

С 341.16

Г- 874

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2167



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

К.Я. Громов, Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин,
В.В. Кузнецов, Кун Сян-цзин, Г. Музиоль,
Хань Шу-жунь, В.А. Халкин

ПОЗИТРОНЫ ПРИ РАСПАДЕ Gd^{147}

1965

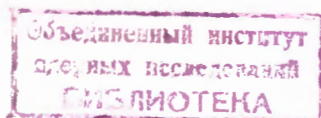
P-2167

3308/3 нр.

К.Я. Громов, Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин,
В.В. Кузнецов, Кун Сян-цзин, Г. Музиоль,
Хань Шу-жунь, В.А. Халкин

ПОЗИТРОНЫ ПРИ РАСПАДЕ Gd^{147}

Направлено в Изв. АН СССР



С помощью сцинтилляционного спектрометра и β -спектрометра с трехкратной фокусировкой пучка исследовалось позитронное излучение изотопа Gd^{147} ($T_{1/2}=38,5$ часов).

Препаратом служила фракция гадолиния, хроматографически отделенная от других редкоземельных элементов - продуктов реакции глубокого отщепления на тантале ($E_p = 660$ Мэв). Танталовая мишень облучалась 2 часа. Химическое разделение длилось 3,5 часа. Помимо Gd^{147} , фракция содержит изотопы гадолиния с $A=153$ (200 дн), 151 (120 дн), 149 (9,3 дн), 148 (46 дн) и 145 (25 мин). Кроме того, в препарате накапливаются дочерние изотопы Eu . Однако периоды полураспада перечисленных изотопов Gd^{147} и дочерних изотопов Eu значительно отличаются от периода полураспада Gd^{147} , что позволяло нам довольно легко различить излучение Gd^{147} от излучений других изотопов.

Изучению распада изотопа Gd^{147} посвящен ряд работ. Наиболее полностью спектр изучен в работах ^{/1-3/}. Конверсионные электроны, сопровождающие распад Gd^{147} , изучались в работах ^{/1,3-7/}. Имеются также работы, где изучались спектры γ - γ -совпадений ^{/2,3/}.

Схема распада $Gd^{147} - Eu^{147}$ впервые была предложена в работе Антоновой и др. ^{/5/} на основе энергетического баланса. Позднее Сорокин и Митрофанов ^{/3/} подтвердили и несколько дополнили предложенную схему на основе полученных результатов по изучению γ - γ -совпадений. Авотина и др. ^{/7/} на основе энергетического баланса значительно дополнили схему распада $Gd^{147} - Eu^{147}$.

О позитронном излучении $Gd^{147} - Eu^{147}$ сообщалось в работе ^{/8/}. Было обнаружено, что при распаде Gd^{147} возникают позитроны с граничной энергией 1020 кэв.

В наших опытах была поставлена задача изучить β^+ -спектр Gd^{147} и выяснить, какие из уровней Eu^{147} заселяются позитронным распадом Gd^{147} .

Для этой цели изучались тройные совпадения между γ -квантами 511-511 кэв и всем γ -спектром. Блок-схема использованной установки изображена на рис. 1. Детекторы I и II состоят из фотоумножителей типа ФЭУ 1С с кристаллами $NaJ(Tl)$ размером 4,0 x 4,0 см, а детектор III - из фотоумножителя M12 FS 100^{x)} с кристал-

^{x)} Производство завода VEB Carl Zeiss - Jena.

лом NaJ (TI) размером 7,0x5,0 см. Энергетическое разрешение, измеренное по γ -линии 662 кэв ^{137}Cs , составляет 8, 9 и 11% в детекторах I, II, III, соответственно. Все три детектора защищены друг от друга свинцовым поглотителем. Расстояние от детекторов до препарата составляет 4 см.

Принцип действия установки и методика измерения и обработки результатов описаны в работе ^{/8/}.

Спектры тройных совпадений $\text{Gd}^{147}(\text{x})$ изображены на рис. 2а^{xx)}. Видно, что в спектре наблюдается лишь фотопик с $E_\gamma = 230$ кэв. Поэтому представляется разумным предположить, что какая-то доля позитронов заселяет уровень 229 кэв. Анализ интенсивности совпадений аннигиляционных γ -квантов с γ -лучами с энергией 230 кэв показывает, что $(90 \pm 20)\%$ числа позитронов, возникающих при распаде Gd^{147} , заселяют уровень 229 кэв. Исходя из схемы распада $\text{Gd}^{147} - \text{Eu}^{147} /10/$, методом тройных совпадений трудно было решить, куда направить оставшуюся долю позитронного распада; на основное состояние или на изомерный уровень с энергией 626 кэв.

