

С 341.3 Г

Ц-763



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В.А. Друин, Н.К. Скобелев, Б.В. ФEFIЛОВ, В.И. Кузнецов,
Ю.В. Лобанов, Ю.Ц. Оганесян

P-1651

СПОНТАННО ДЕЛЯЩИЕСЯ ПРОДУКТЫ
В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ
 $U^{238} + Ne^{20}$ И $U^{238} + O^{16}$

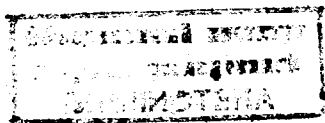
Дубна 1964

В.А. Дроби, Н.К. Скобелев, Б.В. Фефилов, В.И. Кузнецов,
Ю.В. Лобанов, Ю.Ц. Оганесян

P-1851

2004/2 т.р.

СПОНТАННО ДЕЛЯЩИЕСЯ ПРОДУКТЫ
В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ
 $U^{238} + Ne^{20}$ И $U^{238} + O^{16}$



Дубна 1964

1. Введение

В 1961 году группа исследователей Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ обнаружила при облучении урана ускоренными ионами неона и кислорода короткоживущие спонтанно делящиеся ядра с периодом полураспада ≈ 13 мсек.^{/1/}

Было высказано предположение, что значительное увеличение константы спонтанного деления этих ядер обусловлено делением не из основного, а из возбужденного состояния. Последующие, более тщательные, исследования^{/2,3/} привели авторов к заключению, что спонтанно делится, по-видимому, Am^{242} , образующийся в изомерном состоянии. Увеличение скорости распада этого изотопа по отношению к спонтанному делению, по всей вероятности, превышает величину 10^{20} , а энергия возбуждения составляет 3-4 Мэв.

Возможно, что существуют ядра с аномально высокой вероятностью спонтанного деления и при меньших энергиях возбуждения. Поэтому были поставлены эксперименты по поискам короткоживущих изомеров со временем жизни \approx несколько секунд.

Нами была разработана высокочувствительная методика регистрации спонтанного деления продуктов ядерных реакций на тяжелых ионах. Опыты проводились на внутреннем пучке 310-сантиметрового циклотрона Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

2. Методика эксперимента

Работа проводилась с помощью двух специальных пробников. Один из них представлял собой сочетание наклонной мишени и полупроводниковых детекторов для регистрации осколков, другой - бесконечную непрерывно движущуюся ленту, предназначенную для транспортировки ядер-продуктов реакции к детекторам осколков, в качестве которых использовались стекла или органические пленки.

Пробник с наклонной мишенью ранее использовался для изучения спонтанного деления изотопа 102-го элемента с массовым числом 256, и его подробное описание дано в работе^{/4/}.

Пробник с бесконечной лентой схематически изображен на рис. 1. Урановая мишень (3) помещалась внутри головки пробника, наполненного гелием до давления 40 мм. рт. столба. Ядра-продукты реакций выбивались из мишени и собирались на

никелевую ленту толщиной 0,04 мм и шириной 40 мм. Полная длина ленты составляла 8 метров, скорость ленты могла изменяться в пределах от 0,05 м/сек до 10 м/сек. Вдоль ленты располагались детекторы осколков - стеклянные пластинки. Расстояние (с) от ленты до стеклянной пластинки составляло 1,5 мм. Общая длина (а) стеклянных детекторов менялась от 0,5 до 1,5 м в разных экспериментах. Расстояние от края первого детектора до мишени (в) равнялось 6 см. Высота детекторов равнялась высоте мишени.

После облучения стекла подвергались химической обработке, и распределение треков осколков по стеклам определялось с помощью микроскопа^{/5/}.

По этому распределению, с учетом скорости ленты, вычислялся период полураспада продуктов реакции.

3. Измерения и результаты

Поиски короткоживущих изомеров со временем жизни порядка нескольких секунд проводились в реакции $U^{238} + Ne^{20}$.

В первых же опытах на пробнике с наклонной мишенью были обнаружены спонтанно делящиеся ядра, выход которых значительно больше, чем в реакции $U^{238} + Ne^{22}$ /4/, а период полураспада близок к 3 секундам.

Измерения велись в следующей последовательности: наклонная урановая мишень с эффективной толщиной 4 мг/см² облучалась в течение 10-18 сек потоком ионов $0,8-1,2 \cdot 10^{13}$ частиц/сек.

