

СЗ41.3г + СЗ41.1г

Л-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-1801



Ю.В. Лобанов, В.И. Кузнецов, В.П. Перелыгин  
С.М.Поликанов, Ю.Ц. Оганесян, Г.Н. Флеров

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

СПОНТАННО ДЕЛЯЩИЙСЯ ИЗОМЕР  
С ПЕРИОДОМ ПОЛУРАСПАДА  
 $0,9 \cdot 10^{-3}$  СЕК

1964

P-1801

Ю.В. Лобанов, В.И. Кузнецов, В.П. Перельгин  
С.М.Поликанов, Ю.Ц. Оганесян, Г.Н. Флеров

СПОНТАННО ДЕЛЯЩИЙСЯ ИЗОМЕР  
С ПЕРИОДОМ ПОЛУРАСПАДА  
 $0,9 \cdot 10^{-3}$  СЕК

Направлено в ЖЭТФ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

27031, 48.

В работах <sup>1,2,3/</sup> сообщалось об экспериментах по получению короткоживущих спонтанно делящихся ядер с периодом полураспада  $13,5 \cdot 10^{-3}$  сек <sup>4/</sup> и  $\sim 3,5$  сек.

По всей вероятности, значительное увеличение скорости спонтанного деления этих ядер вызвано тем, что деление происходит не из основного, а из возбужденного состояния.

Авторы работы <sup>2/</sup> сделали заключение, что период спонтанного деления  $13,5 \cdot 10^{-3}$  сек принадлежит изомерному состоянию ядра  $\text{Am}^{242}$ . Увеличение скорости распада этого изотопа по отношению к спонтанному делению из основного состояния превышает величину  $10^{20}$ .

В работе В.А. Друина и др. <sup>3/</sup> сделан вывод, что имеется еще одно ядро в изомерном состоянии с  $Z \leq 100$ , которое делится с периодом  $\sim 3,5$  сек.

По-видимому, существуют и другие ядра, которые спонтанно делятся из изомерного состояния. Поэтому нами были предприняты опыты по поискам короткоживущих изомеров со временем жизни в миллисекундной области.

С этой целью была разработана методика регистрации осколков спонтанного деления продуктов ядерных реакций под действием тяжелых ионов до времени  $5 \cdot 10^{-4}$  сек. Опыты проводились на внутреннем пучке циклотрона У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

#### Методика эксперимента

При облучениях на циклотроне использовалось специальное устройство, схематически изображенное на рис. 1.

Мишень (3) помещалась внутри головки пробника, наполненного гелием до давления 40 мм. рт. ст., что обеспечивало хорошее охлаждение мишени. Объем пробника отделялся от объема циклотрона вакуумноплотной алюминиевой фольгой толщиной 6 мк (1).

Ядра-продукты реакций выбивались из мишени и собирались на бесконечную непрерывно движущуюся ленту (5). Расположенные вдоль ленты детекторы (4) регистрировали акты спонтанного деления ядер-продуктов, перенесенных лентой от мишени к детекторам. Лента вырезалась из 0,04 мм никелевой фольги. Соединение осуществлялось контактной сваркой. Ширина ленты 25 мм, полная длина 8 метров. Скорость движения ленты могла варьироваться от 3 см/сек. до  $3 \cdot 10^3$  см/сек. Во время облучения проводился непрерывный контроль скорости движения ленты: как показали опыты, в нашем случае колебания скорости не превышали 3% от номинальной.

Направление движения ленты могло быть как прямым ( от мишени к детекторам ), так и обратным.

В качестве детекторов осколков деления мы использовали пластинки из силикатного стекла и в отдельных опытах - фосфатные стекла. Высота стеклянных пластинок была несколько больше ширины ленты (30мм), общая длина (а) стеклянных детекторов могла изменяться от 0,5м до 3,0м. Зазор между лентой и поверхностью стекла (с) был равен 1,5мм, расстояние от центра мишени до кромки первого детектора составляло 8мм.

Энергия падающих на мишень ионов измерялась с помощью кремниевого детектора.<sup>15/</sup>

После облучения стекла подвергались химической обработке: число и распределение треков осколков на стеклянных детекторах определялись с помощью микроскопа<sup>16/</sup>. Просмотр пластинок проводился при увеличении  $15 \times 10$ . Регистрация координат и углов вылета осколков деления в стеклянных пластинках позволяет определить время между образованием и распадом ядер, получающихся в результате реакции, а затем определить период полураспада по методу наибольшего правдоподобия<sup>17/</sup>.

### Результаты эксперимента

С целью проверки методики и определения эффективности нами было проведено облучение  $U^{238}$  ионами  $B^{11}$  при скорости ленты 5м/сек. Мы зарегистрировали около пяти тысяч треков от осколков спонтанного деления уже известного изомера<sup>1/1</sup> и получили значение периода полураспада, равное  $14,2 \pm 0,7$ мсек, что достаточно хорошо совпадает с определенным ранее значением.