Поэтому нами было выполнено подробное изучение β^+ -спектра Gd^{147} с помощью β -спектрометра с трехкратной фокусировкой пучка ^{/11/}. Спектр позитронов оказался сложным. Он состоит из двух компонент с граничными энергиями (970 ± 15) и (1250 ± 50) кэв и относительными интенсивностями 7,1:1,0 (рис. 3 и 4). Компонента с граничной энергией 1250 ± 50 кэв была обнаружена впервые. Сравнение этих результатов с данными по тройным совпадениям показывает, что оставшиеся 10% позитронного распада ($E_{\text{Гр}} = 1250$ кэв) происходят на основное состояние Eu^{147} (рис. 5).

Тогда следует, что разность масс ядер Gd^{147} и Eu^{147} равна (2220 ± 15) кэв. Расчет по полуэмпирическим формулам в работах ^{/12,13,14/} дает для разности масс этих ядер, соответственно, значение 2148, 2329 и 1906 кэв.

Интенсивность позитронов была сравнена с интенсивностью K-конверсионной линии перехода с $h\nu = 932$ кэв (рис. 4). Отношения интенсивностей равны:

$$\frac{I_{\beta^+ (970)}}{I_{K_{932}}} = (2,75 \pm 0,40) \quad \frac{I_{\beta^+ (1250)}}{I_{K_{932}}} = (0,40 \pm 0,06). \quad (1)$$

Поскольку состав смеси ($M1 + E2$) для мультипольности перехода 932 кэв точно не известен, мы в отношениях (1) перешли от интенсивности K_{932} к интенсивности K_{229} , используя данные работы Авотиной и др. ^{/7/}. Коэффициент a_K для перехода

x) Измеренное в геометрии 180 и 90°.

xx) Спектр разности см. на рис. 2б.

229 кэв известен с хорошей точностью $^{3-5/}$. Из баланса интенсивностей переходов в схеме распада Gd^{147} известно $^{3,9/}$, что $\sim 50\%$ ϵ -переходов Gd^{147} происходят на уровень 1555 кэв. Сравнив полную интенсивность перехода 229 кэв с суммарной интенсивностью переходов разряжающих уровень 1555 кэв, получаем, что интенсивность перехода 229 кэв составляет 80% на распад. Для абсолютной интенсивности позитронов, используя перечисленные факты, получаем:

$$I_{\beta^+}(870) = (0,20 \pm 0,04)\% \quad \text{и} \quad I_{\beta^+}(1250) = (0,028 \pm 0,006)\%.$$

Это позволило нам определить значения $\log ft$ β^+ -переходов на уровень 229 кэв и в основное состояние E_u^{147} , которые равны $(7,9 \pm 0,2)$ и $(9,3 \pm 0,2)$, соответственно. Отсюда можно заключить, что β^+ -переход на уровень 229 кэв — однократно запрещенный, а β^+ -переход в основное состояние E_u^{147} следует отнести к уникальным однократно запрещенным.

Полученные нами сведения о позитронах позволяют высказаться о возможных характеристиках основного состояния Gd^{147} . Основное состояние Gd^{147} , согласно одночастичной модели, может быть состоянием $j \ 7/2$ или $h \ 9/2$. В работе Антоновой и др. $^{5/}$ и Сорокина с Митрофановым $^{3/}$ отдается предпочтение характеристике $j \ 7/2$. В этих же работах обосновывается приписание основному состоянию E_u^{147} характеристик ($d \ 5/2$) уровням 229 и 626 кэв ($g \ 7/2$ и $h \ 11/2$), соответственно.

