

571.21
Ф-71
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Д-1818



Г.Н. Флеров, Ю.Ц. Оганесян, Ю.В. Лобанов,
В.И. Кузнецов, В.А. Друин, В.П. Перельгин,
К.А. Гаврилов, С.П. Третьякова, В.М. Плотко

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

СИНТЕЗ И ФИЗИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ИЗОТОПА 104-го ЭЛЕМЕНТА
С МАССОВЫМ ЧИСЛОМ 260

1964

Д-1818

Г.Н. Флеров, Ю.Ш. Оганесян, Ю.В. Лобанов,
В.И. Кузнецов, В.А. Друин, В.П. Перелыгин,
К.А. Гаврилов, С.П. Третьяков, В.М. Плотко

СИНТЕЗ И ФИЗИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ИЗОТОПА 104-го ЭЛЕМЕНТА
С МАССОВЫМ ЧИСЛОМ 260

Направлено в журналы "Атомная энергия"
и "Physics Letters"

2606/2 м.

Теоретические и экспериментальные исследования закономерностей спонтанного деления ядер, находящихся в основном состоянии, показывают, что вероятность этого процесса увеличивается по мере роста параметра Z^2/A . На основании этого можно ожидать, что изотоп 104-го элемента с массовым числом 260 будет распадаться, в основном, путем спонтанного деления.

Однако предсказание времени жизни этого изотопа по отношению к спонтанному делению — задача очень трудная. Оценка с помощью обычной экстраполяции эмпирических зависимостей периодов спонтанного деления от различных параметров, характеризующих ядро, в область $Z = 104$, дает значение T_{sp} в широком интервале от 10^{-3} до 1 сек. С другой стороны, теоретические расчеты с учетом однонуклонной структуры ядра^{/1/}, приводят к существенно меньшей величине T_{sp} . Например, для 104^{258} теоретическое значение T_{sp} составляет 0,02 сек, а для 104^{260} $T_{sp} = 5 \cdot 10^{-6}$ сек.

Однако экспериментально было показано, что 104^{258} испытывает спонтанное деление с $T_{sp} = 1500$ сек. Это давало основание надеяться, что и для 104^{260} время жизни не будет столь малым, как это следует из работы^{/1/}. Поэтому нами была разработана методика для поисков спонтанного деления 104 элемента. Эксперименты проводились на внутреннем пучке 300 см циклотрона тяжелых ионов. В качестве мишени применялся Pu^{242} , облучение проводилось ионами Ne^{22} . Изучалась ядерная реакция $Pu^{242}(Ne^{22}, 4n)104^{260}$.

Схематическое устройство пробника показано на рис. 1. Никелевая лента-конвейер длиной 8 м предназначалась для транспортировки ядер-продуктов реакции от мишени к детекторам. Скорость ленты могла варьироваться в широких пределах. В качестве детекторов осколков деления использовалось фосфатное стекло^{/2,3/}. При заданной скорости перемещения ленты распределение треков по детекторам дает информацию о времени жизни синтезированных в реакциях ядер.

Плутониевая мишень (97% Pu^{242} , 1,5% Pu^{240} и 1,5% Pu^{238}) толщиной 700 мкг/см² была нанесена на тонкую алюминиевую фольгу и закрыта сверху слоем никеля толщиной — 100 мкг/см².

В первых экспериментах было обнаружено, что при энергии бомбардирующих частиц 113–115 Мэв наблюдается образование спонтанно-делящегося изотопа с временем жиз-

ни - 0,3 сек и с сечением $\sim 2 \cdot 10^{-34} \text{ см}^2 / 4/$. Кривая распада этого изотопа показана на рис. 2.

