

## ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОСТИ $^{263}\text{Ku}$

Х.Брухертзайфер<sup>1</sup>, Г.В.Букланов, М.П.Иванов,  
О.Константинеску<sup>2</sup>, Ю.А.Музычка, Ю.Ц.Оганесян,  
Б.И.Пустыльник, Е.А.Сокол, Г.М.Тер-Акопьян, М.Юссонуа<sup>3</sup>

Описываются эксперименты по синтезу изотопа  $^{263}\text{Ku}$  в реакции  $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, \alpha n)$  на циклотронах У-300 и У-400 ЛЯР ОИЯИ. Производилось радиохимическое выделение фракций Ку и 102 элемента и изготовление спектрометрических источников с последующим их измерением на установке, включавшей детекторы осколков, гамма-квантов и нейтронов деления для фракции Ку и на трековых детекторах для фракции 102 элемента. Во всех облучениях не было зарегистрировано событий деления. Сделан вывод о том, что ветвь альфа-распада не является главной для  $^{263}\text{Ku}$ . Если главной ветвью распада является спонтанное деление, то период полураспада  $^{263}\text{Ku}$  составляет менее 20 мин.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

### Experiments on the Study of $^{263}\text{Ku}$ Stability

Bruchertseifer H. et al

Experiments on the synthesis of  $^{263}\text{Ku}$  isotope in  $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, \alpha n)$  reaction on U-300 and U-400 cyclotrons of LNR, JINR are described. Radiochemical elution of Ku and 102 element fractions and preparing the spectrometric sources were carried out. The following measurement on a setup containing detectors of fragments, gamma-quanta and neutrons of fission was made for Ku fraction and on track detectors for 102 element fraction. No spontaneous fission event was registered in all irradiations. It was concluded that the alpha-decay branch is not principal for  $^{263}\text{Ku}$ . If spontaneous fission is the main branch of decay, then the half-life of  $^{263}\text{Ku}$  is less than 20 min.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

---

<sup>1</sup> Центральный институт изотопных и радиационных исследований,  
Лейпциг, ГДР

<sup>2</sup> Центральный институт физики, Бухарест

<sup>3</sup> Институт ядерной физики, Орсе, Франция

## 1. Введение

В ряде теоретических расчетов<sup>1-4</sup> была предсказана повышенная стабильность относительно спонтанного деления для нуклидов с  $Z \geq 104$ , связанная с деформированной оболочкой  $N = 162$ .

Например, из расчетов, сделанных в работе<sup>4</sup>, следует, что периоды полураспада  $T_{sf}$  относительно спонтанного деления составляют: для изотопа  $Ku$  с числом нейтронов  $N = 162$  около 100 с, для изотопа с нечетным числом нейтронов  $N = 159$  — не менее  $10^4$  с.

В некоторых работах (например, <sup>5</sup>) обсуждался вопрос о существовании ранее неизвестной долины на карте потенциальной поверхности ядра, возможно, проявляющей себя в феномене бимодального деления ядер<sup>6</sup>. Расчет с учетом этой долины дает более короткие времена жизни по отношению к спонтанному делению ( $T_{sf} = 69$  мкс для изотопа  $Ku$  с  $N = 162$ ).

В связи с этим вопрос о свойствах изотопов в области  $Z \geq 104$  и  $N \geq 158$  представляет значительный интерес.

Настоящая работа предпринята с целью получения изотопа  $^{263}Ku$  в реакции  $^{248}Sm(^{22}Ne, \alpha 3n)$ .

## 2. Методика эксперимента

Облучения  $^{248}Sm$  производились на пучке ионов  $^{22}Ne$  с энергией на мишени 118 МэВ на циклотронах У300 и У-400 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Время облучения мишени в одном опыте составляло  $1,5 \div 4$  ч, максимальная интенсивность пучка ионов на мишени —  $5 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ . Мишень  $^{248}Sm$  имела толщину  $500 \text{ мг/см}^2$ , диаметр 9 мм и подложку из бериллиевой фольги толщиной 8 мкм. Для сбора ядер отдачи использовались золотые фольги толщиной 3 мкм и диаметром 12 мм. Экспериментальная установка включала в себя реакционную камеру, которая отделялась от объема ионопровода входной фольгой. В камере находились поглотители энергии ионов, мишень  $^{248}Sm$ , сборник ядер отдачи, закрепленный на коллекторе ионов — медном блоке, охлаждаемом водой. Реакционная камера была электрически изолирована от корпуса ионопровода, что позволяло использовать установку в качестве цилиндра Фарадея для измерения тока пучка ионов. Энергия ионов на входе в установку контролировалась с использованием рассеивателя из золотой фольги и полупроводникового  $Si(Au)$ -детектора.