Для объяснения полученных нами величин $\log ft$ для β^+ -переходов нужно предположить, что основное состояние Gd^{147} имеет характеристики $h \ 9/2$. Правда, при этом предложении затруднительно объяснить величину $\log ft$ для ϵ -перехода на уровень 626 кэв. Величина $\log ft$ ϵ -перехода на этот уровень, подсчитанная из баланса интенсивностей γ -переходов ($7,5$), характеризует его как неоднократно запрещенный. Из сделанного нами предположения о характеристиках основного состояния Gd^{147} ϵ -переход на уровень 626 кэв следовало бы принять за разрешенный. Еще труднее было объяснить величину $\log ft$ ϵ -перехода на этот уровень в предположении, что основное состояние Gd^{147} типа $f \ 7/2$. В этом случае ϵ -переход является дважды запрещенным (кроме того, налагается еще запрет по числу l). Все это приводит к тому, что $\log ft$ ϵ -перехода на уровень 626 кэв должен быть равен 13.

Для окончательного решения вопроса о характеристиках основного состояния Gd^{147} необходим более полный баланс интенсивностей γ -переходов в схеме уровней E_u^{147} .

Л и т е р а т у р а

1. V.Shivley, W.Smith, J.Rasmussen. Nucl. Phys., 4, 395 (1957).
2. Э.Е.Берлович, В.Н.Клементьев, М.К.Никитин, Л.В.Краснов. Программа докладов и тезисов XI ежегодного совещания по ядерной спектроскопии. Изд. АН СССР М, 1981.
3. А.А.Сорокин, К.П.Митрофанов. Изв. АН СССР, сер. физ. 25, 799 (1981).
4. В.К.Адамчук, А.А.Башилов, Б.К.Преображенский. Изв. АН СССР (сер. физ.), 22, 819 (1958).
5. Н.М.Антоњева, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображенский. Изв. АН СССР, (сер. физ.), 906 (1958).
6. А.С.Данагулян. Препринт ОИЯИ 959, Дубна 1982.
7. М.П.Авотина, Е.П.Григорьев, А.В.Золотавин, Н.А.Лебедев. Доклад на VII совещании по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов и теория ядра. Препринт ОИЯИ 1915, Дубна, 1984.
8. Н.А.Бонч-Осмоловская, Б.С.Джелепов, О.Е.Крафт, Чжоу Юе-ва. Препринт ОИЯИ 813, Дубна 1980.
9. К.Я.Громов, Д.А.Енчев, Ж.Т.Желев, И.Звольский, В.Г.Калинников, В.В.Кузнецов, Ма Хо Ик, Г.Музиоль, Хань Шу-жунь. Препринт ОИЯИ Р-1846, Дубна 1984.
10. Б.С.Джелепов, Л.К.Пекер, В.О.Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд-во АН СССР, М-Л, 1983.
11. Ж.Т.Желев. Диссертация ОИЯИ, Дубна 1984 г.
12. A.Cameron. A revised - empirical atomic mass formula CRP 690, 1957.
13. J.Riddell. A table of Lewy's empirical atomic mass CRP 654, 1957.
14. Г.Ф.Драницына. Препринт ОИЯИ 858, Дубна 1982 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 мая 1985 г.

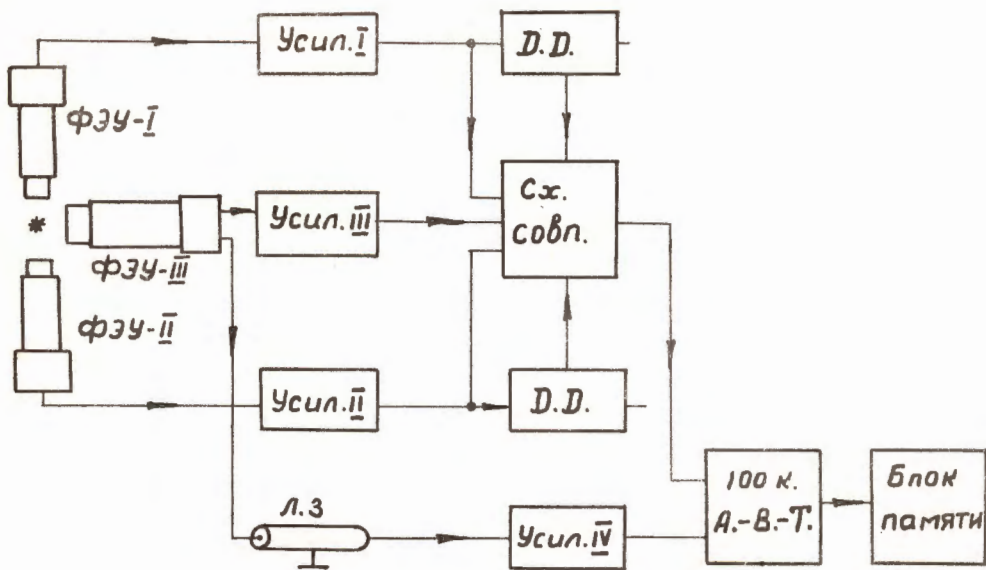


Рис. 1. Блок-схема установки для измерений тройных совпадений.