Следует отметить, что при использовании физического способа идентификации возникают значительные трудности, связанные с наличием фона. Если изучается α -распад нового элемента, то всегда существует опасность появления в ядерных реакциях продуктов со сходными свойствами радиоактивного распада (период полураспада и энергия α -частиц). Экспериментально установлено, что такие продукты с большой вероятностью образуются при облучении тяжелых мишеней многозарядными ионами. С аналогичными трудностями встречаются экспериментаторы и в случае идентификации новых элементов по спонтанному делению. Как недавно установлено ^{15-8/}, в реакциях образуются ядра в изомерном состоянии, из которого спонтанное деление происходит за очень короткое время. Так, период полураспада для спонтанного деления изомера Am^{242m} составляет всего 13 мсек. Кроме Am^{242m} в реакциях с тяжелыми ионами были найдены спонтанно делящиеся изомеры с периодом полураспада 0,85 мсек и 3,5 сек ^{19,10/}. Эти ядра образуются в реакциях частичного слияния бомбардирующего иона с ядром-мишенью.

Другим источником фона при синтезе 104^{260} может служить 102^{256} , который испытывает спонтанное деление в 1/150 доле случаев и распадается с периодом - 8 сек ^{11/}. Он образуется в реакции $\text{Pu}^{242} (\text{Ne}^{22}, \alpha 4n) 102^{256}$, протекающей с относительно большой вероятностью. Однако функции возбуждения как реакций частичного слияния, так и реакции с вылетом энергичной α -частицы должны существенно отличаться от испарительной кривой $(\text{Ne}^{22}, 4n)$.

Нами изучались энергетические зависимости сечений образования нового изотопа с $T_{1/2} = 0,3$ сек, а также Am^{242m} и 102^{256} . Результаты представлены на рис. 3. Было найдено, что функция возбуждения для изотопа с $T_{1/2} = 0,3$ сек имеет максимум при $E_{\text{Ne}} = 114$ Мэв и ширину на полувысоте - 10 Мэв, что соответствует испарительной реакции $(\text{Ne}^{22}, 4n)$. Вид функции возбуждения оказался подобным тому, что имело место при получении 102-го элемента в реакции $\text{U}^{238} (\text{Ne}^{22}, 4n) 102^{256} / 12/$.

Для того, чтобы проверить, что наблюдаемый эффект ($T_{1/2} = 0,3$ сек) связан с распадом 104^{260} , были поставлены опыты, в которых U^{238} облучался Ne^{22} , Pu^{242} облучался Ne^{20} и O^{18} . В этих экспериментах могли образоваться практически все возможные спонтанно делящиеся продукты, которые возникали при облучении Pu^{242} , за исключением 104^{260} . Оказалось, что в реакциях $\text{U}^{238} + \text{Ne}^{22}$, $\text{Pu}^{242} + \text{Ne}^{20}$ и $\text{Pu}^{242} + \text{O}^{18}$ изотоп со временем жизни 0,3 сек не образуется; верхняя граница сечения составляет $\sigma < 2 \cdot 10^{-35} \text{ см}^2$.

Тем не менее, проведенные опыты принципиально не исключают образования спонтанно делящихся ядер в реакциях $\text{Pu}^{242} (\text{Ne}^{22}; p3n) 103^{260}$, где после электронного захвата

образуется тяжелый изотоп 102^{260} и $Pu^{242}(Ne^{22}, \alpha 2n) 102^{258}$. В обоих случаях мы имеем дело с тяжелыми изотопами 102 элемента, свойства которых в настоящее время не известны.

Поведение реакции $(p, 3n)$ детально было изучено нами в опытах $U^{238} + Ne^{22}$ и $Pu^{242} + O^{18}$, где наблюдается образование Md^{258} с последующим электронным захватом и спонтанным делением Fm^{256} . Было найдено, что сечение реакции $(Ne^{22}, p3n)$ составляет $\sim 1/100$ часть от сечения $(Ne^{22}, 4n)$; функция возбуждения в случае $(Ne^{22}, p3n)$ представляет кривую с максимумом, сдвинутым на величину $\sim 10-12$ Мэв по отношению к максимуму кривой $(Ne^{22}, 4n) / 13/$. Следует отметить также, что электронный захват 103^{260} ($E_k = 2,5$ Мэв) за время $\sim 0,3$ сек чрезвычайно маловероятен в этой области ядер. Поэтому вклад от реакции $Pu^{242}(Ne^{22}, p3n) 103^{260}$ практически исключен.

