

О ГАММА-КВАНТАХ
ПРИ ЗАСЕЛЕНИИ СПОНТАННО ДЕЛЯЩЕГОСЯ ИЗОМЕРА
В РЕАКЦИИ $^{241}\text{Am}(n, \gamma) ^{242m}\text{Am}$

*Г.В. Вальский, В.Л. Варенцов, Г.А. Петров,
Ю.С. Лева, Я.М. Отчик*

Приводятся первые результаты исследования свойств γ -излучения, сопровождающего заселение спонтанно делящегося изомера ^{242m}Am в реакции захвата тепловых нейтронов.

Изучению короткоживущих спонтанно делящихся изомеров актинидных ядер посвящено большое число теоретических и экспериментальных работ (см., например, [1]), однако до настоящего времени нет надежных данных о квантовых характеристиках спонтанно делящихся состояний и свойствах излучений при их заселении в ядерных реакциях. В то же время эти сведения являются решающими для выяснения природы этого интересного явления в ядерной физике и для прямой проверки широко принятой сейчас гипотезы о двугорбом барьере деления [2], в рамках которой изомерное состояние трактуется как квазистационарное состояние с необычно большой деформацией.

В данной работе сообщаются первые результаты исследований свойств γ -излучения, сопровождающего заселение спонтанно делящегося состояния ^{242m}Am в реакции захвата тепловых нейтронов.

Спонтанно делящийся изомер ^{242m}Am с периодом, полураспада около 14 мсек хорошо исследован в различных ядерных реакциях и является единственным надежно установленным случаем образования спонтанно делящегося изомера в реакции с тепловыми нейтронами [3]. С другой стороны, реакция захвата тепловых нейтронов весьма удобна для изучения механизма заселения спонтанно делящихся состояний, так как возможными по энергетическим соображениям излучениями при этом могут быть только γ -кванты или электроны конверсии.

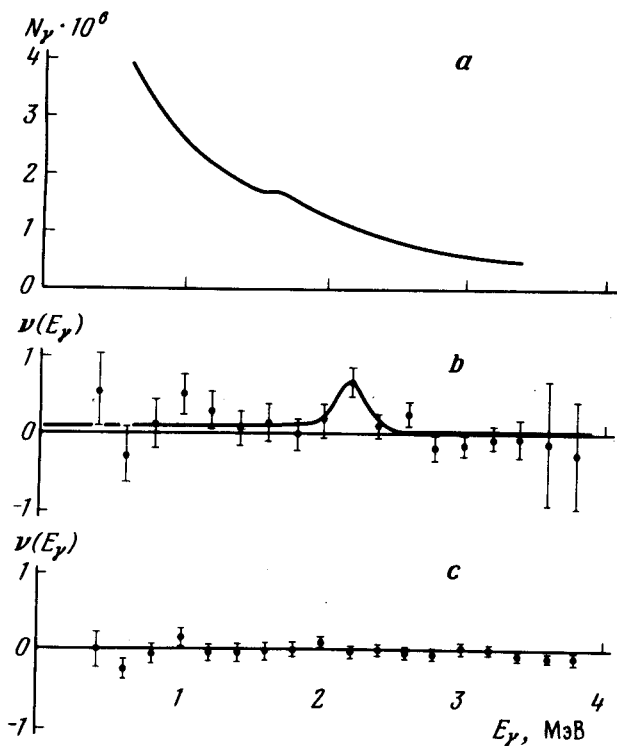
Обнаружение этих излучений является весьма трудной экспериментальной задачей в рассматриваемом случае. Действительно, полное сечение радиационного захвата тепловых нейтронов в этой реакции составляет около 10^3 бн, сечение "мгновенного" деления ~ 3 бн, а сечение образования изомерного состояния с периодом полураспада ~ 14 мсек — только $\sim 6 \cdot 10^{-4}$ бн [3]. Общепринятый метод совпадений в этом случае малоэффективен из-за большого периода полураспада изомерного состояния. К тому же каких-либо данных о форме γ -спектра в жесткой области к настоящему времени не имеется.

