

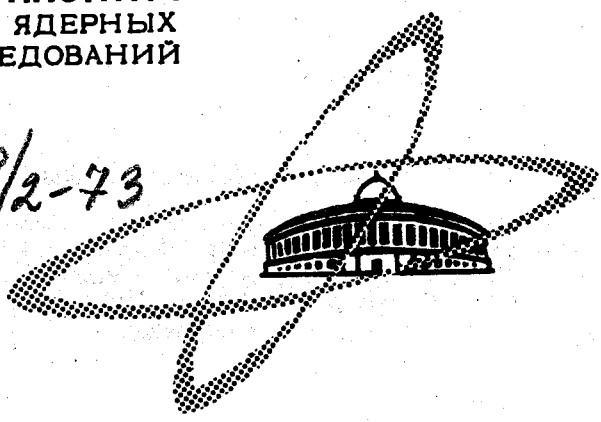
19/11-73

Б-435
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

660/2-73

P6 - 6795



А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурен,
А.М.Кучер, Нгуен Конг Кхань

ПОИСКИ α -ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАСПАДЕ
СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ИЗОМЕРОВ

АБСТРАКТЫ РАБОТ НАУЧНОГО ЦЕНТРА

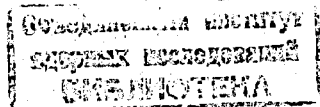
1972

Р6 - 6795

А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурен,
А.М.Кучер, Нгуен Конг Кхань

ПОИСКИ α -ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАСПАДЕ
СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ИЗОМЕРОВ

Направлено в ЯФ



Введение

Спонтанное деление - единственный наблюдаемый в настоящее время вид распада делящихся изомеров, который имеет место в ядрах от урана до берклия. Однако изучение этого вида распада не дает возможности судить о целом ряде характеристик изомерных состояний /энергия, спин, четность, нуклонная конфигурация/. Эти сведения обычно получают из исследования α -или γ -переходов с изомерного уровня /или на изомерный уровень/. Поэтому поиски таких видов распада имеют очень большое значение.

Излучение α -частиц является одним из основных видов распада тяжелых элементов. Поэтому можно ожидать α -излучения и из изомерных состояний. На рис. 1 представлена известная зависимость периода полураспада от энергии α -частиц. Энергия α -перехода из изомерного состояния в основное состояние дочернего ядра составляет 8-9 Мэв /энергия α -распада основного состояния 5,5-6 Мэв и энергия изомерного уровня 2,5-3 Мэв/. Из рис. 1 видно, что таким энергиям α -переходов соответствуют периоды полураспада 0,001 - 1,0 сек. Эти значения близки к периодам полураспада долгоживущих спонтанно делящихся изомеров /в изотопах америция и нечетных изотопах плутония/. Поэтому можно ожидать, что у этих изотопов α -распад из изомерного состояния может конкурировать со спонтанным делением. Если изомерное состояние связано с аномально большой деформацией ядра /1/, то вероятность α -распада значительно увеличится. По расчетам, аналогичным проведенным в работе /2/, при значении параметра деформации $\beta = 0,6$ вероятность α -распада повысится в 100 раз по сравнению с основным состоянием / $\beta = 0,25$ /. В то

