

1299



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

---

Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, К.А. Гаврилов, В.Л. Михеев,  
В.П. Перельгин, А.А. Плева

P-1299

ОБРАЗОВАНИЕ СПОНТАННО ДЕЛЯЩЕГОСЯ ИЗОМЕРА  
В РЕАКЦИЯХ С  $\alpha$ -ЧАСТИЦАМИ И ДЕЙТРОНАМИ

*ЖЭТФ, 1963, т.45, в.5, с.1396-1398*

Дубна 1963

Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, К.А. Гаврилов, В.Л. Михеев,  
В.П. Перельгин, А.А. Плева

P-1299

ОБРАЗОВАНИЕ СПОНТАННО ДЕЛЯЩЕГОСЯ ИЗОМЕРА  
В РЕАКЦИЯХ С  $\alpha$ -ЧАСТИЦАМИ И ДЕЙТРОНАМИ

Направлено в ЖЭТФ

1971/3 чр.  
Дубна 1963

В работах /1, 2, 3/ сообщалось об экспериментах по изучению спонтанно делящегося изомера, образующегося при облучении  $U^{238}$  тяжелыми ионами. Одним из основных выводов этих работ было то, что для наблюдаемого изомера вероятность спонтанного деления более чем в  $10^{10}$  раз превышала вероятность спонтанного деления для основного состояния ядра.

Для более детального исследования обнаруженного явления было бы крайне важно точно идентифицировать полученный изомер и получить сведения о его спине. Но, как известно, реакции с тяжелыми ионами протекают через большое число каналов. Поэтому они не очень удобны для точной идентификации того или иного изотопа. В связи с этим нами были предприняты попытки получить спонтанно делящийся изомер в реакциях с  $\alpha$ -частицами и дейтронами. В опытах использовалась аппаратура, аналогичная описанной в работе /1/. Как и в экспериментах с тяжелыми ионами, использовался метод выбивания продуктов ядерных реакций из мишени за счет импульса бомбардирующих частиц. Поскольку пробег ядер отдачи при облучении плутония дейтронами с энергией  $\approx 20$  Мэв, согласно оценкам /4, 5/, составляет  $\approx 25$  мкг/см<sup>2</sup>  $PuO_2$ , особое внимание было уделено методике изготовления мишеней. Вещество мишени предварительно очищалось от примесей ионообменным методом. Затем оно растворялось в смеси этилового спирта и ацетона с небольшим количеством нитроклетчатки и наносилось на подложку капиллярным методом послойно (15-20 слоев). Каждый слой прокаливался в течение 15 мин при 500°C. Количество плутония и америция на всех изготовленных мишенях было около 60 мкг/см<sup>2</sup>. Мишень из урана имела толщину 500 мкг/см<sup>2</sup>. Сборником ядер отдачи служил алюминиевый диск, вращавшийся со скоростью 850 об/мин. Регистрация осколков спонтанного деления ядер производилась с помощью полупроводниковых детекторов и фотопластинок.

Нами были проведены облучения  $\alpha$ -частицами с энергией 39,8 Мэв мишеней из смеси  $Pu^{242}$ ,  $Pu^{241}$ ,  $Pu^{240}$ , из  $Am^{243}$  с примесью  $Am^{241}$ , из  $Pu^{239}$  и из  $U^{238}$ . В опытах с мишенями из  $Am^{243,241}$ ,  $Pu^{242-240}$  и  $Pu^{239}$  были зарегистрированы осколки спонтанного деления с коротким периодом. В эксперименте с  $U^{238}$  эффект не наблюдался. Данные по распаду спонтанно делящихся ядер, полученные в опытах с  $\alpha$ -частицами, представлены на рис. 1. На этом рисунке можно выделить лишь один период полураспада, равный  $12,6 + 1,1$  мсек.

Кривые выхода спонтанно делящихся ядер при облучении мишеней из плутония и америция представлены на рис. 2. Изменение энергии  $\alpha$ -частиц производилось с помощью алюминиевых фольг. Оценки сечения образования спонтанно делящихся ядер при облучении  $Pu^{239}$  дают величину  $4 \cdot 10^{-32}$  см<sup>2</sup>, что следует рассматривать как нижнюю границу, поскольку угловое распределение продуктов реакций нам неизвестно.