Поиски короткоживущего спонтанно делящегося ядра были предприняты в реакции  $U^{238} + Ne^{22}$ .

Урановая мишень толщиной 0,9мг/см<sup>2</sup>, размером 20 x 10мм<sup>2</sup> была приготовлена методом электрофореза на алюминиевой подложке толщиной 6 мк. Облучение проводилось ионами  $^{22}Ne + 4$ , ускоренными до энергии 120 Мэв. Гок пучка ионов составлял 5мка, время облучения от одного до 4 часов. В качестве детекторов использовались пластинки из обычного силикатного стекла.

В первых же опытах при скорости ленты 20,8 м/сек мы наблюдали, кроме осколков деления с периодом  $14,2 \cdot 10^{-3}$  сек., более короткоживущий спонтанно делящийся продукт. Если вычесть из полного числа осколков вклад от изомера с  $T_{1/2} = 14,2 \cdot 10^{-3}$  сек., то полученные точки дают значение периода нового изотопа около одной миллисекунды. Эти данные представлены на рис. 2 (на рис. не изображен дальнейший распад, в опыте время измерения составляло 50 мсек).

При учете полной эффективности регистрации актов спонтанного деления, которая составляла 15%, сечение образования спонтанно делящегося изотопа с  $T_{1/2} \sim 1$  мсек, оценивается величиной  $5 \cdot 10^{-33}$  см<sup>2</sup>.

20

При облучении урановой мишени ионами  $\text{Ne}^{22}$  с энергией 120 Мэв также наблюдались осколки спонтанного деления с периодом полураспада  $0,9 \pm 0,2$  мсек, но примерно с вдвое большим выходом.

Следует заметить, что в наших условиях при облучении на внутреннем пучке детекторы находятся в непосредственной близости от мишени, возможен фон, обусловленный нейтронами. Интегральный поток нейтронов за время облучения составляет  $10^{10} - 10^{11}$  нейтронов на  $\text{см}^2$ . Примеси  $10^{-10}$  урана или тория в ленте или в самих детекторах-стеклах могут дать осколки деления под действием нейтронов. В результате проведенных опытов было установлено, что при использовании обычных силикатных стекол фон от деления примесей в стекле урана или тория нейтронами составляет 20 - 40%; материал ленты существенно чище. Поэтому в дальнейших опытах на первых 25 см от мишени использовались специальные фосфатные стекла, содержание урана и тория в которых в 30 - 50 раз ниже. При этом эффективность регистрации осколков фосфатными стеклами выше чем в обычных и равна 70%.

С целью получения большего выхода обнаруженного изотопа с  $T_{1/2} = 0,9 \cdot 10^{-3}$  сек было проведено облучение мишени из смеси изотопов плутония (242, 241, 240) ионами неона-22. Мишень из  $\text{Pu}$  была приготовлена послойно капиллярным методом из раствора вещества в смеси этилового спирта и ацетона с небольшим количеством нитроклетчатки. На подложку наносилось 30-40 слоев, каждый слой прокаливался в течение 15 минут при  $500^\circ\text{C}$ . Количество вещества на мишени равнялось  $0,65 \text{ мг/см}^2 \text{ PuO}_2$ . И в этом случае мы наблюдали осколки спонтанного деления с периодом полураспада  $0,9 \cdot 10^{-3}$  сек. Сечение интересующей нас реакции при энергии ионов  $\text{Ne}^{22}$  116 Мэв около  $2 \cdot 10^{-32} \text{ см}^2$ .

Перечисленные опыты свидетельствуют о спонтанном делении ядра с  $Z \leq 102$ .

С целью уточнения  $Z$  нового спонтанно делящегося изотопа было проведено облучение плутониевой мишени ионами  $\text{V}^{11}$  с энергией 65 Мэв. В этом опыте (рис. 3) получен большой выход спонтанно делящегося изотопа с периодом  $\sim 1$  мсек. Более точное определение периода полураспада из этого опыта дает значение  $(0,85 \pm 0,08) \cdot 10^{-3}$  сек. Сечение реакции достигает величины  $10^{-31} \text{ см}^2$ .

Однако при облучении урановой мишени ионами  $\text{V}^{11}$  при энергиях 55, 58, 61 и 67 Мэв мы практически не наблюдали спонтанного деления с периодом 0,9 мсек. Выход измера  $\text{Am}^{242}$  большой и согласуется с результатами работы /8/. Имеющееся в начале первого детектора незначительное отклонение (данные на рис. 3) от периода 14,2 мсек либо показывает присутствие другого короткоживущего спонтанно делящегося ядра с периодом  $\sim 0,4$  мсек, либо обусловлено фоном.