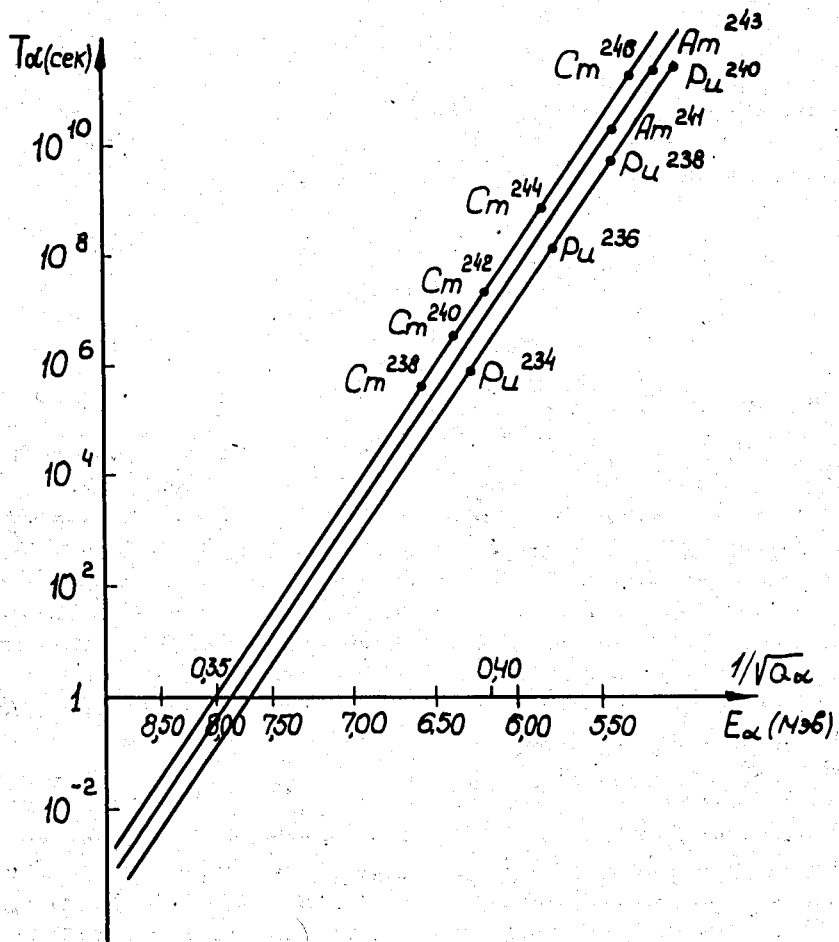


Рис. 1. Зависимость периода полураспада (T_{α}) от энергии α -перехода (E_{α}).

же время может иметь место запрет для α -излучения, связанный с большой разницей в деформациях основного и изомерного состояний.

Проведенные к настоящему времени опыты по поискам α -частиц при распаде спонтанно делящихся изомеров $^{242}\text{Am}/3/$ и $^{236}\text{U}/4/$ дали отрицательный результат. В обоих случаях получена лишь верхняя граница для интенсивности α -излучения с изомерного уровня - $0,1$ α -частицы на акт спонтанного деления. Целью данной работы явились поиски α -частиц с изомерных уровней $^{242}\text{Am}/T_{1/2} = 14$ мсек/, $^{240}\text{Am}/0,9$ мсек/ и $^{241}\text{Pu}/27$ мсек/ с использованием более чувствительной методики.

Экспериментальная установка

Чтобы проводить опыты по поискам α -излучения с достаточно высокой чувствительностью, необходимо использовать для получения спонтанно делящихся изомеров реакции с высокими сечениями, большие интенсивности бомбардирующих частиц и толстые мишени. В данной работе для получения спонтанно делящихся изомеров ^{242}Am , ^{240}Am и ^{241}Pu использовалась реакция $(n, 2n)$, сечение которой при энергии нейтронов $14,7$ Мэв составляет $100-200$ мкбарн $^{5,6/7/}$, что заметно выше сечений реакций с заряженными частицами. Хотя интенсивности нейтронных пучков обычно значительно ниже интенсивности заряженных частиц, в случае нейтронов детектор α -частиц можно располагать непосредственно в пучке бомбардирующих частиц, что повышает эффективность регистрации α -излучения. Поскольку угловое распределение нейтронов близко к изотропному, то для повышения выхода исследуемого излучения необходимо использовать мишени, а, следовательно, и детекторы большой площади. Поэтому для регистрации α -частиц использовался многонитевой пропорциональный счетчик диаметром 120 мм, внутри которого находилась облучаемая мишень. Счетчик был наполнен смесью аргона $/80\%/$ и метана $/20\%/$ до общего давления 1 атм. Анодом счетчика служила система тонких $/0,1$ мм/ параллельно соединенных нитей, расположенных на расстоянии 1 см друг от друга. Катод счетчика состоял из более толстых нитей $/0,3$ мм/, расположенных по обе стороны от анода. Облучаемая мишень располагалась непосредственно за катодом, и α -частицы из мишени, проходя между нитями катода, попадали в чувствитель-