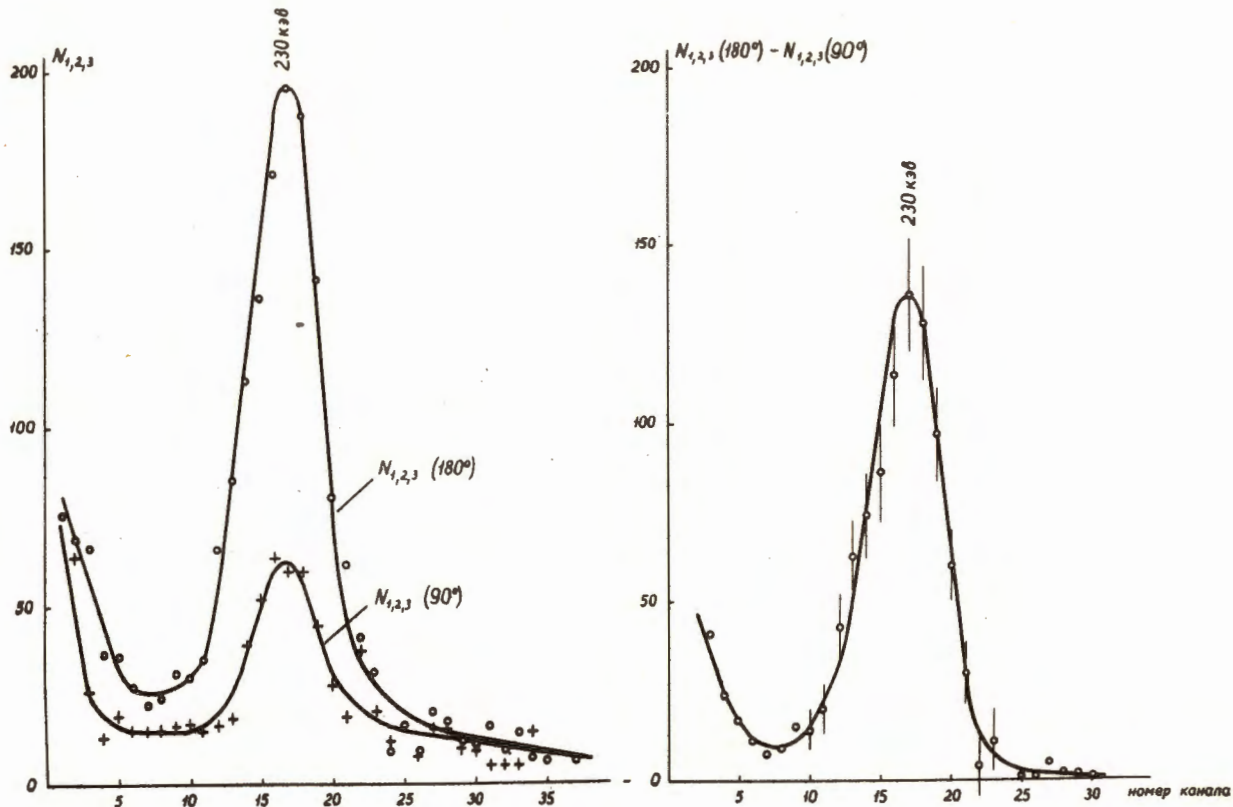


Рис. 2. Спектры тройных совпадений Gd^{147} .
 а) в геометрии 180° и 90°; б) разность спектров.