В опытах с дейтронами были проведены облучения мишеней из  $Pu^{242-240}$  и  $Pu^{239}$ .

При облучении  $Pu^{242-240}$  дейтронами с энергией 19,8 Мэв выход спонтанно делящихся ядер на 1 мка-час был в два раза больше, чем при облучении этой же мишени  $\alpha$ -частицами с энергией 39,6 Мэв. При уменьшении энергии дейтронов до 16,2 Мэв уменьшения выхода спонтанно делящихся ядер не наблюдалось. В опыте с  $Pu^{239}$  эффект не наблюдался. Данные по распаду спонтанно делящихся ядер, полученные в опытах с дейтронами, представлены на рис. 3. Значения периодов полураспада, полученные в опытах с  $\alpha$ -частицами ( $12,6 \pm 1,1$  мсек) и дейтронами ( $14 \pm 2$  мсек), хорошо согласуются с величиной  $13,5 \pm 1,2$  мсек, полученной в опытах с тяжелыми ионами<sup>/8/</sup>. Совпадение периодов полураспада свидетельствует в пользу того, что как в опытах с тяжелыми ионами, так и в опытах с  $\alpha$ -частицами и дейтронами, синтезируется один и тот же спонтанно делящийся изомер. Поскольку этот изомер кроме спонтанного деления, может испытывать и  $\alpha$ -распад с энергией, согласно систематике<sup>/7/</sup>, свыше 8 Мэв, соответствующей времени жизни  $\approx 10^{-2}$  сек, были поставлены опыты по обнаружению ветви  $\alpha$ -распада. Пока, однако, установлена лишь верхняя граница этого эффекта  $\sigma_{\alpha} / \sigma_{оск} < 50$ .

Из опытов по облучению  $Pu^{242-240}$  дейтронами следует, что спонтанно делящийся изомер имеет атомный номер  $z \leq 95$ , а из опытов по облучению  $Pu^{239}$   $\alpha$ -частицами следует, что массовое число этого изомера  $A \leq 242$ . Энергетический баланс различных каналов для взаимодействия  $\alpha$ -частиц с  $Am^{243,241}$  показывает, что скорее всего спонтанное деление испытывает изотоп америция, хотя и изотопы плутония нельзя полностью исключить. Что же касается изотопов нептуния, то к их образованию должны вести реакции типа  $(\alpha, \alpha' He^3)$ ,  $(\alpha, He^3 p)$ ,  $(\alpha, 2\alpha')$  и так далее, на которые в наших опытах не хватает энергии.

В пользу заключения о том, что спонтанное деление испытывает изотоп америция, свидетельствует и отсутствие эффекта в опытах по облучению  $U^{238}$   $\alpha$ -частицами. Отсутствие эффекта при облучении  $Pu^{239}$  дейтронами указывает на то, что, по-видимому, мы имеем дело с  $Am^{242,241}$  в изомерном состоянии. Период спонтанного деления  $Am^{241}$  в основном состоянии равен  $\approx 2 \cdot 10^{14}$  лет<sup>/8/</sup>, период спонтанного деления  $Am^{242}$  не измерен, но по систематике<sup>/9/</sup> не сильно отличается от значения для  $Am^{241}$ . Таким образом, вероятность спонтанного деления изомера оказывается увеличенной не менее чем в  $10^{19}$  раз, даже при учёте возможности других каналов распада. Экспериментальных данных об энергии возбуждения, ведущей к такому увеличению вероятности спонтанного деления, мы пока не имеем. Оценки, полученные на основании выражения для проникаемости потенциального барьера при делении<sup>/10/</sup>, дают значение  $\approx 2,5$  Мэв.

Угловой момент ядра, образующегося при слиянии дейтрона с энергией 16 Мэв с ядром плутония, по-видимому, не превышает  $10-12 \hbar$ . Возможно, конечно, увеличение углового момента ядра за счёт каскада  $\gamma$ -лучей, предшествующего образованию изомерного состояния, однако спин этого изомера, по-видимому, не превышает  $16 \hbar$ .

