

ИСПУСКАНИЕ ЯДЕР НЕОНА ПРИ РАСПАДЕ ^{233}U

С.П.Третьякова, А.Сэндулеску, Ю.С.Замятнин,
Ю.С.Короткин, В.Л.Михеев

Обнаружен новый вид распада ^{233}U с испусканием ядра неона. Регистрация неона на фоне большого числа α -частиц производилась трековым детектором из полиэтилентерефталата. За время экспонирования слоя ^{233}U массой 75 мг в течение 28 суток зарегистрировано 16 актов распада, что соответствует относительной вероятности процесса по отношению к α -распаду $\lambda_{\text{Ne}}/\lambda_{\alpha} = (7,5 \pm 2,5) \cdot 10^{-13}$.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Ne Emission by Spontaneous Decay of ^{233}U

S.P. Tret'yakova et al.

A new type of decay of ^{233}U by Ne emission is discovered. The detection of Ne among a great number of α -particles was performed using track detector of polyethyleneterephthalate. At the exposition of 75 mg of ^{233}U 16 decay events have been detected during 28 days. It corresponds to relative probability of the process with respect to α -decay $\lambda_{\text{Ne}}/\lambda_{\alpha} = (7.5 \pm 2.5) \cdot 10^{-13}$.

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

Несколько лет тому назад было теоретически предсказано существование нового вида распада тяжелых ядер, промежуточного между спонтанным делением и α -распадом ^{71/}, при котором испускаются тяжелые ядерные кластеры и образуются остаточные ядра, близкие к дважды магическому ядру ^{208}Pb . В 1984 году рядом исследователей ^{72-5/} получено экспериментальное подтверждение такого вида распада, а именно — распад изотопов радия с испусканием ядра ^{14}C .

В свете этих результатов представлялось интересным проверить возможность существования других видов распада, в частности, эмиссии ^{24}Ne — процесса, по теоретическим оценкам, наиболее вероятного после эмиссии ^{14}C , и одновременно с этим расширить круг изучаемых исходных ядер. В качестве исследуемых нами были выбраны ядра ^{231}Pa и ^{233}U . Первые результаты, подтверждающие испускание ядер неона, были получены для ^{231}Pa и ^{232}U ^{76,7/}. В настоящей работе приводятся первые данные о существовании аналогичного распада ^{233}U .

Таблица 1

Исходное ядро	Продукты распада	Энергия реакции, МэВ	Кинетическая энергия, МэВ	Пробег в лавсане, мкм	$\lambda_{\text{Ne}}/\lambda_{\alpha}$
^{233}U	$^{209}\text{Pb} + ^{24}\text{Ne}$	60,8	54,3	30,8	$8 \cdot 10^{-12}$
	$^{208}\text{Pb} + ^{25}\text{Ne}$	60,5	54,3	31,2	$1 \cdot 10^{-11}$

Таблица 2

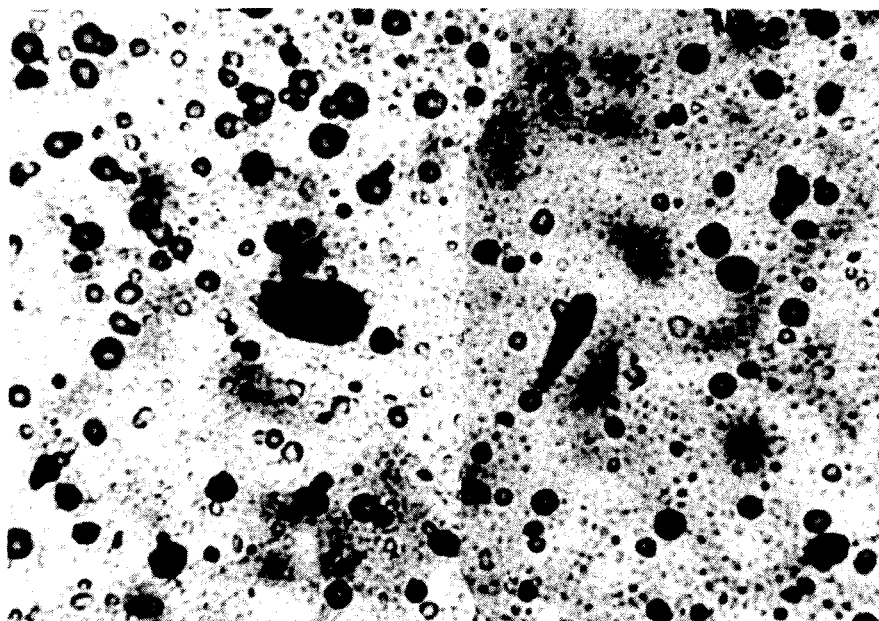
Изотопный состав урана

A	232	233	234	235	238
Содержание изотопа, %	$4 \cdot 10^{-4}$	98,1	0,4	0,02	1,5

Согласно теоретическим оценкам^{/8/}, наиболее вероятными способами распада ^{233}U следует считать испускание ^{24}Ne и ^{25}Ne с образованием остаточных ядер ^{209}Pb и ^{208}Pb соответственно. Вероятность этих двух процессов практически одинакова и составляет $\sim 10^{-11}$ от вероятности α -распада (табл.1).

