

ЯР, 1967, т. 5, в. 3, 0.71-273

К-891

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

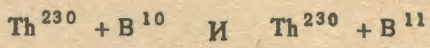
Дубна

Р - 2862



В.И. Кузнецов, Н.К. Скобелев, Г.Н. Флеров

ИЗУЧЕНИЕ СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ПРОДУКТОВ
В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ МАШИИ

1966

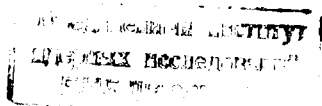
P - 2862

В.И. Кузнецов, Н.К. Скобелев, Г.Н. Флеров

ИЗУЧЕНИЕ СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ПРОДУКТОВ
В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

$\text{Th}^{230} + \text{V}^{10}$ И $\text{Th}^{230} + \text{V}^{11}$

Направлено в ЯФ



4443/2 49.

В работе /1/ указывалось, что при бомбардировке U^{233} ионами B^{10} и B^{11} наблюдается спонтанно делящийся продукт с $T_{1/2} = (2,6 \pm 0,2)$ мин. Было высказано предположение, что этот продукт образуется в ядерных реакциях типа: $U^{233} (B^{10}, \alpha xn) Am^{239-x}$ и $\Theta U^{233} (B^{11}, \alpha xn) Am^{240-x}$, причем наиболее вероятными продуктами реакций являются изотопы америция с массовым числом $A \leq 236$.

Справедливость этого предположения можно проверить, исследуя более простые ядерные реакции синтеза легких изотопов америция, идущие через составное ядро с последующим испарением нескольких нейтронов. Такие реакции должны осуществляться в процессе бомбардировки изотопа Th^{230} ионами B^{10} и B^{11} .

Измерения проводились, как и раньше, на пробнике с наклонной мишенью /2/. В экспериментах использовался прерывистый режим работы ускорителя У-300, так что одновременно обеспечивались эффективная регистрация осколков спонтанного деления продуктов реакций и измерение периода полураспада.

Регистрация осколков спонтанного деления продуктов реакции начиналась спустя 23 сек после окончания цикла облучения, что исключало эффекты, обусловленные спонтанно делящимися продуктами с малыми временами жизни.

Время облучения в опытах варьировалось от 8 до 12 мин. В таких же пределах в соответствующих опытах менялось и время измерения.

Облучение мишени из Th^{230} проводилось ионами B^{10} и B^{11} в широком интервале энергий. Мишень готовилась методом нанесения активного вещества с органическими добавками на алюминий с последующим выжиганием органики.

Мишень содержала $250 \text{ мкг/см}^2 Th^{230}$. Угол наклона мишени к пучку ионов был равен 12° . Таким образом, эффективная толщина мишени составляла $1,2 \text{ мг/см}^2 Th^{230}$. Изотопный состав мишени: 50% - Th^{230} и 50% - Th^{232} , поэтому полная эффективная толщина мишени по торью была равной $2,4 \text{ мг/см}^2$, что соответствовало потерям энергии ионов B^{10} и B^{11} в мишени $\approx 1,5$ Мэв.

В обоих случаях были зарегистрированы осколки спонтанного деления с периодом

полураспада $T_{1/2} = (2,8 \pm 0,2)$ мин, как и в работе ^{1/}.

На рис. 1 представлен распад этих продуктов. Следует обратить внимание на то, что в реакции $\text{Th}^{230} + \text{V}^{10}$ при энергиях ионов $\text{V}^{10} \approx 82$ Мэв и выше наблюдался новый спонтанно делящийся излучатель с $T_{1/2} = (1,4 \pm 0,25)$ мин (рис. 2).

Поэтому для получения функции возбуждения 2,8 - минутного спонтанно делящегося продукта в реакции $\text{Th}^{230} + \text{V}^{10}$ необходимо исследовать вклад 1,4 - минутного излучателя. Такие опыты были проведены. На рис. 3 представлены функции возбуждения 2,8 - минутного продукта, образующегося в реакциях $\text{Th}^{230} + \text{V}^{10}$ и $\text{Th}^{230} + \text{V}^{11}$ с учетом фона детекторов, и 1,4 - минутного продукта.

Следует отметить, что максимумы выходов спонтанно делящихся продуктов в этих реакциях сдвинуты по шкале энергий ионов примерно на 12 Мэв.

Так как ториевая мишень не монокристаллическая, необходимо было провести контрольные опыты и выяснить, на каком именно изотопе образуется спонтанно делящийся продукт с периодом полураспада 2,8 мин.

