

ПОИСК ЭФФЕКТА „ИЗОМЕРНЫЙ ШЕЛЬФ” ПРИ ФОТОДЕЛЕНИИ ^{232}Th

Ю.Б.Остапенко²⁾, Г.Н.Смиренин²⁾, А.С.Солдагов²⁾,
Ю.М.Ципенюк¹⁾

Приводятся результаты измерений глубокоподбарьерного выхода реакции $^{232}\text{Th}(\gamma, f)$ при облучении тормозными γ -квантами с граничной энергией E_{max} от 3,3 до 4,8 МэВ и угловой анизотропии осколков фотоделения в околопороговой области энергии $E_{max} = 5,4 \div 6,8$ МэВ. Оба опыта, поставленные с целью проверки указаний на существование эффектов, связанных с явлением „изомерный шельф”, дали отрицательный результат.

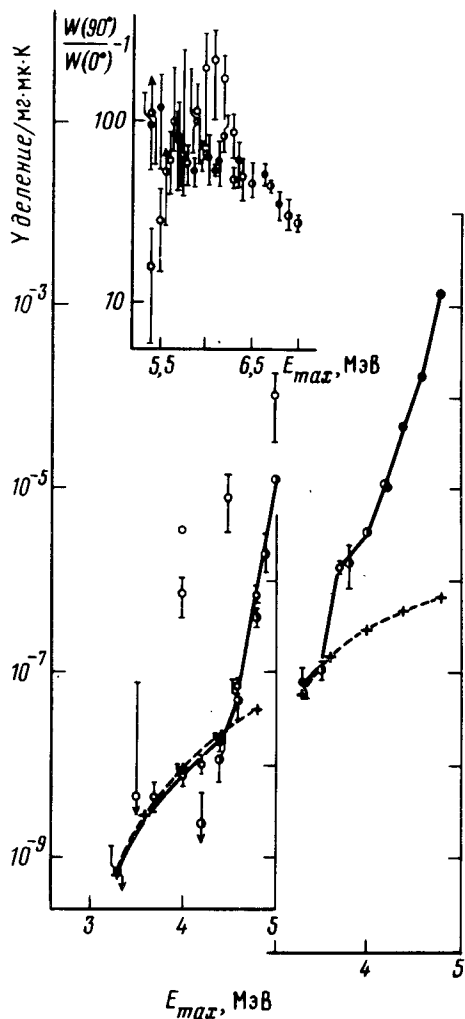
При подбарьерном фотоделении выход реакции экспоненциально убывает с энергией на четыре – пять порядков на интервале 1 МэВ, пока не достигнет участка значительно более медленного падения, названного „изомерным шельфом”, где над мгновенным делением начинает преобладать задержанное, которое происходит в результате радиационной разрядки делящегося ядра во второй яме, образования и последующего спонтанного деления изомера формы^{1,2}. Разная скорость изменения вероятности мгновенного и задержанного процесса деления с энергией объясняется тем, что первая определяется проницаемостью обоих горбов $\sim T_A(E)T_B(E)$, а вторая – только проницаемостью одного внутреннего $\sim T_A(E)$. Наблюдение этой особенности полного выхода реакции (γ, f) , физически интересное само по себе, является одним из наиболее чувствительных способов исследования маловероятных событий образования и распада спонтанно-делящихся изомеров. В частности, с ним связывалась возможность обнаружения изомерии формы у легких актинидов типа ^{232}Th . Из-за противоречивости и низкой точности экспериментальных данных²⁻⁴ по этому важному для теории вопросу получить ответ пока не удалось. Мы попытались восполнить этот пробел с помощью новых экспериментов, результаты которых приводятся в данном сообщении. Измерения были выполнены на тормозном пучке микротронов ИФП АН СССР и Физико-энергетического института.

В одном из экспериментов были измерены выходы $Y(E_{max})$ реакции $^{232}\text{Th}(\gamma, f)$ для граничных энергий тормозного спектра $3,3 \text{ МэВ} \leq E_{max} \leq 4,8 \text{ МэВ}$, где в наших прежних измерениях³ на краю диапазона $E_{max} = 4,2 - 4,8$ МэВ было установлено значительное рас-

¹⁾ Институт физических проблем АН СССР.

²⁾ Физико-энергетический институт

хождение с работой ⁴, но продвинуться вниз по энергии не удалось из-за низкой статистики актов деления. Чтобы сделать шаг вперед по сравнению с работой ³ мы увеличили количество используемых образцов тория и продолжительность экспозиций, так что количество зарегистрировавшихся событий возросло примерно в 20 раз. С целью более полного сравнения с результатами ранних измерений ³ одновременно с ²³²Th облучались образцы из ²³⁶U, ²³⁸U и ²³⁷Np. В остальном постановка и условия измерений (детекторы из слюды, геометрия опыта, интенсивность пучка электронов и др.) остались такими же.