Во время эксперимента камера была наполнена аргоном при давлении около 100 кПа. Конструкция установки позволяла извле-

кать сборник ядер отдачи из камеры за время около одной минуты. Через 2 ÷ 3 мин. производилось контрольное измерение активности спонтанного деления сборника на детекторе множественной эмиссии нейтронов<sup>171</sup> в течение 3 ÷ 5 мин. После каждого облучения золотая фольга растворялась в смеси соляной и азотной кислот и золото удалялось сорбцией на сильноосновном анионите. Оставшийся раствор выпаривался досуха, осадок растворялся в 0,5N растворе фтористоводородной кислоты и пропускался через колонку, наполненную катионитом Aminex А5. Фракция Кu получалась в виде элюата и содержала также радиоактивные изотопы-отметчики Hf. При этом все актиниды оставались полностью на колонке. Двухвалентные ионы 102 элемента, которые могли образовываться в результате  $\alpha$ -распада  $^{263}\text{Ku}$ , вместе со своим отметчиком  $^{87\text{m}}\text{Sr}$  селективно вымывались 1,5N раствором  $\text{HNO}_3$ . Для приготовления источников растворы, содержавшие фракции Кu и 102 элемента, выпаривались на соответствующие подложки.

Для измерения характеристик спонтанного деления использовалась система<sup>181</sup>, включавшая в себя полупроводниковые поверхностно-барьерные детекторы для регистрации осколков деления, детектор гамма-квантов на основе сцинтилляторов из германата висмута и детектор множественной эмиссии нейтронов, аналогичный описанному в работе<sup>171</sup>. Эффективность регистрации событий деления в этой установке определялась с помощью спектрометрического источника  $^{248}\text{Cm}$  и составляла  $0,8 \pm 0,05$ . Установка позволяла производить измерение характеристик спонтанного деления до четырех источников одновременно.

Активность фракции 102 элемента измерялась при помощи трековых детекторов.

### 3. Результаты и обсуждение

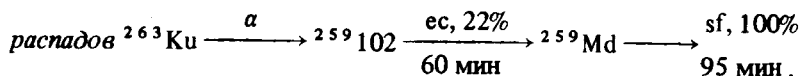
Характерным репером, позволявшим помимо измерения энергии и тока пучка ионов контролировать ход эксперимента, являлся  $^{256}\text{Fm}$ , активность спонтанного деления которого измерялась в первые 3 ÷ 5 мин после облучения.

Поперечное сечение образования  $^{256}\text{Fm}$  в наших экспериментах составляло  $(1,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-31} \text{ см}^2$ . Погрешность этого значения связана главным образом с неточностью определения тока пучка ионов на мишени и статистической ошибкой измерения активности спонтанного деления сборника ядер отдачи на нейтронном детекторе. Полученная нами величина поперечного сечения образования  $^{256}\text{Fm}$  в пределах ошибок согласуется с измеренной в работе<sup>191</sup>.

Таблица. Пределы сечения образования  $^{263}\text{Ku}$  (в нб), полученные в предположении, что его ядра с вероятностью 100% испытывают спонтанное деление (а) или  $\alpha$ -распад (б) \*

Период полураспада, мин	а	б
10	2,75	0,075
20	0,25	0,075
30	0,10	0,080

\* -  $\alpha$ -распад  $^{263}\text{Ku}$  ведет к спонтанному делению  $^{259}\text{Md}$  через цепочку



Другим спонтанно делящимся изотопом, образующимся с большим поперечным сечением, помимо  $^{256}\text{Fm}$ , является  $^{254}\text{Cf}$ . Но, поскольку период полураспада  $^{254}\text{Cf}$  примерно в 550 раз больше, чем у  $^{256}\text{Fm}$ , вкладом этого изотопа при измерении активности спонтанного деления сборника можно пренебречь. Выход  $^{254}\text{Cf}$  в данных экспериментах не контролировался.