ный объем счетчика. При такой геометрии опыта эффективность регистрации α -частиц составляла 30% от 4 π . Использование в качестве анода системы параллельно соединенных нитей уменьшало разрешающее время счетчика до $\approx 0,1$ мсек.

Опыты проводились на нейтронном генераторе НГ-200 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 2. Пучок дейтонов, ускоренных до энергии 200 кэв, облучал тритиевую мишень, и в результате реакции ${}^3\text{H}(d,n){}^4\text{He}$ испускались нейтроны со средней энергией 14,7 Мэв. Интенсивность нейтронов измерялась сцинтилляционным счетчиком. Модуляция пучка дейтонов, а, следовательно, и нейтронов осуществлялась с помощью плоско-параллельных пластин, на которые подавались прямоугольные импульсы напряжения с амплитудой 600 в. Пропорциональный счетчик с облучаемой мишенью находился в непосредственной близости от тритиевой мишени. Импульсы со счетчика, прошедшие предусилитель и усилитель, а также сигнал с задающего генератора, управляющего модуляцией нейтронного пучка, подавались на 4096-канальный амплитудный анализатор, работающий в двумерном режиме /256x16/. При таком режиме работы на анализаторе получалось 16 амплитудных спектров α -частиц, соответствующих различным временным интервалам как в момент импульса нейтронов, так и в отсутствие нейтронного пучка. Эти спектры позволяли судить об энергетическом и временном распределении испускаемых из мишени α -частиц.

Результаты измерений

На описанной выше установке производилось облучение мишеней ${}^{242}\text{Pu}$, ${}^{243}\text{Am}$ и ${}^{241}\text{Am}$ толщиной 1 мг/см². Все эти мишени имели сильную α -активность и для предохранения от нее пропорционального счетчика закрывались алюминиевой фольгой толщиной до 30 мкм. Таким образом, α -частицы из мишени не попадали в чувствительный объем счетчика, и в измеряемом спектре имелись лишь α -частицы с энергией выше 6,5 Мэв. На рис. 3 представлен один из таких спектров, полученный при облучении ${}^{241}\text{Am}$ нейтронами /в этом случае образуется спонтанно делящийся изомер ${}^{240}\text{Am}$ с периодом полураспада 0,9 мсек/. Виден большой выход α -излучения в момент импульса нейтронов и значительно меньший - в отсутствие нейтронного пучка. Временное распределение α -частиц