Этот последний опыт позволил оценить фон в предыдущих экспериментах, так как геометрические условия остались прежними, а нейтронный поток при облучении бором

возрастает примерно в четыре раза; отсутствие эффекта показывает, что фон составляет не более 10%.

Еще одним источником фона может служить торможение ядер с  $T_{1/2} = 14,2$  мсек газом, а затем перенос вместе с газом к детекторам. Но в опыте  $U + V^{11}$ , где имеется большое количество таких ядер, отсутствие осколков в области 0,9 мсек доказывает, что и этот фон незначителен.

Дополнительным контролем, подтверждающим существование изотопа с  $T_{1/2} = 0,9$  мсек, служит также следующий опыт. При облучении  $U^{238}$  ионами  $Ne^{22}$  направление движения ленты было изменено на противоположное, т.е. от детектора к мишени. В этом случае время переноса ядер от мишени до детекторов составляло 0,42 сек, т.е. 30 периодов полураспада для ядер  $Am^{242}$  и около 500 периодов для исследуемых ядер. Хотя условия для фона оставались одинаковыми с прямым движением (от мишени к детекторам), нами было зарегистрировано всего 4 осколка вместо 70; данные отнесены к одному и тому же потоку ионов. Кроме того, эти 4 осколка (они изображены на рис. 2) находятся в самом начале первого детектора, куда может попадать часть рассеянных ионов.

Из перечисленных опытов можно сделать следующие выводы.

Хорошее совпадение измеренных периодов полураспада свидетельствует в пользу того, что во всех реакциях, кроме  $U + V^{11}$ , синтезируется один и тот же спонтанно делящийся изотоп с периодом полураспада  $(0,85 \pm 0,08) \cdot 10^{-3}$  сек.

Из опытов  $Pu + V^{11}$  можно заключить, что изотоп имеет  $Z \leq 99$ ,  $A \leq 250$ . Предполагается образование составного ядра, максимальное  $A = 253$ , испускается 3 нейтрона.

Среди известных изотопов трансурановых элементов с  $Z \leq 99$  нет ни одного излучателя с периодом полураспада 0,9 мсек. Самым короткоживущим из известных изотопов по отношению к спонтанному делению является  $Cf^{246}$  со значением периода полураспада  $T_{sp} = 2,1 \cdot 10^{-3}$  лет. Следовательно, мы имеем дело со спонтанным делением ядра из возбужденного состояния, к которому приводят исследованные реакции.

Отсутствие спонтанно делящегося ядра с  $T_{1/2} = 0,9$  мсек при облучении урана иона  $V^{11}$  показывает, что или сечение образования изучаемого изомера падает на два порядка по сравнению с реакцией  $Pu + V^{11}$ , или эффект отсутствует. В последнем случае можно предположить, что  $Z$  данного изомера больше 97.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить С.П. Фретькову, Т.И. Рыбакову за помощь при обработке и просмотре стеклянных пластинок, а также сотрудников группы эксплуатации У-300, обеспечивших проведение настоящих опытов.

Л и т е р а т у р а

1. С.М. Поликанов, В.А. Друин, В.А. Карнаузов, В.Л. Михеев, А.А. Плева, Н.К. Скобелев, В.Г. Субботин, Г.М. Тер-Акопян, В.А. Фомичев ЖЭТФ, 42, 1464 (1982).
2. А.Ф. Лиев, Б.Н. Марков, А.А. Плева, С.М. Поликанов. Препринт ОИЯИ, Д-1893, Дубна, 1984.
3. В.А. Друин, Н.К. Скобелев, Б.В. Фефилов, В.И. Кузнецов, Ю.В. Лобанов, Ю.Ц. Оганесян. Препринт ОИЯИ, Р-1851, Дубна, 1984.
4. В.П. Перельгин, С.П. Третьякова. ЖЭТФ, 45, 883 (1983).
5. В.В. Бредель, В.Л. Михеев, С.М. Поликанов. ПТЭ, 9, 44 (1961).
6. В.П. Перельгин, С.П. Третьякова, И. Звара. Препринт ОИЯИ, ПТЭ, № 4, 68, 1964.
7. В.И. Гольданский, А.С. Куценко, М.И. Подгоренский. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. Физматгиз, 1959, стр. 160.
8. С.М. Поликанов, Ван Тун-сен, Х. Кекх, В.Л. Михеев, Ю.Ц. Оганесян, А.А. Плева, Б.В. Фефилов. ЖЭТФ, 44, 804 (1983).