В контрольных опытах использовалась мишень из Th^{232} с эффективной толщиной ≈ 5 мг/см². Облучение мишени из тория-232 проводилось ионами V^{10} при энергии, соответствующей максимальному выходу излучателя с $T_{1/2} = 2,8$ мин в реакции $\text{Th}^{230} + \text{V}^{11}$, и в том же самом режиме. Облучение ионами V^{10} проводилось при несколько меньшей энергии (рис. 3).

Эти опыты показали, что если в реакциях $\text{Th}^{232} + \text{V}^{11}$ в этом диапазоне энергий и образуется спонтанно делящийся продукт, то граница его сечения образования $\sigma \leq 3 \cdot 10^{-35}$ см². Эта граница определялась фоном стеклянных детекторов, зависящим от суммарных нейтронных потоков и составляющим $\approx 6\%$ от эффекта.

Расчеты величин сечения образования 2,8-минутных продуктов в обеих исследуемых реакциях дают следующие величины: при облучении Th^{230} ионами V^{10} с энергией $E_{\text{V}^{10}} = 71$ Мэв получена величина $\sigma = (5,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-34}$ см², а в реакции $\text{Th}^{230} + \text{V}^{11}$ получено сечение образования этого же продукта $\sigma = (5,4 \pm 0,5) \cdot 10^{-34}$ см² при $E_{\text{V}^{10}} = 81$ Мэв.

Вид функции возбуждения этого продукта в вышеупомянутых реакциях подтверждает ранее высказанное предположение о возможности испарительных реакций с испусканием 6 или 7 нейтронов из возбужденного компаунд-ядра.

Это подтверждается также оценками положения максимумов функций возбуждения реакций $\text{Th}^{230} (\text{V}^{10}, 6\text{a}) \text{Am}^{234}$ и $\text{Th}^{230} (\text{V}^{11}, 7\text{a}) \text{Am}^{234}$, хорошо согласующимися с экспериментальными значениями максимумов ($E_{\text{V}^{11}}$ расч. ≈ 82 Мэв и $E_{\text{V}^{10}}$ расч. $\approx 70,5$ Мэв), при этом температура ядра принималась равной 1,5 Мэв. Массы ядер брались из таблиц Камерона ^{3/} и Зигера ^{4/}. Предполагалось, что положение

максимумов функций возбуждения реакций $\text{Th}^{230} (\text{В}^{10}, 6\mu)$ и $\text{Th}^{230} (\text{В}^{11}, 7\mu)$ с образованием америция-234 не зависит от того в основном или изомерном состояниях образуются эти ядра.

Из совокупности этих данных следует, что наиболее вероятным продуктом, испытывающим спонтанное деление с $T_{1/2} = (2,8 \pm 0,2)$ мин является Am^{234} .

Для объяснения столь высокой вероятности спонтанного деления по сравнению с предсказываемым значением на основании различных систематик можно предположить, что наблюдается спонтанное деление из изомерного состояния Am^{234} .

Эта гипотеза не является единственной. Например, не исключена возможность запаздывающего деления, если при К-захвате Am^{234} образуется ядро Pu^{234} с большой энергией возбуждения.

Авторы весьма признательны Б.А. Гвоздеву, Ю.С. Короткину за приготовление мишеней. Авторы благодарят В.П. Перельгина и сотрудников его группы за подготовку и обработку детекторов, А.Г. Пилькова и Б.В. Шитова за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Кузнецов, Н.К. Скобелев, Г.Н. Флеров. Препринт ОИЯИ, Р-2489, Дубна, 1966; Ядерная физика, 4, 99 (1966).
2. В.И. Кузнецов, Н.К. Скобелев, Г.Н. Флеров. Препринт ОИЯИ, Р-2436, Дубна, 1966; Ядерная физика (в печати).
3. A. Cameron, Report CRP - 690 (1957).
4. P. A. Seeger, Nuclear Physics, 25, 1-135 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
3 августа 1966 г.