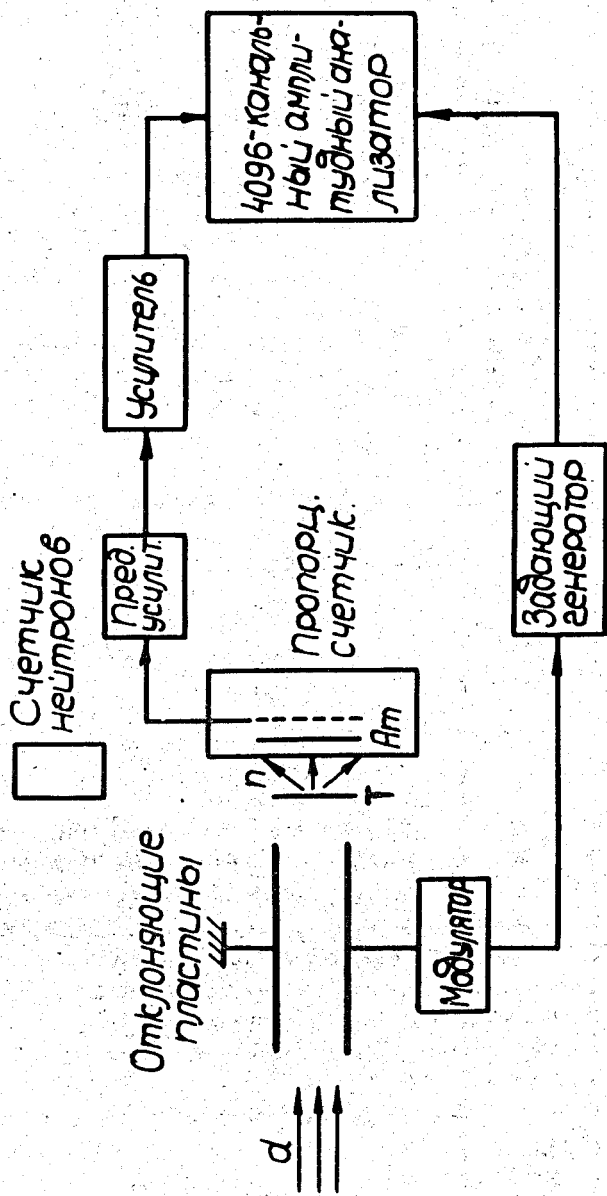


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки.

Таблица

Периоды полураспада для α -излучения с изомерных уровней

Измер	T_f сек	E МэВ	$\frac{W_\alpha}{W_f}$	T_α сек	
				опыт	расчет
^{241}Pu	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$7,83 \pm 0,20$	$< 4 \cdot 10^{-3}$	$> 0,007$	$1 \begin{matrix} +3 \\ -0,8 \end{matrix}$
^{240}Am	$9 \cdot 10^{-4}$	$8,77 \pm 0,20$	$< 2 \cdot 10^{-2}$	$> 0,05$	$0,004 \begin{matrix} +0,012 \\ -0,003 \end{matrix}$
^{242}Am	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$8,52 \pm 0,20$	$< 1,5 \cdot 10^{-2}$	$> 1,0$	$0,02 \begin{matrix} +0,04 \\ -0,015 \end{matrix}$