Затем пучок ионов выключался, к мишени подводились полупроводниковые детекторы, которые регистрировали осколки спонтанного деления продуктов реакции, накопившихся в мишени за период облучения.

Время регистрации осколков лежало в интервале от 10 до 24 сек. Такой процесс многократно повторялся, что позволяло с необходимой точностью определить период полураспада спонтанно делящихся продуктов реакции. Величина периода полураспада оказалась равной $(3,5 \pm 0,7)$ сек. Результаты опытов приведены на рис. 2.

В экспериментах, проводимых на пробнике с наклонной мишенью, возможен фон из-за деления урана, содержащегося в мишени, запаздывающими нейтронами. Однако контрольными экспериментами было показано, что этот фон не вносит заметной ошибки в результаты измерений периода полураспада^{/4/}.

Значение периода полураспада спонтанно делящихся ядер, образующихся в реакции $U^{238} + Ne^{20}$, и их выход были также измерены на пробнике с бесконечной лентой, где фон, обусловленный запаздывающими нейтронами, отсутствует. В этом случае облучалась мишень площадью 2 см^2 и толщиной 800 мкг/см^2 ионами Ne^{20} с энергией 120 Мэв .

Результаты измерения с помощью этой методики также приведены на рис. 2. Полученный выход спонтанно делящихся ядер с периодом полураспада $3,5 \text{ сек}$ находится в хорошем согласии с величиной, определенной на пробнике с наклонной мишенью.

Изучение реакции $U^{238} + O^{16}$ проводилось в тех же условиях на пробнике с наклонной мишенью. Было обнаружено, что продукты этой реакции испытывают спонтанное деление с таким же значением периода полураспада (рис. 3).

Для оценки выхода продуктов этих реакций необходимо было учесть ошибку, обусловленную фоном от запаздывающих нейтронов. Уровень фона измерялся так же, как и в работе ^{14/}. Относительное число фоновых делений было большим на кислороде и возрастало с увеличением энергии в обеих реакциях. Однако вносимая ими ошибка не превышала 30% при $E_O^{16} = 108 \text{ Мэв}$ и 20% при $E_{Ne}^{20} = 135 \text{ Мэв}$.

В таблице представлены выходы спонтанно делящихся продуктов этих реакций на один падающий ион для толстой мишени урана. Данные приведены с учетом фона и эффективности регистраций, равной 14%.

Для большинства указанных значений энергии измерялись периоды полураспада ядер-продуктов по отношению к спонтанному делению. Их значения в пределах ошибок оставались постоянными для различных значений энергии в обеих реакциях.

Это постоянство периода позволяет сделать заключение, что обе реакции приводят к образованию одного и того же изотопа, который испытывает спонтанное деление с периодом полураспада $(3,5 \pm 0,7) \text{ сек}$.

4. Обсуждение результатов

Спонтанное деление, сопровождающее реакции $U^{238} + Ne^{20}$ и $U^{238} + O^{16}$ с $T_{1/2} = 3,5 \text{ сек}$ может быть обусловлено распадом ядра с $Z \leq 100$, ибо реакция $U^{238} + O^{16}$ при полном слиянии налетающего иона с ядром-мишенью приводит к образованию составного ядра фермия.

Среди известных изотопов трансурановых элементов с $Z \leq 100$ нет ни одного излучателя с периодом полураспада $\approx 3,5$ сек. Самым короткоживущим из известных изотопов по отношению к спонтанному делению является Fm^{255} со значением периода полураспада $T_{1/2} \approx 2,7$ часа.

Вероятно, и в данном случае мы имеем дело со спонтанным делением одного и того же ядра из изомерного состояния, к которому приводят обе исследуемые реакции.

Следует заметить, что при изучении свойств распада изотопа 102^{254} , образующегося в реакции $Cm^{246} (C^{12}, 4n) 102^{254}$, калифорнийская группа наблюдала спонтанно делящийся продукт с периодом полураспада ~ 3 сек ^{/8/}. Несмотря на неожиданно большую долю распадов путем спонтанного деления (30%), что на много порядков превосходит оценки, авторы приписали наблюдаемый эффект спонтанному делению изотопа 102^{254} ^{/7/} и дали значение периода полураспада по отношению к спонтанному делению $T_{1/2}$, равное 7 сек ^{/8,8/}. Такое увеличение вероятности деления для 102^{254} теоретически объяснил Юханссон ^{/8/}.