Л и т е р а т у р а

1. С.М. Поликанов, В.А. Друин, В.А. Карнаухов, В.Л. Михеев, А.А. Плева, Н.К. Скобелев, В.Г. Субботин, Г.М. Тер-Акопьян, В.А. Фомичёв. ЖЭТФ, 42, 1464 (1962).
2. В.П. Перелыгин, С.П. Алмазова, Б.А. Гвоздев, Ю.Т. Чубурков. ЖЭТФ, 42, 1472 (1962).
3. С.М. Поликанов, Ван Тун-сен, Х. Кекк, В.Л. Михеев, Ю.Ц. Оганесян, А.А. Плева, Б.В. Фефилов. ЖЭТФ, 44, 804 (1963).
4. *L. Bryde, N.O. Lassen, N.O.R. Poulsen. Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk., 33, N 8 (1962).*
5. *L. Winsberg, J.M. Alexander. Phys. Rev., 121, 518 (1959).*
6. В.П. Перелыгин, С.П. Третьякова. ЖЭТФ (в печати).
7. И. Перлман, Дж. Расмуссен. Альфа-радиоактивность. ИЛ, 1959.
8. В.А. Друин, В.Л. Михеев, Н.К. Скобелев. ЖЭТФ, 40, 1261 (1961).
9. *D.W. Dorn. Phys. Rev., 121, 1740 (1961).*
10. *S. Frankel, N. Metropolis. Phys. Rev., 72, 914 (1947).*

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 мая 1963 г.

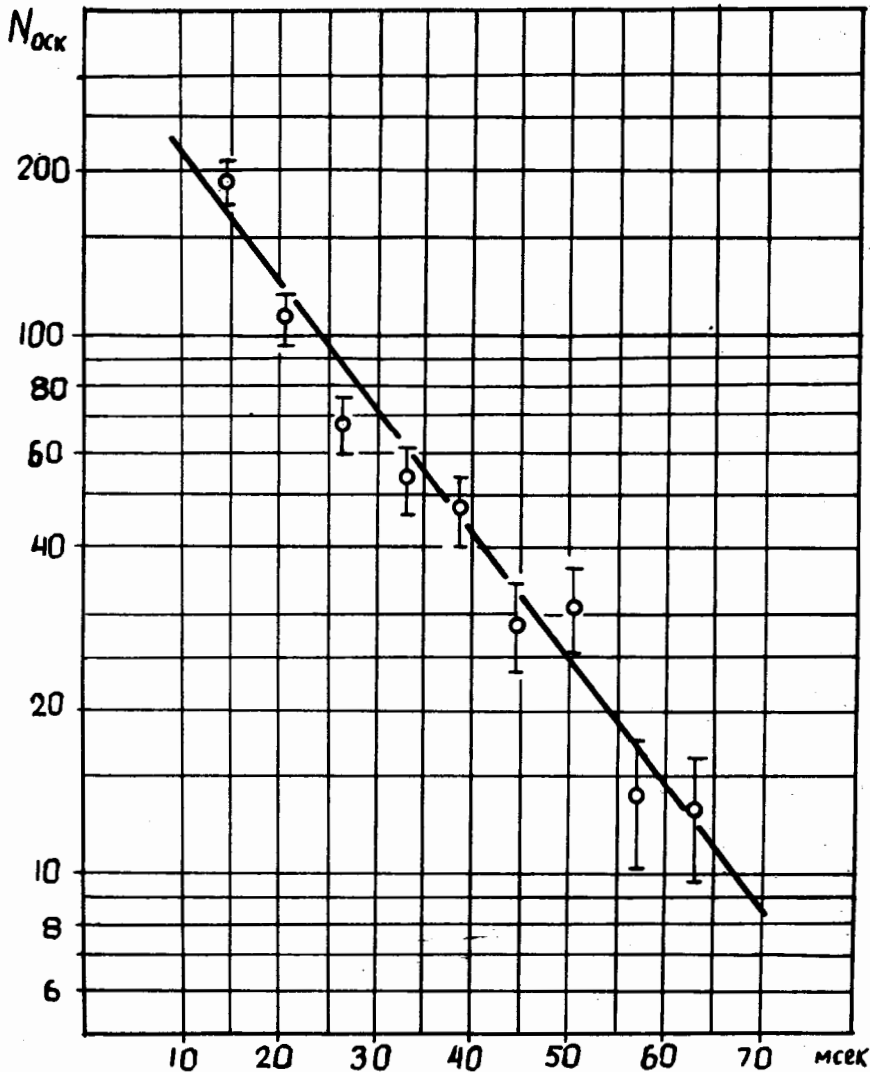


Рис. 1.