Рукопись поступила в издательский отдел  
1 августа 1984

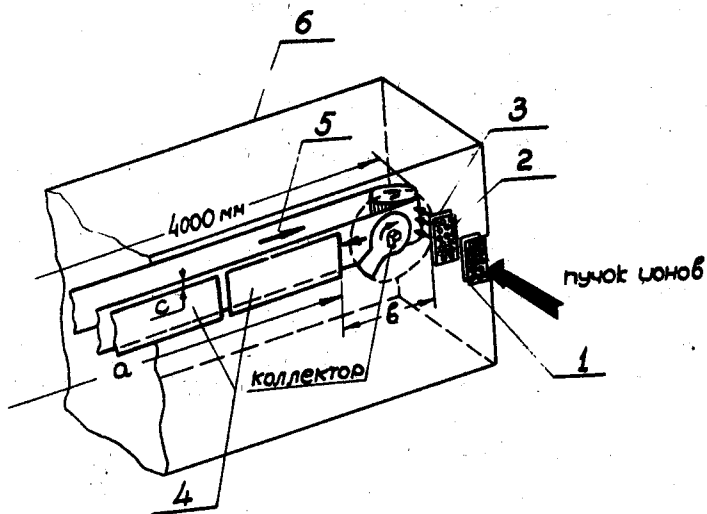


Рис. 1. Схема эксперимента  
 1- входное окно, 2- кассета, 3- мишень, 4- детекторы осколков  
 деления, 5- бесконечная лента, 6- кожух.



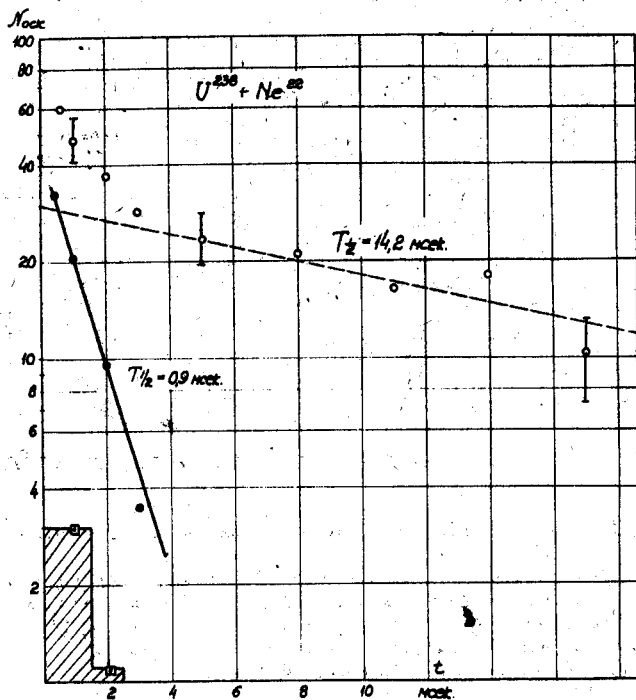


Рис. 2. Распад спонтанно делящихся продуктов, образующихся в реакции  $U^{238} + Ne^{22}$ .  
 о - экспериментальные значения; ● - значения, полученные после вычета вклада изомера с  $T_{1/2} = 14,2$  мсек; ▨ - число осколков, зарегистрированных при обратном вращении.

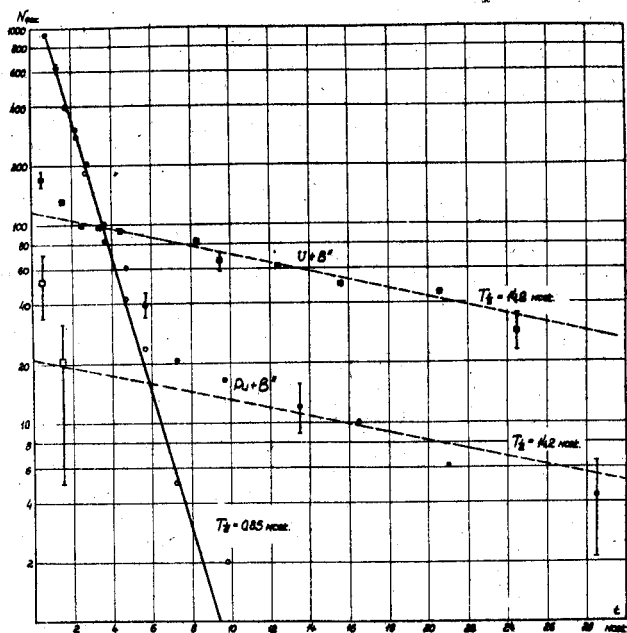


Рис.3. Результаты опытов по облучению ионами  $B^{11}$  мишеней из U и Pu .  
 о - экспериментальные точки для Pu ; ● - распад спонтанно делящегося продукта с  $T_{1/2} = 0,85$  мсек в опытах с плутонием; ■ - экспериментальные точки для U ; □ - значения, полученные после вычета вклада изомера с  $T_{1/2} = 14,2$  мсек в опытах с U .