Однако столь высокая вероятность спонтанного деления 102^{254} нам кажется удивительной. Разумно предположить, что при облучении кюриевой мишени ионами C^{12} , как и в реакциях $U^{238} + Ne^{20}$ и $U^{238} + O^{16}$, образуется спонтанно делящийся изомер с $T_{1/2} = 3,5$ сек, распад которого мог быть приписан спонтанному делению 102^{254} .

Идентификация спонтанно делящегося ядра и исследование свойств изомерного состояния будут произведены в дальнейших опытах, где мы намерены изучить реакции под действием более легких частиц.

Авторы весьма признательны Г.Н. Флерову за руководство работой и интерес к ней, Е.Д. Донцу и В.П. Перельгину за помощь в проведении некоторых экспериментов и полезные дискуссии.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Л.П. Челнокова, Э.Г.Имаева, Б.В. Щитова за помощь в работе и сотрудников группы эксплуатации у-300, обеспечивших проведение данных опытов на интенсивных пучках ионов неона и кислорода.

Т а б л и ц а

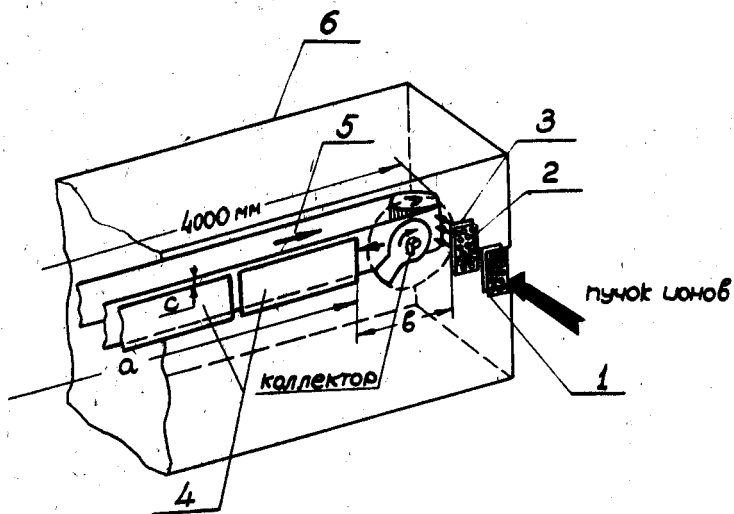
Выход спонтанно делящихся ядер с периодом полураспада (3,5±0,7) сек при облучении 4 мг/см² урана ионами Ne²⁰ и O¹⁶.

$U^{238} + Ne^{20}$		$U^{238} + O^{16}$	
Максим. энергия на слой, Мэв	Выход на один падающий ион	Максим. энергия на слой, Мэв	Выход на один падающий ион
110	$8,5 \cdot 10^{-15}$	95	$4,0 \cdot 10^{-15}$
115	$9,0 \cdot 10^{-15}$	100	$4,5 \cdot 10^{-15}$
135	$1,2 \cdot 10^{-14}$	105	$5,5 \cdot 10^{-15}$