В эксперименте использовался слой оксида урана, нанесенный на никелевую подложку толщиной 0,1 мм. Общее количество ^{233}U составляло 75 мг, толщина слоя $0,33 \text{ мг/см}^2$. Изотопный состав урана, определенный масс-спектрометрическим методом, приведен в табл.2. Содержание изотопа ^{232}U и продуктов его распада определялось также измерением α -спектра тонкого слоя урана.

Регистрация продуктов распада на фоне большого числа α -частиц, как и в работе^{/6/} по изучению распада ^{231}Pa , производилась с помощью трековых детекторов из полиэтилентерефталата (лавсана). Лавсановый детектор толщиной 170 мкм помещался на слой урана с зазором ~ 1 мм, и вся сборка экранировалась кадмием для защиты от тепловых нейтронов. Экспонирование детектора производилось под бетонной защи-



Микрофотография следа кластера и осколка деления ^{233}U в лавсановом детекторе при увеличении в 600 раз. Время травления 3 часа в 20% NaOH при 60°C .

той толщиной 7 м для уменьшения влияния космического излучения. Время экспонирования детектора составило 28 суток.

Для идентификации кластера по параметрам трека лавсановые детекторы облучались на ускорителе У-300 ионами ^{20}Ne с энергией 46 ± 2 МэВ и 60 ± 2 МэВ (в вакууме) и затем α -частицами ^{238}Pu (на воздухе) таким же интегральным потоком, какой был за время экспозиции на ^{233}U . До травления все детекторы выдерживались 1 месяц на воздухе.

Травление детекторов проводилось в 20%-ном растворе NaOH при температуре 60°C . Для построения калибровочной кривой зависимости скорости травления вдоль трека от остаточного пробега $V_T = f(R)$ время травления выбиралось равным 2, 3 и 4 ч. Треки осколков деления за 2 ч травились до конца пробега, а треки кластера имели характерную конусную форму с максимальной шириной трека, в два раза меньшей ширины трека осколка (см. рисунок). Средняя длина треков кластеров измерялась после 4 ч травления. Эффективность регистрации кластеров лавсановым детектором составляла 33%.

В результате обработки детекторов, экспонированных на слое ^{233}U , было зарегистрировано 16 треков — продуктов распада ^{233}U . Средняя длина треков легких ядер составила $30,5 \pm 1,4$ мкм в хорошем соответствии с ожидаемой при испускании ядер неона ураном.

На основании полученных результатов оценка относительной вероятности испускания ядер неона по отношению к α -распаду дает значение $\lambda_{\text{Ne}}/\lambda_{\alpha} = (7,5 \pm 2,5) \cdot 10^{-13}$, а парциальный период полураспада $T_{1/2} = (2,2 \pm 0,8) \cdot 10^{17}$ лет.

Так как энергия и пробег продуктов распада ^{233}U по каналам распада с вылетом двух изотопов неона практически совпадают (табл.1), то полученную вероятность распада ^{233}U следует рассматривать как суммарную по двум каналам распада.

Сравнительно небольшое число зарегистрированных ядер неона указывает на меньшую относительную вероятность такого способа распада ^{233}U по сравнению с ожидаемым ^{8/} и мало отличается от относительной вероятности испускания ядер неона изотопом ^{232}U , полученной в работе ^{7/}. Вклад в наблюдаемый нами эффект распада ^{232}U с вылетом ядер неона не превышает 2%.

Общее число осколков деления, наблюдавшихся одновременно с ядрами неона, составляет 260. Как показали опыты по измерению выхода нейтронов, существенным источником осколков является вынужденное деление ^{233}U нейтронами из реакций (α , n) на ядрах ^{13}C и ^{18}O , содержащихся в лавсане. Менее 10% осколков образовалось за счет спонтанного деления четных изотопов урана. Поскольку выход ядер неона в тройном делении, согласно данным ^{9/}, не превышает 10^{-6} на акт деления, тройное деление дает в наблюдаемый нами выход ядер неона вклад не более 10^{-3} %.

Авторы выражают глубокую благодарность академику Г.Н.Флерову и профессору Ю.Ц.Оганесяну за поддержку работы, Г.М.Тер-Акопяну, В.Бирхолцу, Л.В.Джолос, А.М.Кучеру, К.И.Меркиной, Е.А.Соколу, Г.Г.Банковой, Е.А.Петровой Е.И.Куренковой за помощь при проведении измерений.

Л и т е р а т у р а

1. Сэндулеску А. и др. ЭЧАЯ, 1980, 11 (6), с.523.
2. Rose H.J., Jones J.A. Nature, 1984, 307, p.245.
3. Александров Д.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, с.152.
4. Gales S. et al. Phys.Rev.Lett., 1984, 53, p.759.
5. Price P.V. et al. Phys.Rev.Lett., 1985, 54, p.297.
6. Săndulescu A. et al. In: JINR Rapid Comm., 1984, No.5-85, p.5.
7. Barwick S.W. et al. Submitted to Phys.Rev.Lett.
8. Poenaru D.N. et al. J.Phys.G: Nucl.Phys., 1984, 10, p.L183.
9. Vorobyov A.A. et al. Phys.Lett., 1972, 40B, p.102.

Рукопись поступила 2 апреля 1985 года.