Выход реакции деления ²³²Th (слева) и ²³⁶U (справа) тормозными γ -квантами: ● — данные настоящей работы, ○ — ³, ○ — ⁴. Пунктиром показан фон от нейтронов Be (γ, n)-реакции. На вставке — угловая анизотропия деления ²³²Th тормозными γ -квантами: ● — настоящая работа, ○ — ¹⁰, ○ — ⁹

В основной части рисунка результаты эксперимента для ²³²Th и ²³⁶U сравниваются с данными работ ³ и ⁴. Новая серия измерений в перекрывающихся областях энергии хорошо согласуется с ранней ³ для всех ядер, в том числе не обсуждаемых здесь ²³⁸U и ²³⁷Np, подтверждая сильное расхождение с работой ⁴ (см. также ^{1, 5}). В неисследованной нами ранее области E_{max} новые результаты для обоих изотопов обнаружили резкое уменьшение наклона выходов dY/dE_{max} : у ²³²Th при $E_{max} < 4, 4$ МэВ, у ²³⁶U при $E_{max} < 3,5$ МэВ. Поведение $Y(E_{max})$ в случае ²³²Th легко принять за явление „изомерный шельф“. В то же время оно очень похоже на зависимость от энергии фона делений нейтронами фоторасщепления Be, полученную в работе ³ и в настоящей серии измерений. Кроме того, если принять, что уменьшение наклона dY/dE_{max} у ²³⁶U тоже вызвано фоном нейтронов Be (γ, n)-реакции, то выход делений под действием Be (γ, n)-нейтронов и выход $Y(E_{max})$ для ²³²Th в

основных измерениях, как показано на рисунке, в пределах ошибок практически совпадают. Специально поставленными опытами было установлено, что основным источником такого фона является бериллий, содержащийся в слюде детекторов в количестве несколько единиц мкг/г.

В свете изложенного представляется несостоятельной интерпретация результатов в работе ⁴, согласно которой „изомерный шельф” для ²³²Th обнаруживается при значениях выхода, на один — два порядка превышающих уровень фона в наших измерениях. Можно ли в случае ⁴ объяснить наблюдаемый эффект также влиянием нейтронов фоторасщепления Be, — зависит и от относительного содержания Be в слюде, и от толщины детекторов (в наших опытах она составляла 10 — 20 мкм). Данные о химическом составе слюды мусковит ⁶ свидетельствуют, что в зависимости от месторождения содержание Be колеблется в весьма широких пределах: 1 — 30 мкг/г.

Сравнение экспериментальных данных о выходе $Y(E_{max})$ позволяет заключить, что вероятность задержанного деления ²³²Th, по крайней мере, в 10^3 раз меньше, чем в случае ²³⁶U и ²³⁸U. Полученная оценка находится в разумном соответствии с результатами теоретических расчетов барьеров деления ⁷, предсказывающих значительное уменьшение высоты внутреннего горба при переходе от U к Th и, как следствие этого, резкое возрастание относительной вероятности радиационной разрядки изомера формы в первую яму.

Нами в работе ⁸ было показано, что, используя изотропность задержанного деления, вклад его в полный выход фотоделения четно-четных ядер можно выделить по поведению угловой анизотропии осколков $W(90^\circ)/W(0^\circ)$ даже в той области энергий, где преобладает мгновенное деление. Недавно было сообщено об эксперименте ⁹, обнаружившем падение угловой анизотропии фотоделения ²³²Th с уменьшением энергии E_{max} от 6,1 до 5,4 МэВ. Несмотря на околопороговый характер наблюдавшегося в ⁹ эффекта, авторы связали его происхождение с проявлением „изомерного шельфа”. Важность следствий, которые можно извлечь из этих результатов, с одной стороны, и расхождение их с ранними нашими данными ¹⁰ с другой, побудили нас повторить измерения угловой анизотропии фотоделения ²³²Th в околопороговой области. Результаты этого опыта на вставке к рисунку сравниваются с экспериментальными данными работ ⁹ и ¹⁰. Наши данные, как новые, так и более ранние ¹⁰ не подтверждают зависимость, которая наблюдалась в работе ⁹.

Таким образом, поиски задержанного фотоделения ²³²Th в настоящей работе дали отрицательный результат, и он соответствует имеющимся представлениям о барьере деления.

Литература

1. Bowman C.D., Schroder I.G., Dick C.E., Jackson H.E. Phys. Rev., 1975, C12, 863.
2. Жучко В.Е., Игнатюк А.В., Остапенко Ю.Б., Смиренин Г.Н., Солдатов А.С., Ципенюк Ю.М. Письма в ЖЭТФ, 1975, 22, 255.
3. Жучко В.Е., Остапенко Ю.Б., Смиренин Г.Н., Солдатов А.С., Ципенюк Ю.М. ЯФ, 1978, 28, 1185.
4. Bowman C.D., Schröder I.G., Duvall K.C., Dick C.E. Phys. Rev., 1978, C17, 1086.
5. Ostapenko Yu.B., Smirenkin G.N., Soldatov A.S., Tsypenyuk Yu.M. Phys. Rev., 1981, C24, 529.
6. Бейс А.А. Геохимия бериллия. М.: изд. АН СССР, 1960, 226.
7. Möller P., Nix J.R. Phys. and Chem of Fission V.1. Vienna, IAEA, 1974, 103
8. Zhuchko V.E., Ignatyuk A.V., Ostapenko Yu.B., Smirenkin G.N., Soldatov A.S., Tsipenyuk Yu.M. Phys. Lett., 1977, 68B, 323.
9. Bellia G., Calabretta L., Del Zoppa A. et al. Phys. Rev., 1981, C24, 2762.
10. Игнатюк А.В., Работнов Н.С., Смиренин Г.Н., Солдатов А.С., Ципенюк Ю.М. ЖЭТФ, 1971, 61, 1284.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Физико-энергетический институт

Поступила в редакцию
23 апреля 1983 г.