В реакции $Pu^{242}(Ne^{22}, \alpha 2n) 102^{258}$ возможно, что функция возбуждения будет похожа на испарительную кривую с вылетом 4-х нейтронов. Однако опыты $U^{238} + Ne^{22}$, в которых идентифицировался 100^{254} показывают, что сечение реакции $(Ne^{22}, \alpha 2n)$ составляет не более $1/50$ части сечения $(Ne^{22}, 4n)$.

С другой стороны, из всех экспериментально полученных значений ускорение периода полураспада при увеличении массы ядер на две единицы значительно меньше величины 5000, которая получается, если приписать наблюдаемый излучатель с $T_{1/2} = 0,3$ сек не 104^{260} , а изотопу 102^{258} .

Таким образом, результаты экспериментов (вид функции возбуждения, величина сечений в максимуме, отсутствие эффекта в контрольных опытах с другими частицами и мишенями) дают достаточно оснований предполагать, что в реакции $Pu^{242}(Ne^{22}, 4n)$ образуется изотоп 104-го элемента с массовым числом 260, испытывающий спонтанное деление с периодом полураспада $0,3 \pm 0,1$ сек.

Однако имея в виду сложности, которые возникают при синтезе трансфермиевых элементов, нам представляется весьма желательным проведение химических экспериментов как для дополнительной идентификации, так и для изучения химических свойств 104 элемента.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить А.Ф. Линева, А.Н. Филиппсона, И.А. Шелаева и группу обслуживания циклотрона за обеспечение долгосрочной стабильной работы циклотрона, С.М.Поликанова и Е.Д.Донца за плодотворные обсуждения результатов экспериментов.

Мы благодарны директору ОИЯИ проф. Д.И.Блохинцеву и Государственному Комитету по использованию атомной энергии за внимательное отношение и поддержку в процессе проведения настоящей работы.

Л и т е р а т у р а

1. S.A.E. Johansson, Report UCRL-10474, Sept. 1962.
2. В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, И.Звара, ПТЭ, 4, 78 (1964).
3. А.Капусник, В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, Препринт ОИЯИ, Р-1433, Дубна (1963).
4. Г.Н.Флеров, С.М.Поликанов, Доклад на Конгрессе по ядерной физике, Париж, июль, 1964.
5. С.М.Поликанов, В.А.Друин, В.А.Карнаухов, В.Л.Михеев, А.А.Плеве, Н.К.Скобелев, В.Г.Субботин, Г.М.Тер-Акопян, В.А.Фомичев, ЖЭТФ, 42, 1464 (1964).
6. С.М.Поликанов, Ван Тун-сен, Х.Кекк, В.Л.Михеев, Ю.Ц.Оганесян, А.А.Плеве, Б.В.Фефилов, ЖЭТФ, 44, 804 (1963).
7. G.N. Flerov, S.M. Polikanov, V.L. Mikheev, V.P. Perehygin, A.A. Pleve, Proceedings of the third Conference on Reactions between Complex Nuclei, Asilomar, USA, p. 219, 1963.
8. А.Ф.Линев, Б.Н.Марков, А.А.Плеве, С.М.Поликанов, Препринт ОИЯИ Д-1693, Дубна, 1964.
9. В.А.Друин, Н.К.Скобелев, Б.В.Фефилов, В.И.Кузнецов, Ю.В.Лобанов, Ю.Ц.Оганесян, Препринт ОИЯИ Р-1651, Дубна, 1964.
10. Ю.В.Лобанов, В.И.Кузнецов, Ю.Ц.Оганесян, В.П.Перельгин, С.М.Поликанов, Г.Н.Флеров, Препринт ОИЯИ Р-1801, Дубна, 1964.
11. В.А.Друин, Н.К.Скобелев, Б.В.Фефилов, Препринт ОИЯИ Р-1580, Дубна, 1964.
12. Е.Д.Донец, В.А.Шеголев, В.А.Ермаков, Препринт ОИЯИ Р-1580, Дубна, 1963.
13. В.А.Друин, Nucleonika, УЦ, 473 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
26 августа 1964 г.

