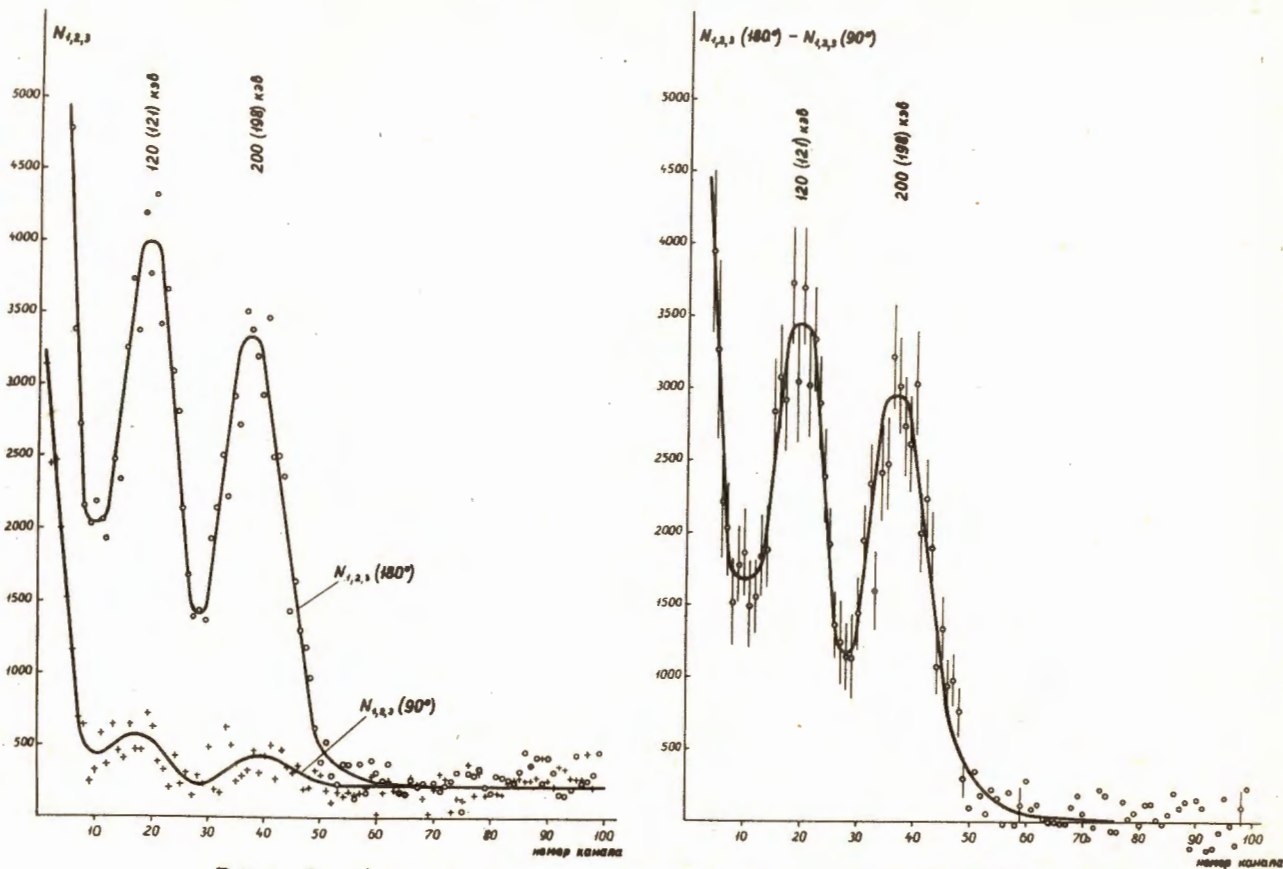
Л и т е р а т у р а

1. R.Hoff, J.Rasmussen, S.Thompson. Phys. Rev., **83**, 1068 (1951).
2. Б. Джелепов, Ж. Желев, В. Калининков, А. Кудрявцева, Н. Лебедев, Ю. Мареев, Ю. Язвickий. Материалы летнего совещания по ядерной спектроскопии в г. Дубна, 1964 г. Препринт ОИЯИ, Р-2161, Дубна, 1965.
3. A.Cameron. A revised Semi Empirical Atomic mass Formula AECL 433 (1957).
4. J.Riddel. A table of Levy's Empirical Atomic Mass. CRP 654 (1956).
5. Г.Ф. Драницына. Препринт ОИЯИ, 959, Дубна, 1962.
6. C.Schwerdtfeger, J.Mihelich, B.Harmatz. Bull Americ. Phys. Soc., **4**, 426 (1959).
7. C.Schwerdtfeger, H.Praak, J.Mihelich. Nucl. Phys., **35**, 168 (1962).
8. И. Визи, К. Громов, Б. Джелепов, Ж. Желев, Ю. Язвickий. Изв. АН СССР, сер. физ., **25**, 1101 (1961).