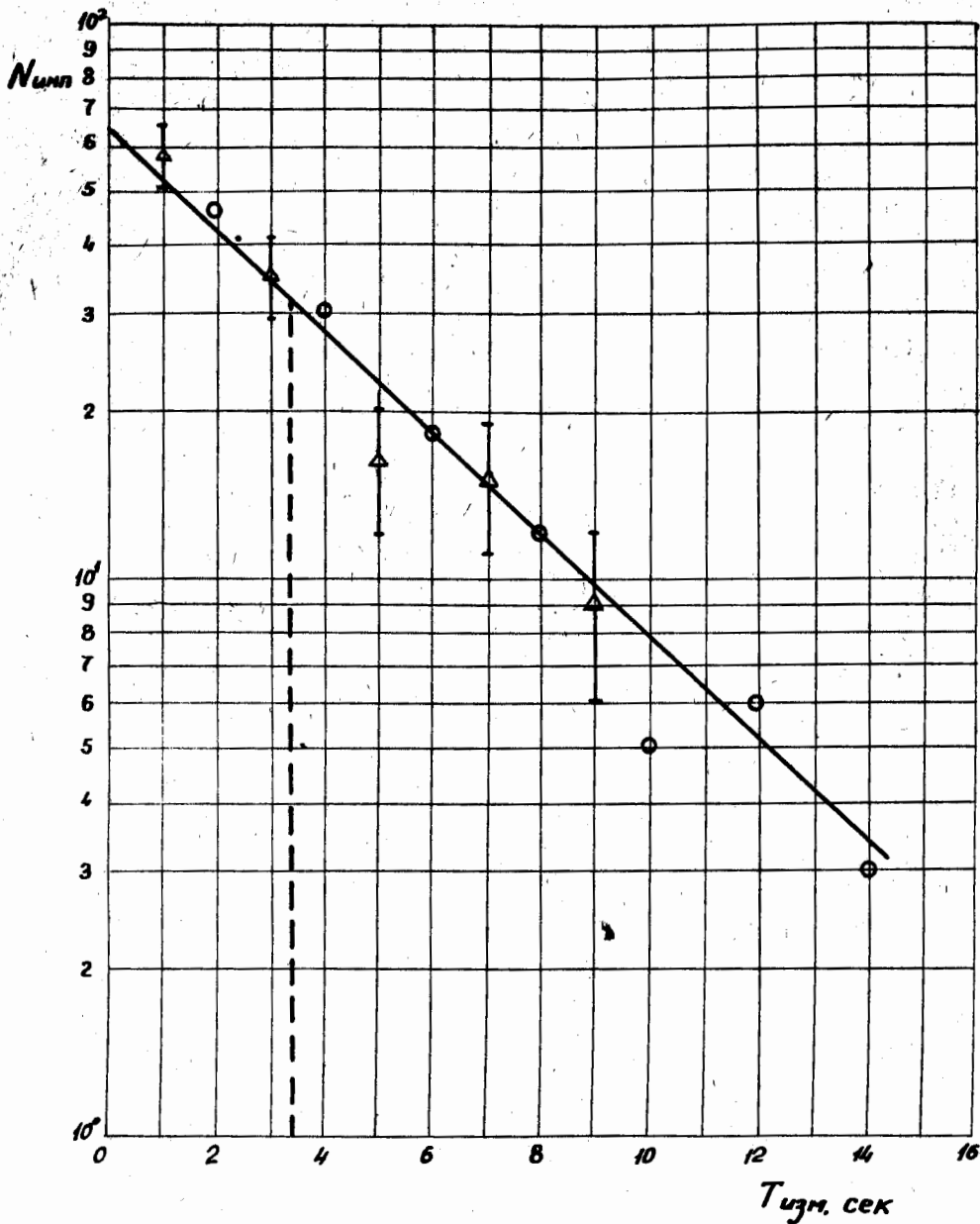
Л и т е р а т у р а

1. С.М. Поликанов, В.А. Друин, В.А. Карнауков, В.Л. Михеев, А.А. Плева, Н.К. Скобелев, В.Г. Субботин, Г.М. Тер-Акопьян, В.А. Фомичев. ЖЭТФ, 42, 1464 (1962).
2. С.М. Поликанов, Ван Тун-сен, Х. Кекк, В.Л. Михеев, Ю.Ц. Оганесян, А.А. Плева, Б.В. Фефилов. ЖЭТФ, 44, 804 (1963).
3. Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, К.А. Гаврилов, В.Л. Михеев, В.П. Перельгин, А.А. Плева. ЖЭТФ, 45, 1396 (1963).
4. В.А. Друин, Н.К. Скобелев, Б.В. Фефилов, Г.Н. Флеров. Препринт ОИЯИ Р-1580, Дубна, 1964.
5. В.П. Перельгин, С.П. Третьякова, И. Звара. Препринт ОИЯИ 1323, Дубна, 1963.
6. А. Гиорсо. Атомная Энергия, 7, 338 (1959). Доклад на VIII Менделеевском съезде (Москва).
7. A. Ghiorso. Proceed. Second Conf. Reaction between Complex Nuclei. Gatlinburg, p. 195 (1960).
8. S. Johansson. Report UCRL - 10474, September 25, 1962.
9. R. Brandt. Report UCRL - 10481 (Ph. D. Thesis). September 26, 1962.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 апреля 1964 г.