1664 → К. 44 200

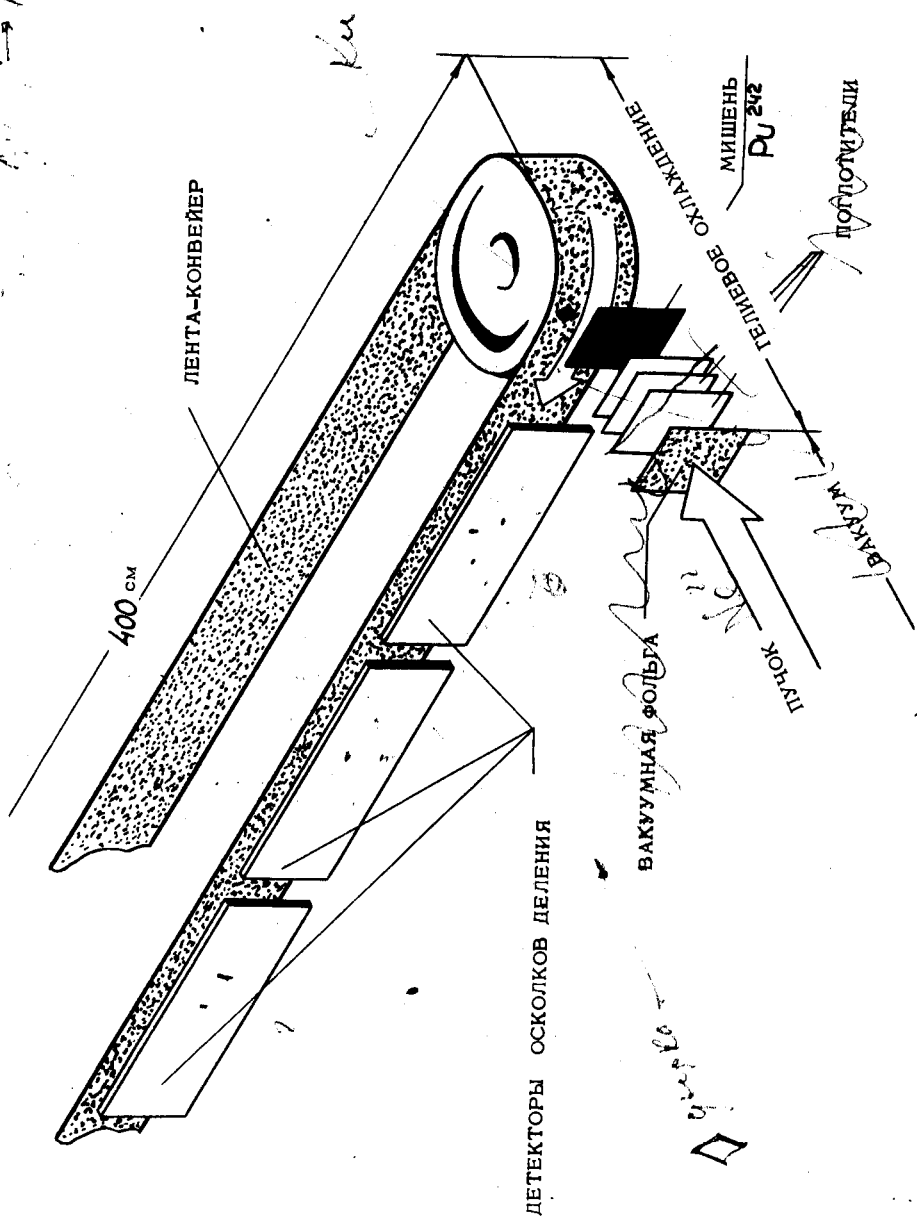


Рис. 1. Схема устройства, применявшегося в опытах по синтезу 104-го элемента.