Ввиду этого нами была разработана специальная методика измерений, описанная ранее в работе [4]. Кратко ее суть сводилась к следующему. Кольцевая мишень, вращающаяся со скоростью 3000 оборотов в минуту, непрерывно облучалась узким пучком тепловых нейтронов. Образовавшиеся при облучении изомеры ^{242m}Am выносились при вращении из зоны пучка, и акты спонтанного деления регистрировались с эффективностью $\sim 25\%$ кольцевой сборкой из 23-х искровых счетчиков. γ -кванты, испускаемые практически мгновенно после захвата нейтронов, регистрировались с эффективностью $\sim 13\%$ сцинтилляционным спектрометром с кристаллом $\text{NaJ}(\text{Tl})$. Спектры γ -квантов последовательно записывались в соответствующие зоны буферной памяти регистрирующей системы за интервалы времени $\sim 0,67$ мсек в течение каждого оборота мишени. Если в течение оборота ни один из искровых счетчиков не срабатывал, то спектры поочередно заменялись новыми, если же срабатывал какой-то из счетчиков, то все накопленные во время последнего оборота мишени спектры и код номера искрового счетчика передавались в ЭВМ для обработки. С помощью ЭВМ при обработке такого события отдельно записывался спектр, содержащий искомый "эффект", все прочие спектры использовались для определения фона.

Такая методика измерений позволяла с высокой эффективностью и практически одновременно измерять "эффект" и "фон", что было весьма существенно, так как искомый спектр γ -квантов при заселении изомерного состояния получался как разность больших чисел. Для проверки правильности работы установки и надежности вычитания спектра фона были выполнены "нулевые" эксперименты. В одном из них вместо импульсов регистрации актов спонтанного деления использовались случайные импульсы от внешнего источника. Другой вид "нулевого" эксперимента состоял в заведомо неверном выборе γ -спектра "эффекта" из буферной памяти при срабатывании искровых счетчиков и проводился одновременно с основным экспериментом. Все контрольные опыты показали правильность работы системы и корректность вычитания фона даже в случае наличия в спектре острых пиков.

Чистое время измерений составляло ~ 4 месяца, причем было накоплено $\sim 10^5$ актов спонтанного деления. На рисунке представлены основные результаты измерений: а) спектр γ -квантов, накопленный в совпадениях с запаздывающими делениями (до вычитания фона); б) разностный спектр (после вычитания фона); в) результат "нулевого" опыта с внешним источником. В данном эксперименте исследовалась область энергий γ -квантов от 0,4 до 3,8 МэВ. В связи с тем, что на этом этапе работы ставилась задача получить общие сведения о характере

спектра γ -квантов и, в первую очередь, установить сам факт их наличия, амплитудный анализ производился по 18 каналам с шириной канала 0,2 МэВ.



Экспериментальные результаты. *a* — Спектр γ -квантов, полученный в совпадениях с запаздывающими делениями (до вычитания фона). Виден пик, связанный с активацией $A1$; *b* — разностный спектр (после вычитания фона); *c* — результат нулевого опыта с внешним источником.

Для проверки статистической значимости наблюдаемого в разностном спектре отклонения при $E_\gamma = 2,2$ МэВ была произведена математическая обработка данных для трех гипотез о виде γ -спектра разности: 1) $y = 0$, 2) $y = a e^{-bx}$, 3) $y = f(x)$, где $f(x)$ — аппроксимация ответной функции сцинтилляционного спектрометра для монохроматической γ -линии, показанная на рис. *b* сплошной кривой. Уровни значимости гипотез оказались равными 0,10; 0,85 и 0,98 соответственно. Из значений параметров, служивших для подгонки кривой $f(x)$ к экспериментальным данным, было получено в рамках последней гипотезы: энергия, соответствующая максимуму пика, $E_\gamma = 2,2 \pm 0,08$ МэВ, выход фотонов с этой энергией на один образовавшийся изомер $Y = 1,3 \pm 0,4$. Однако, поскольку даже "нулевая" гипотеза не может быть надежно отвергнута (уровень значимости 10%), для окончательного выбора между гипотезами потребуются дополнительные измерения на более совершенной установке.

В заключение авторы выражают свою глубокую признательность К.И.Турапиной, Т.К.Звездкиной, Д.В.Николаеву и Г.И.Каражановой, труд которых во многом способствовал выполнению этой работы.

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
18 августа 1978 г.
После переработки
1 ноября 1978 г.

Литература

- [1] С.М.Поликанов. Изомерия форм атомных ядер, М., Атомиздат, 1977.
- [2] V.M.Strutinsky, S.Bjornholm. Nucl. Struct. Dubna Symposium, 1968, p. 420.
- [3] Г.В.Вальский и др. ЯФ, 22, 701, 1975.
- [4] Г.В.Вальский и др. Материалы 4-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике. Киев, 18 – 22 апреля 1977, М., 1977.
-