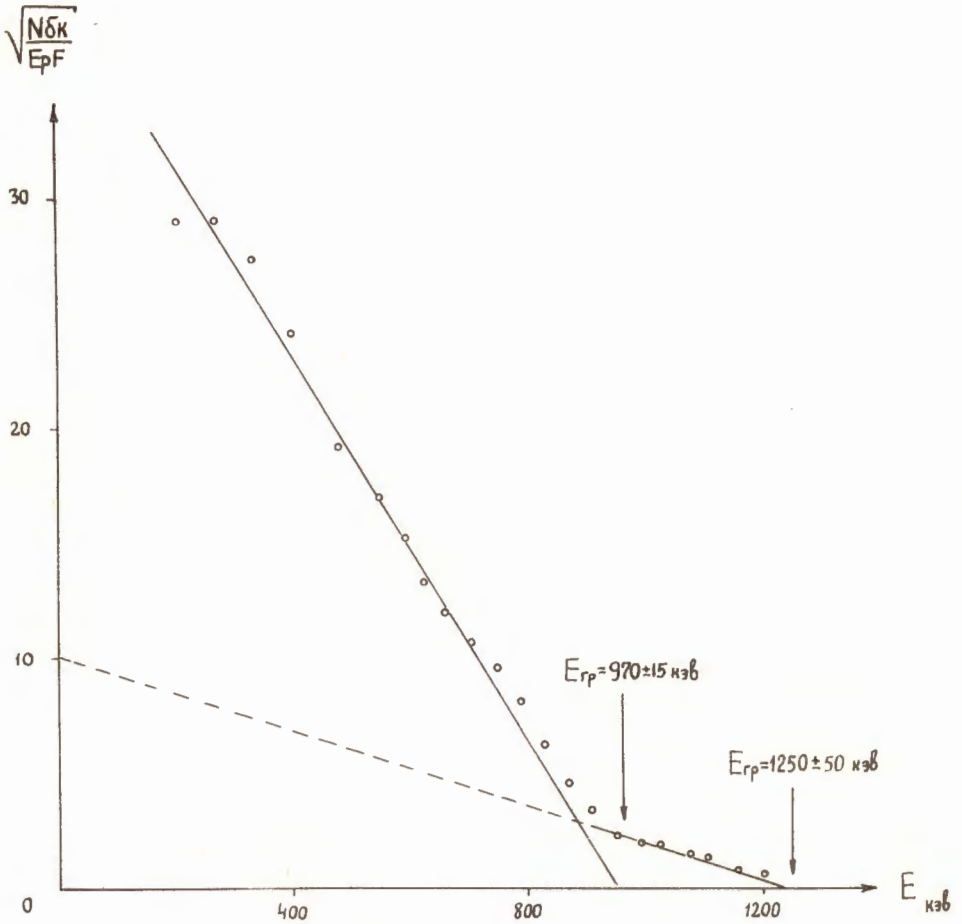


Рис. 3. График Кюри β^+ -спектра Gd^{147} .