Р и с. 1. Схематическое устройство пробника.
 1-входное окно, 2-кассета, 3-мишень, 4-детекторы
 осколков деления, 5-бесконечная лента, 6-кожух.



Р и с. 2. Кривая распада продуктов ядерной реакции $U^{238} + Ne^{20}$.
(O - данные, полученные на пробнике с бесконечной мишенью,
Δ - данные, полученные на пробнике с наклонной мишенью).

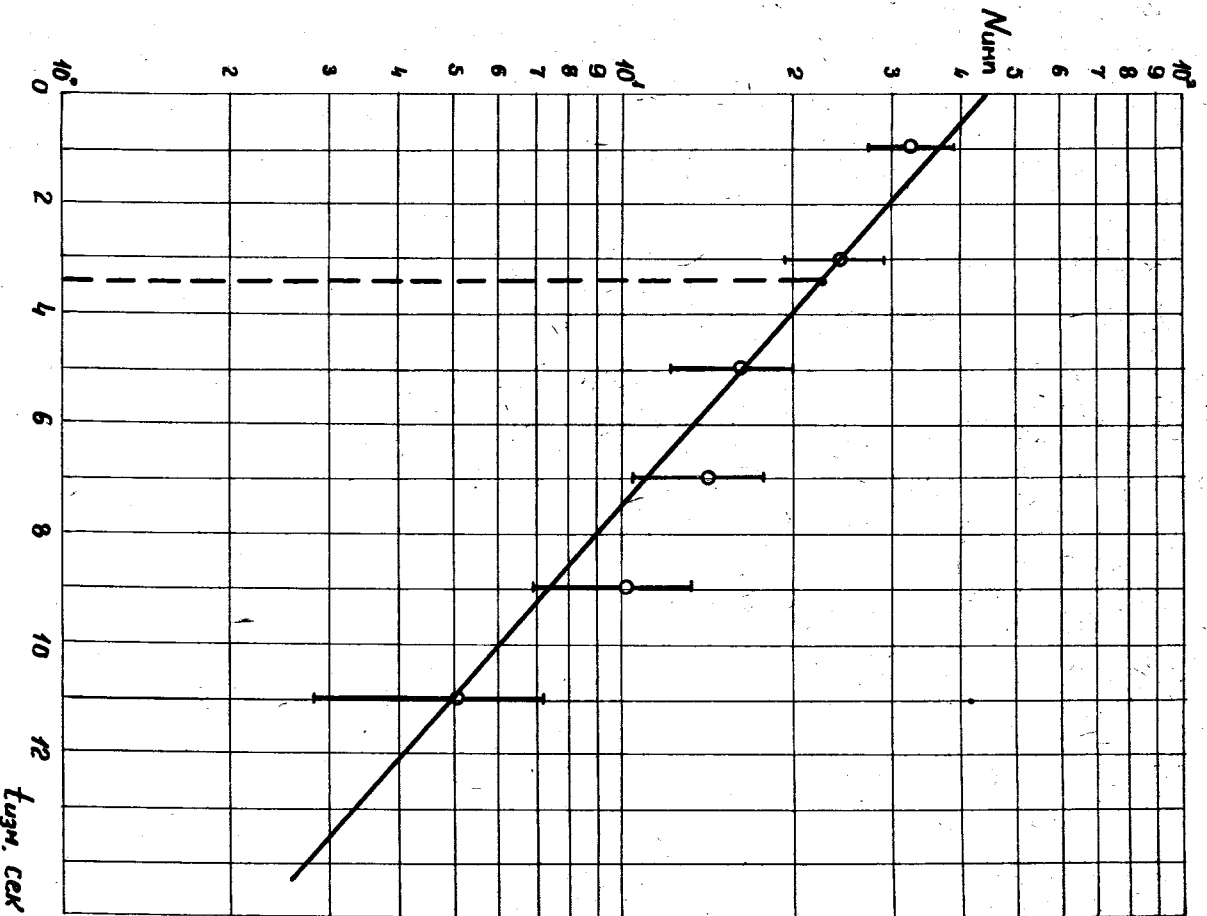


Рис. 3. Кривая распада продуктов ядерной реакции $U^{238} + O^{16}$.