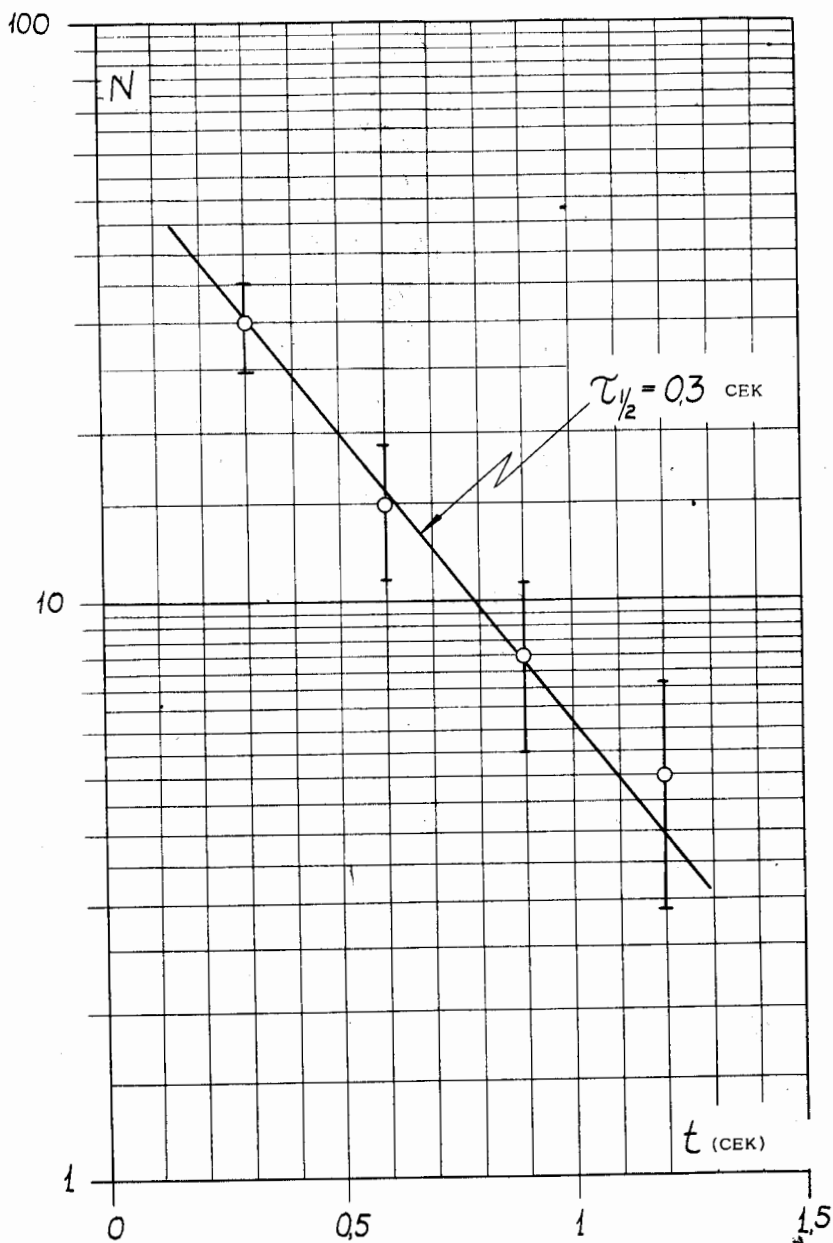


Рис. 2. Распад спонтанно делящегося продукта, образованного при взаимодействии ускоренных ионов Ne^{22} с Pu^{242} .