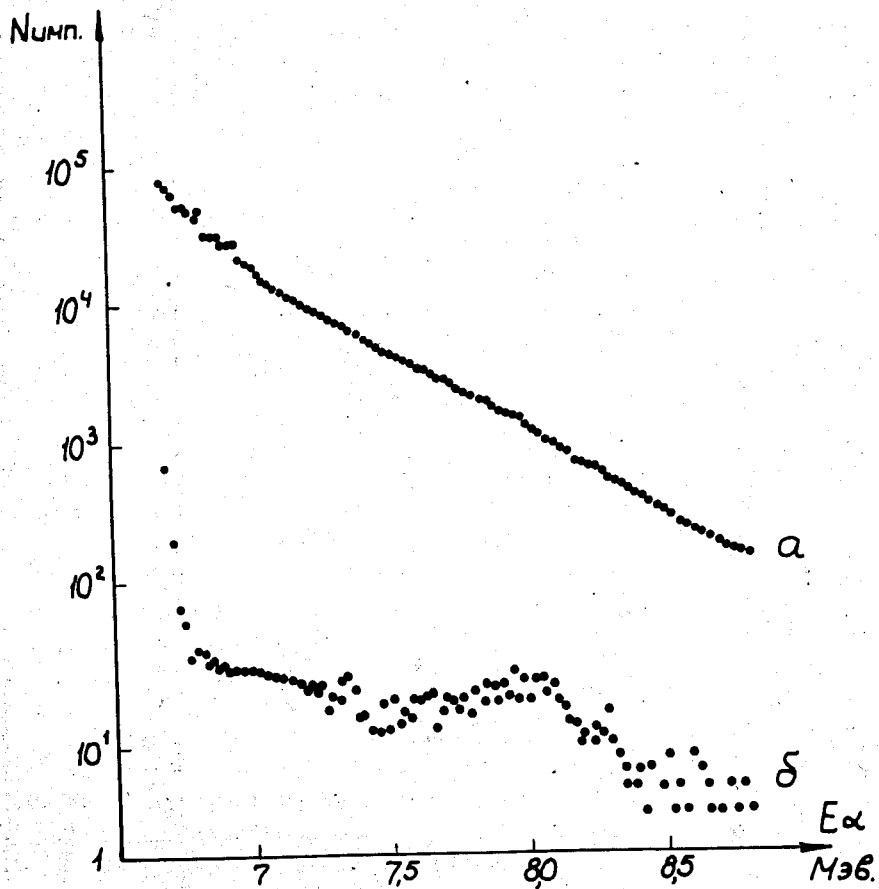


Рис. 3. Энергетический спектр α -излучения в реакции $^{241}\text{Am}(n, 2n)$.
 а - во время импульса нейтронов; б - через 1 мсек после выключения пучка нейтронов. N_α - число α -частиц в канале, E_α - энергия α -частиц.