9. Mc Nulty, E.Funk, Jr., J.Mihelich. Nucl. Phys., **55**, 657 (1964).
10. К. Громов, Д. Еячев, Ж. Желев, И. Звольский, В. Калининков, В. Кузнецов, Ма Хо Ик, Г. Музиоль, Хань Шу-жуи. Препринт ОИЯИ, Р-1846, Дубна, 1964.
11. Л.Н. Зырянова. Уникальные бета-переходы, Изд. АН СССР, М-Л, 1960.
12. Б.С. Джелепов, Л.Н. Зырянова. Влияние электрического поля атома на бета-распад. Изд. АН СССР, М-Л, 1956.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 мая 1965 г.

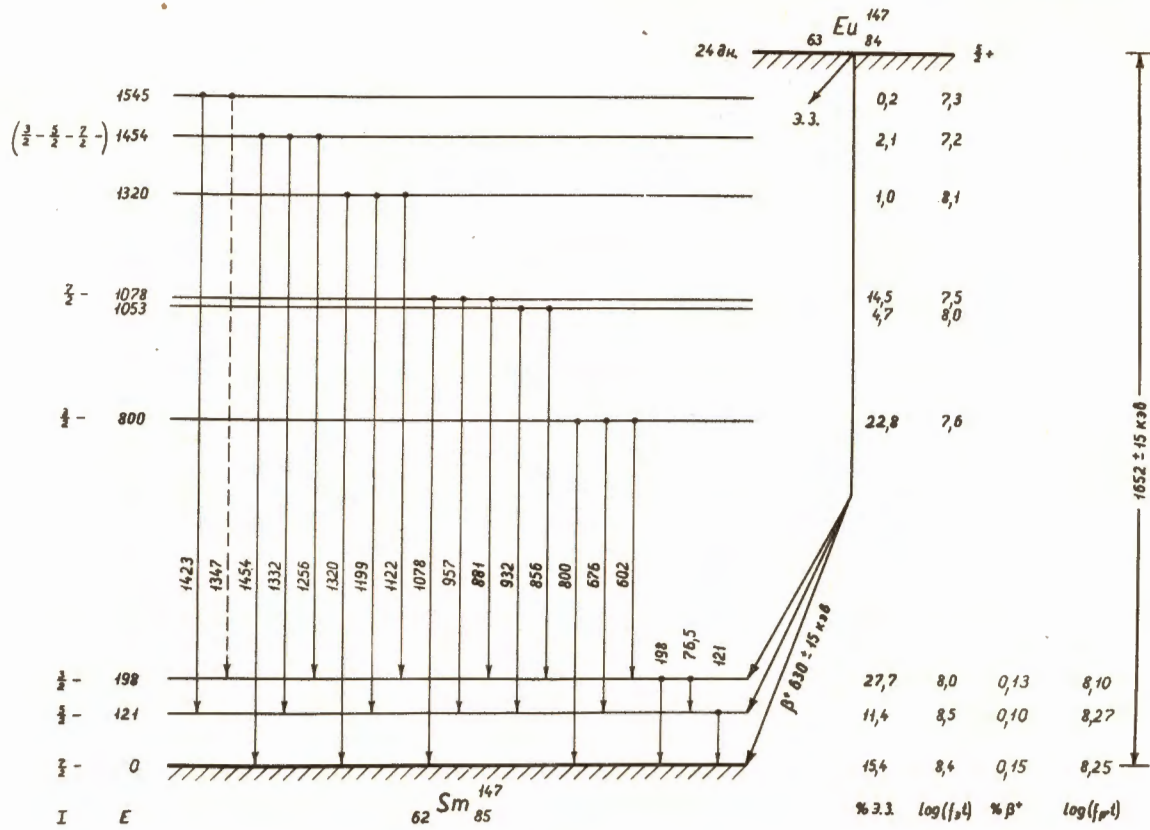


Р и с. 1. Блок-схема сцинтилляционной установки тройных совпадений.



Р и с. 2. а) γ -спектры тройных совпадений между γ -квантами 511-511 кэВ и всем γ -спектром при распаде E_{γ}^{147} , поправленные на эффективность всей измерительной системы.

б) спектр разницы.



Р и с. 3. Схема распада.