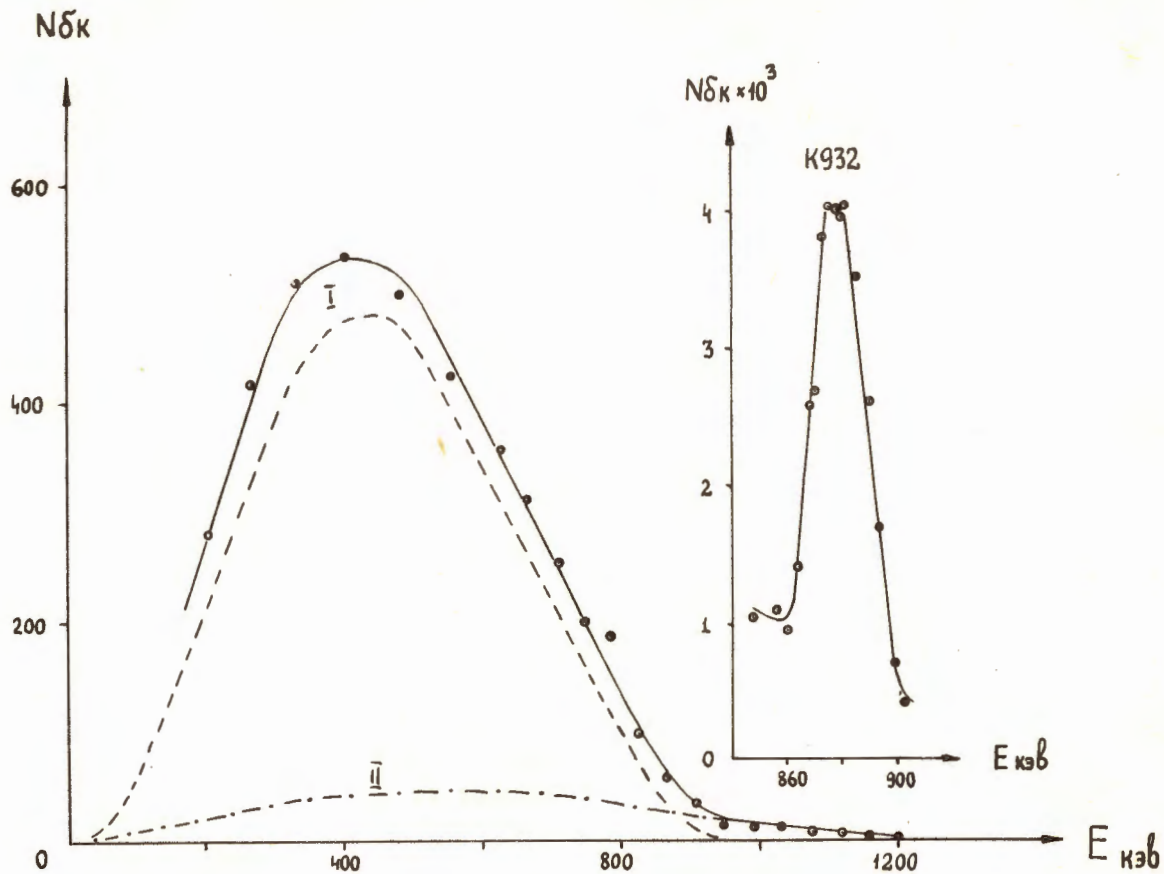


Рис. 4. β^+ - спектр Gd^{147} . Кривая II — спектр жесткой компоненты; кривая I — спектр мягкой компоненты, — получена после вычитания кривой II из экспериментальных точек.

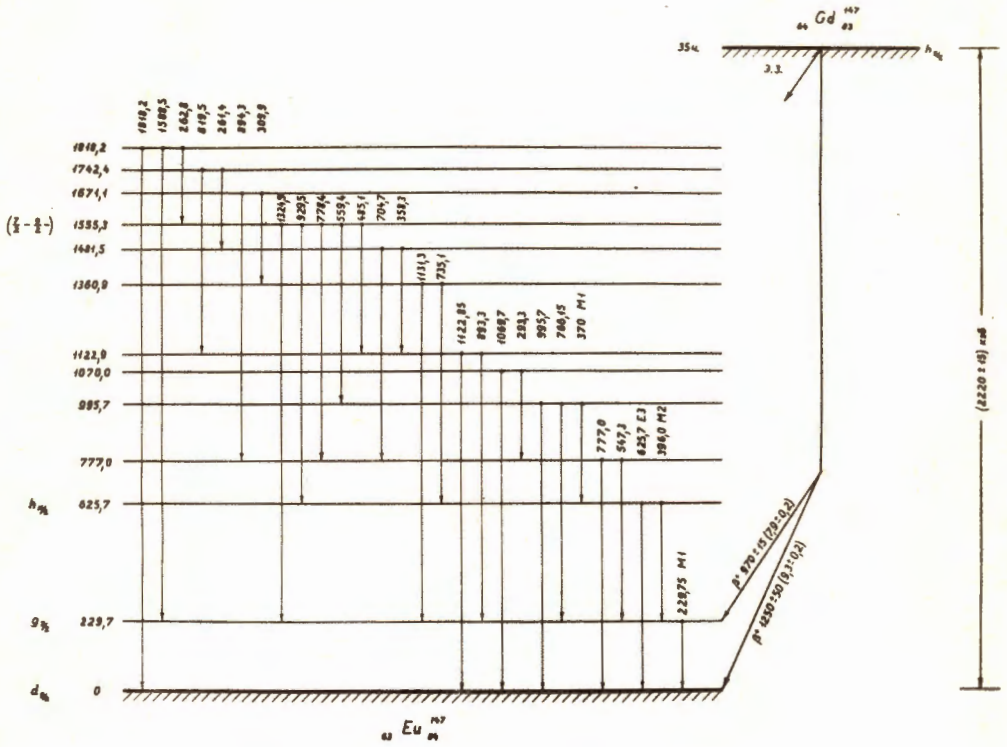


Рис. 5. Схема распада $Gd^{147} - Eu^{147}$.