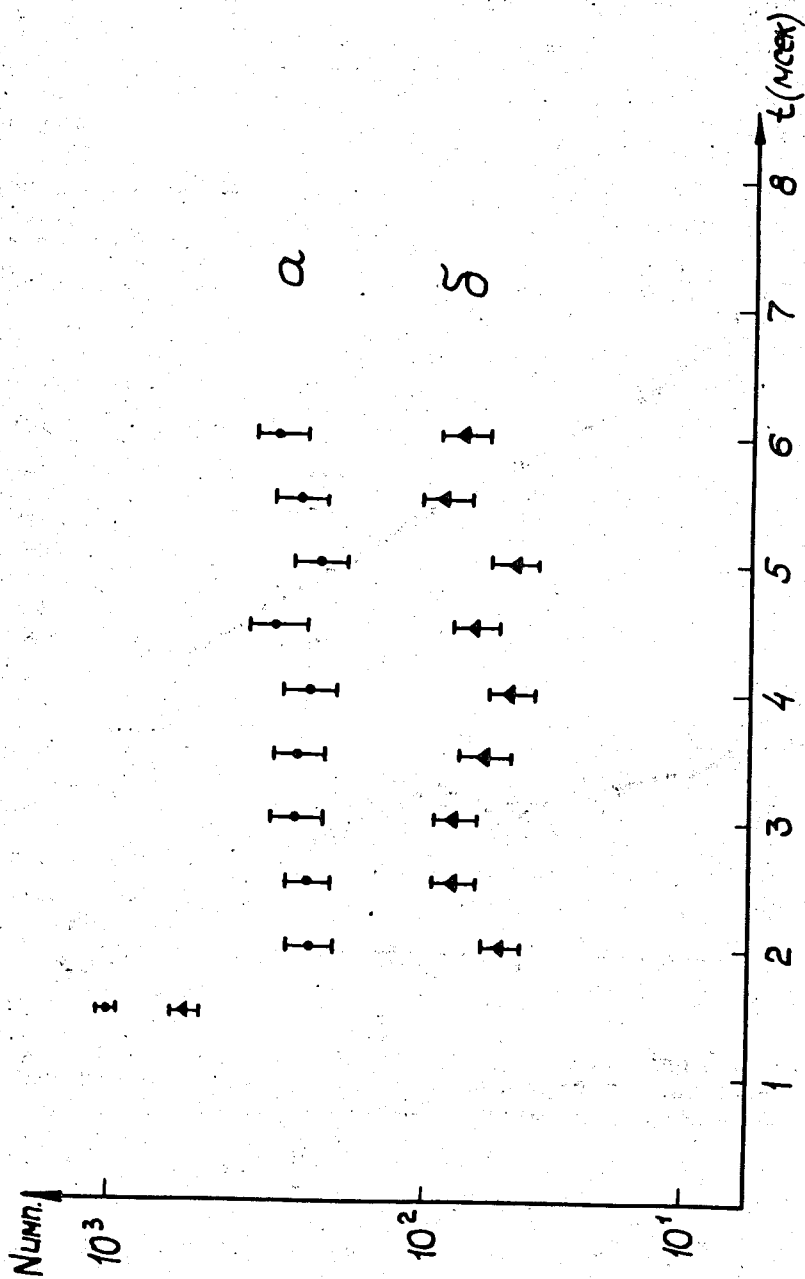


Рис. 4. Временной спектр α -излучения в реакции $^{241}\text{Am}(n, 2n)$ в интервалах энергий α -частиц. а - 7,5 - 8,0 Мэв; б - 8,0 - 8,5 Мэв. N_α - число α -частиц в канале; t - время после прихода запускающего импульса.

для различных интервалов энергии показано на рис. 4. Ширина этого интервала составила 0,5 Мэв, что соответствовало энергетическому разрешению счетчика в условиях эксперимента /поглощающая фольга и высокий уровень фона электронов и γ -квантов/. Из рис. 4 видно, что отсутствуют α -излучатели с энергией выше 7 Мэв и периодом полураспада в области мсек. Такая же картина имеет место и для других исследуемых спонтанно делящихся изомеров ^{242}Am и ^{241}Pu . Из измеренных спектров можно определить верхнюю границу для выхода α -излучения, связанного с разрядкой изомерного состояния. Используя известные значения сечений реакций $(n, 2n)$, приводящих к образованию спонтанно делящихся изомеров ^{242}Am , ^{240}Am , $^{241}\text{Pu}/5,6/$, можно найти верхнюю границу отношения интенсивностей α -излучения и спонтанного деления при разрядке изомерных состояний W_α/W_f . Эти значения верхних границ, а также соответствующие им нижние границы для парциальных периодов полураспада для α -излучения с изомерных уровней представлены в таблице /при этом предполагалось, что время жизни изомерного уровня определяется спонтанным делением/. Для сравнения приводятся периоды полураспада для α -переходов с изомерного уровня в основное состояние дочернего ядра, рассчитанные из известных зависимостей времен жизни от энергии α -распада /рис. 1/. Ошибка в определении энергии изомерного уровня $\pm 0,2$ Мэв /7,8,9/ приводит к неопределенности в периоде полураспада в 10 раз. Однако тем не менее можно видеть, что в случае изомеров америция полученная на опыте нижняя граница для парциального периода полураспада выше ожидаемых времен жизни /для изомера ^{241}Pu чувствительность опытов недостаточна/. Это различие еще более увеличивается, если ожидаемое время жизни меньше за счет большой деформации ядра в изомерном состоянии. Таким образом, полученные в данной работе результаты указывают на существование запрета для α -переходов с изомерных уровней, испытывающих спонтанное деление.

В заключение авторы благодарят Г.Н.Флерова за постоянный интерес к работе.

Литература

1. V.M.Strutinsky. Nucl.Phys., A95, 420 (1967).
2. P.O.Froman. Kgl.Danske Videnskab.Selkab.Mat.Fys.Ser., 1, 3 (1957).
3. R.M.Leachman, B.H.Erkkila. Bull.Am.Phys.Soc., 10, 1204 (1966).

4. А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурен, А.М.Кучер. ЯФ, 14, 685 /1971/.
5. A.F.Linev, B.N.Markov, A.A.Pleve, S.M.Polikanov. Nucl.Phys., 63, 173 (1965).
6. Т.Надь. Автореферат диссертации. ОИЯИ, 15-6373, Дубна, 1972.
7. H.C.Britt, S.C.Burnett, B.H.Erkila, J.E.Linn, W.E.Stein. Phys.Rev., C4, 1444 (1971).
8. Ю.П.Гангрский, Б.Н.Марков, Ю.М.Ципенюк. ЯФ, 11, 54 /1970/.
9. Yu.P.Gangrsky, B.N.Markov, Yu.M.Tsipenjuk. Phys.Lett., 32B, 182 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел
13 ноября 1972 года.