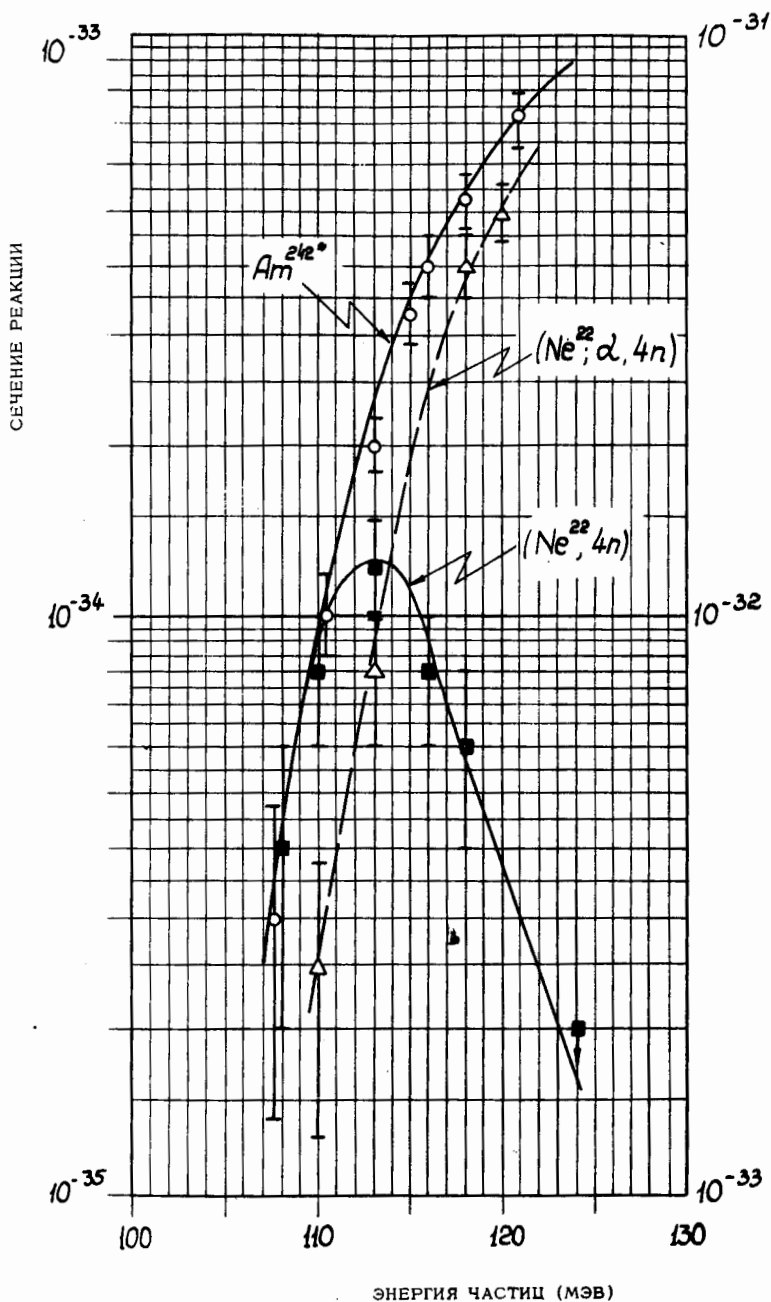


Рис. 3. Энергетические зависимости сечений образования спонтанно делящихся продуктов в реакции $Pu^{242} + Ne^{22}$. \bullet - экспериментальные точки для синтеза изотопа с $T_{\text{эф}} = 0,3$ сек. Δ - экспериментальные точки для синтеза изотопа 102^{256} . \circ - экспериментальные точки для синтеза изомера Am^{242m} . Правая шкала сечений относится к синтезу Am^{242m} .