Всего было проведено 9 облучений, в которых производилось радиохимическое выделение фракций Ку и 102 элемента, а также изготовление источников с последующим измерением их на трековых детекторах и на установке, позволявшей регистрировать осколки, гамма-кванты и нейтроны спонтанного деления.

Обычно интервал времени с момента окончания облучения до момента начала измерений фракций Ку равнялся  $30 \div 80$  мин. Измерение каждого источника производилось в течение  $5 \div 8$  ч.

Во всех опытах не было зарегистрировано ни одного события спонтанного деления во фракции Ку. Также не было зарегистрировано событий спонтанного деления во фракциях 102 элемента.

Полученные результаты позволили дать оценки сечения образования  $^{263}\text{Ku}$  при различных предположениях о моде распада (спонтанное деление или  $\alpha$ -распад) и периоде полураспада этого нуклида (см. таблицу).

С целью оценки ожидаемого сечения реакции  $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, \alpha\text{3n})^{263}\text{Ku}$  нами был проведен расчет этой реакции по статистической модели. Параметры расчета, которые были одинаковыми для всех рассчитываемых реакций, проверялись на экспериментальном материале для реакций (HI, xn) на актинидных мишенях

и на имеющихся для этих мишеней экспериментальных данных для (HI,  $\alpha$ h $\nu$ ) реакций  $^{10-13}$ . Во всех случаях получено удовлетворительное согласие расчетных и экспериментальных сечений: в максимумах соответствующих функций возбуждения  $1/5 \leq \leq \sigma_{\text{расч.}}/\sigma_{\text{эксп.}} \leq 5$ . Для реакции  $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, \alpha\text{Zn})^{263}\text{Ku}$  расчет дает сечение образования  $^{263}\text{Ku}$   $\sigma = 1,1 \cdot 10^{-33}$  см<sup>2</sup> при энергии  $^{22}\text{Ne}$  117 МэВ.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных о поперечных сечениях позволяет сделать некоторые выводы о свойствах изотопа  $^{263}\text{Ku}$ . Ветвь  $\alpha$ -распада не является главной для  $^{263}\text{Ku}$ , в отличие от других известных нечетных изотопов курчатовия ( $^{255-261}\text{Ku}$ ). Если главной ветвью распада является спонтанное деление, то период полураспада  $^{263}\text{Ku}$   $T_{1/2} < 20$  мин. Возможность электронного захвата для этого изотопа требует отдельного рассмотрения.

### Л и т е р а т у р а

1. Ćwiok S. et al. — Nucl. Phys., 1983, v. A410, p. 254.
2. Leander G.A. et al. — In: Proc. of the 7-th Int. Conf. on Atomic Masses and Fundamental Constants AMCO-7, Darmstadt, 1984, Klepper O. (ed), p. 466, Darmstadt, 1984.
3. Böning K. et al. — Z. Phys. A, 1986, v. 325, p. 479.
4. Łojewski Z., Baran A. — Z. Phys. A, 1988, v. 329, p. 161.
5. Hulet E.K. et al. — Phys. Rev. Lett., 1986, v. 56, p. 313.
6. Möller P., Nix J.R., Switecki W.J. — Los Alamos Preprint LA-UR-88-2266, 1988.
7. Ter-Akopian G.M. et al. — Nucl. Instr. & Meth., 1981, v. 190, p. 119.
8. Тер-Акопьян Г.М. и др. — В сб.: Межд. школа-семинар по физике тяжелых ионов, Дубна, сентябрь 1986 г., ОИЯИ, Д7-87-68, Дубна, с.212.
9. Diana Lee et al. — Phys. Rev. C, 1982, v. 25, p. 286.
10. Silva R.J. et al. — Nucl. Phys., 1973, v. A216, p. 97.
11. Somerville L.P. et al. — Phys. Rev. C, 1985, v. 31, n. 5, p. 1801.
12. Ghiorso A. et al. — Phys. Lett. B, 1970, v. 32, n. 2, p. 95.
13. Друин В.А. и др. — В сб.: Межд. школа-семинар по физике тяжелых ионов (сборн. аннотаций), Алушта, апрель 1983 г., ОИЯИ, Д7-83-147, Дубна, 1977, с. 52.

Рукопись поступила 1 февраля 1989 года.