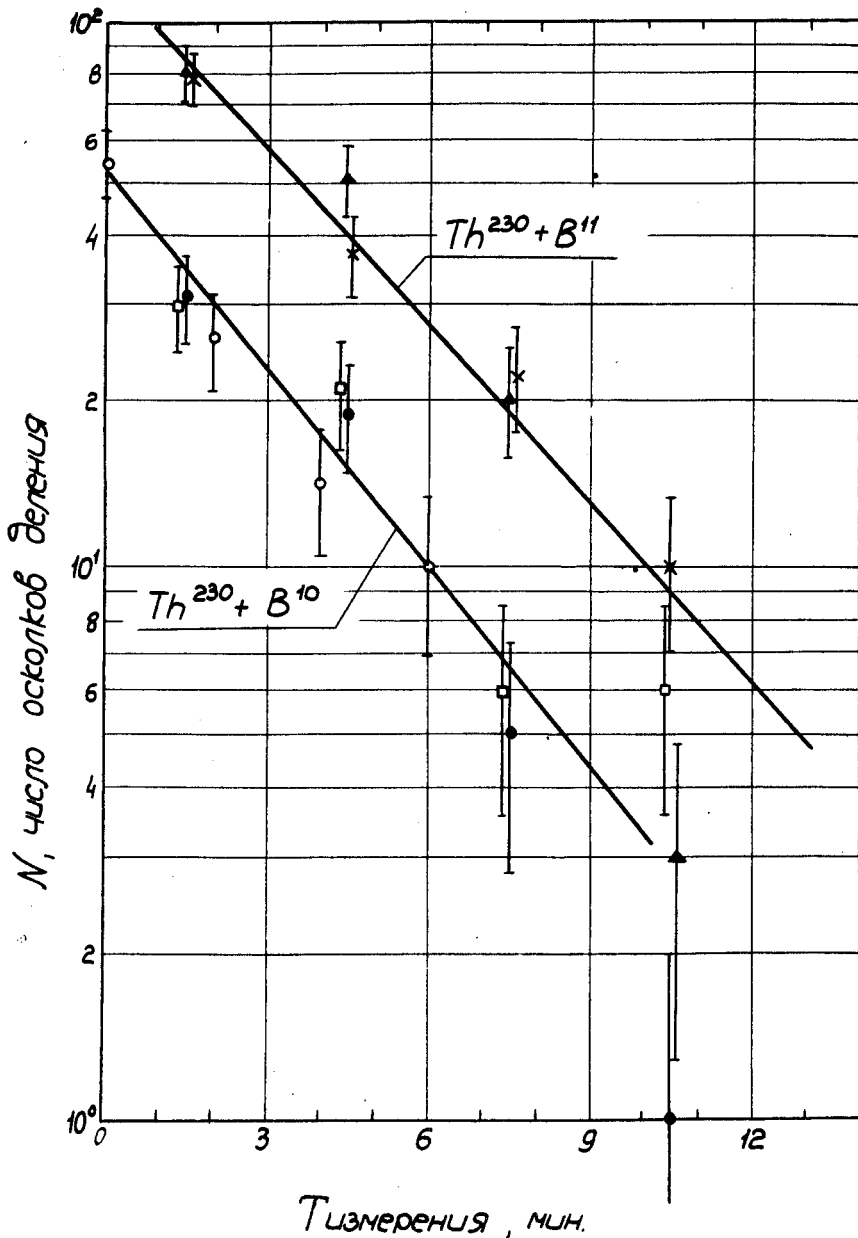


Рис. 1. Распад спонтанно делящихся продуктов, образующихся при бомбардировке Th^{230} ионами B^{10} и B^{11} (\circ \square - $E_{B^{10}} \approx 70$ Мэв, \bullet - $E_{B^{10}} \approx 76$ Мэв, \blacktriangle - $E_{B^{11}} \approx 79$ Мэв, \blacktriangledown - $E_{B^{11}} \approx 85$ Мэв).

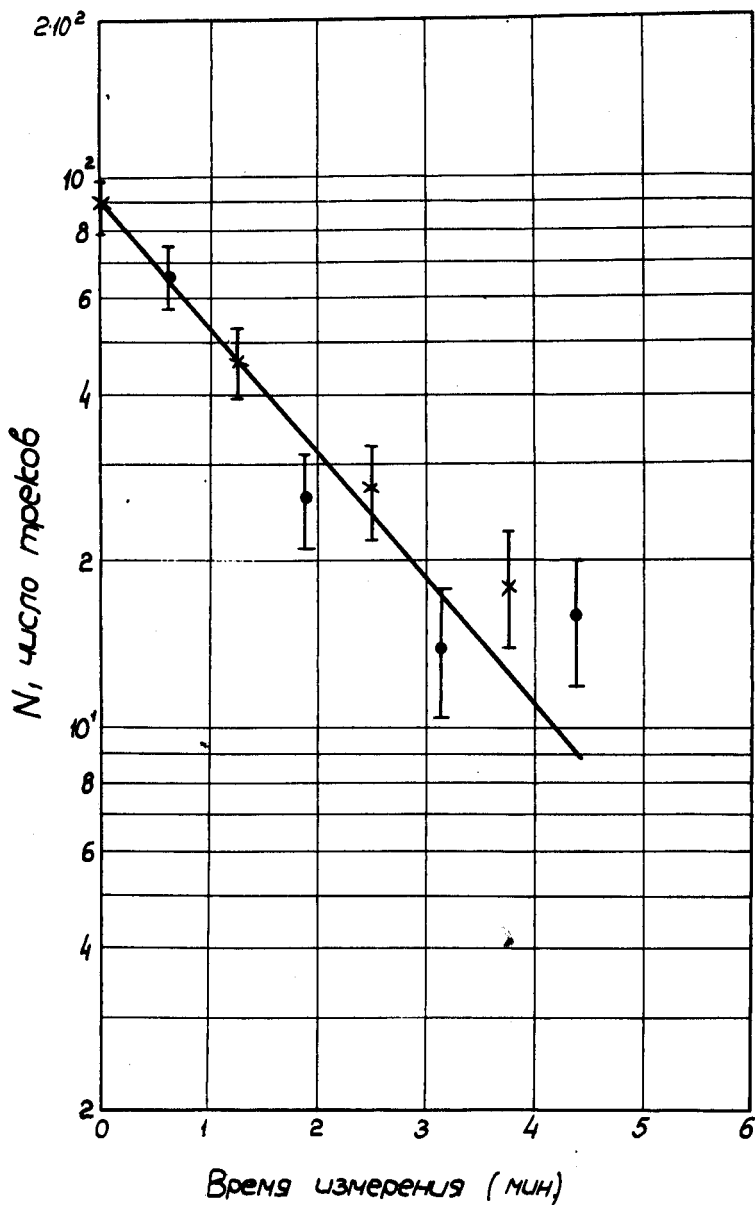


Рис. 2. Кривая распада продуктов реакции $\text{Th}^{230} + \text{B}^{10}$ при высоких энергиях ионов B^{10} (* - $E_{\text{B}^{10}} = 82$ Мэв, ● - $E_{\text{B}^{10}} = 95$ Мэв).

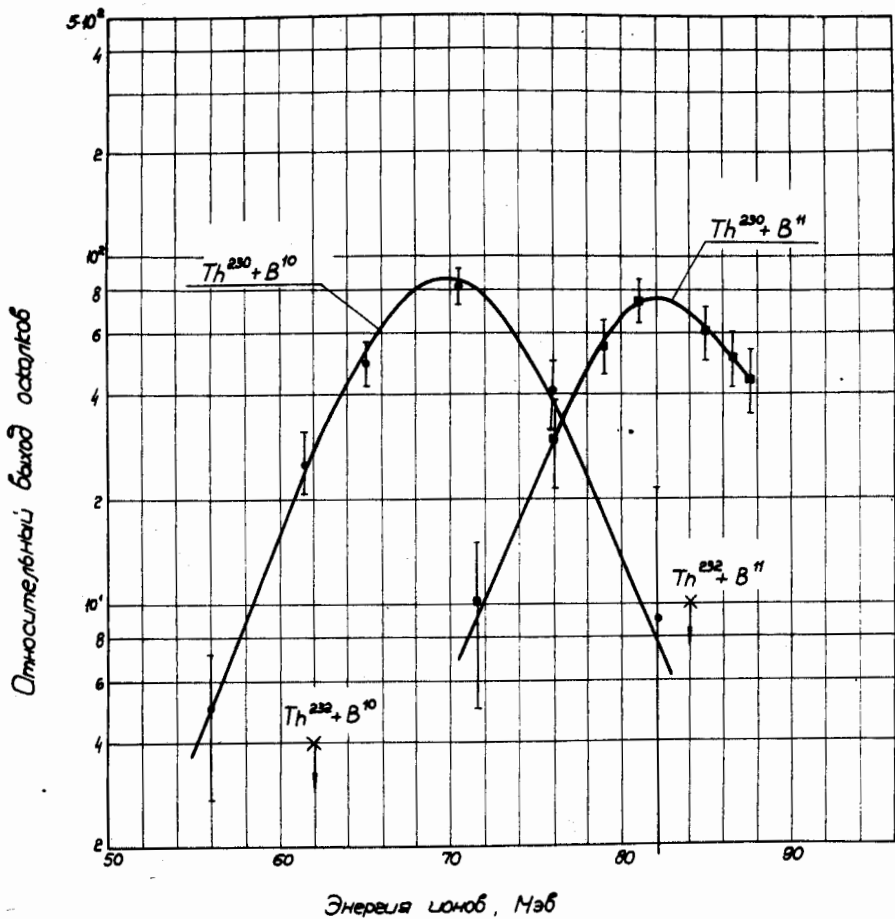


Рис. 3. Функция возбуждения 2,8-минутного спонтанно делящегося продукта, образующегося при облучении Th^{230} ионами B^{10} и B^{11} .