

ОБНАРУЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

^{236}Pu С ВЫЛЕТОМ ЯДЕР ^{28}Mg

А.А.Оглоблин*, С.П.Третьякова, Н.И.Веников*, С.К.Лисин*,
В.Л.Михеев, С.В.Пирожков*, В.А.Пчелин*, Ю.Ф.Родионов*,
В.М.Семочкин*, В.А.Шабров*, И.К.Швецов*, В.М.Шубко*

С помощью твердотельных трековых детекторов зарегистрированы два случая распада ^{236}Pu с вылетом ядер магния. Отношение вероятности этого канала распада к вероятности альфа-распада $\sim 2 \times 10^{-14}$. Парциальный период полураспада $\sim 1,5 \times 10^{14}$ лет.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Detection of the Radioactive Decay of ^{236}Pu Involving the Emission of ^{28}Mg Nuclei

A.A.Ogloblin et al.

Two events of ^{236}Pu decay accompanied by the emission of magnesium nuclei have been recorded by means of solid-state track detectors. The ratio between the probability of this channel and that of alpha decay is about 2×10^{-14} . The partial half-life is about 1.5×10^{14} years.

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

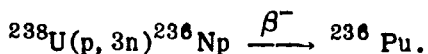
До настоящей работы были известны девять нуклидов, у которых экспериментально обнаружен спонтанный распад с испусканием частиц, промежуточных по массе между α -частицами и осколками деления (^{14}C , ^{24}Ne , ^{28}Mg)¹⁻⁴.

В разработках теории нового вида распада атомных ядер используются подходы, опирающиеся на теорию как α -распада, так и деления⁵⁻¹². Феноменологическая систематика имеющихся данных по кластерному распаду¹³ указывает на то, что в противоположность делению вероятность кластерного распада не увеличивается с ростом параметра делимости Z^2/A (Z — атомный номер, A — массовое число). С этой точки зрения интересно исследовать

* Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова, Москва

кластерный распад ядер с наибольшими значениями Z^2/A . Учет реальных экспериментальных возможностей и теоретических оценок предполагаемой вероятности кластерного распада привел нас к заключению о перспективности исследования ^{236}Pu .

^{236}Pu был получен при облучении ^{238}U протонами с энергией 30 МэВ на циклотроне Института атомной энергии им. И.В.Курчатова по следующей схеме:



Толщина мишени из ^{238}U составляла $1,3 \text{ г/см}^2$, интегральный поток протонов $\sim 3 \times 10^{19}$. После облучения и временной выдержки было проведено химическое выделение плутония. Измерение α -активности показало, что всего выделено 0,51 мкг плутония с изотопным составом: 66% ^{236}Pu и 34% ^{238}Pu . Из полученного плутония изготовлен радиоактивный источник площадью 150 см^2 . Для регистрации кластеров использован твердотельный трековый детектор в виде пленки из полиэтилентерефталата (лавсана) толщиной 0,2 мм. Подробно методика работы с этим детектором описана в работах ^{4,14/}. За время экспозиции 689 сут зарегистрировано два трека, образованных ядрами магния с энергией около 70 МэВ. Это значение энергии находится в хорошем соответствии с разностью масс ^{236}Pu и суммы масс ^{208}Pb и ^{28}Mg .

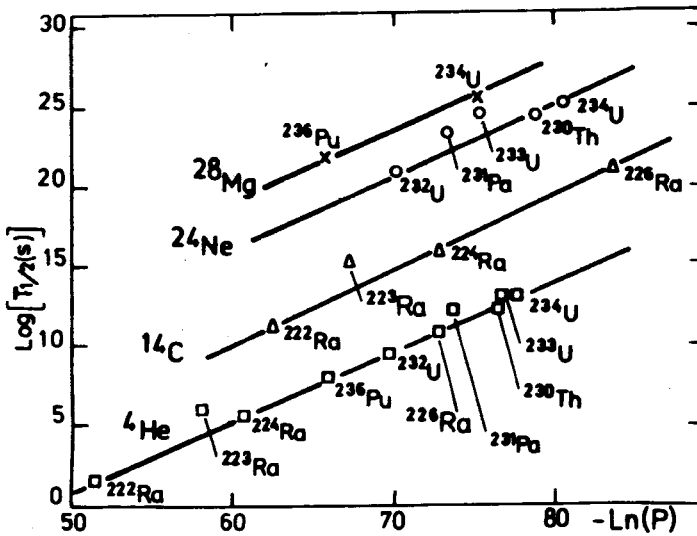
Поскольку источник плутония состоит из ядер двух изотопов, возникает вопрос, с каким из изотопов связан вылет ядер магния. Теоретические оценки, приведенные в таблице, достаточно надежно дают соотношение вероятностей кластерного распада для изотопов одного элемента. Из таблицы видно, что вероятность распада $^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{28}\text{Mg} + ^{208}\text{Pb}$ на несколько порядков больше, чем вероятность распада по другим каналам. Из наших данных следует, что вероятность испускания ^{28}Mg из ^{236}Pu по отношению к вероятности α -распада составляет $\sim 2 \times 10^{-14}$. Наш результат подтверждает отмеченную в ^{13/} противоположную по сравнению со спонтанным делением зависимость вероятности кластерного распада от параметра Z^2/A . Так, для ^{232}U $T_{1/2 \text{ класт.}} \sim 7 \times 10^{13}$ лет и $Z^2/A = 36,48$, а для ^{236}Pu $T_{1/2 \text{ класт.}} \sim 1,5 \times 10^{14}$ лет и $Z^2/A = 37,44$. Для спонтанного деления в случае первого нуклида мы имеем $T_{1/2 \text{ сп.д.}} \sim 10^{14}$ лет, а второго $\sim 10^9$ лет.

В то же время наши данные по ^{236}Pu хорошо укладываются в систематику периодов полураспада, показанную на рисунке. На нем изображена зависимость логарифмов парциальных периодов полураспада от логарифмов проницаемостей соответствующих

Таблица. Теоретические оценки относительной вероятности кластерного распада $^{236,238}\text{Pu}$

Ссылка	/5/	/7/	/12/
Вид распада			
$^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{26}\text{Mg}$	1×10^{-5}		
$^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{28}\text{Mg}$	1	1	1
$^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{30}\text{Mg}$	3×10^{-7}		
$^{238}\text{Pu} \rightarrow ^{28}\text{Mg}$	1×10^{-5}	2×10^{-5}	
$^{238}\text{Pu} \rightarrow ^{30}\text{Mg}$	3×10^{-5}	4×10^{-5}	6×10^{-4}

кулоновских потенциальных барьеров. Эти проникаемости вычислены в соответствии с простой одночастичной теорией α -распада, объясняющей эмпирически найденную зависимость Гейгера — Нэттола ^{/15/}:



Зависимость десятичного логарифма частичного периода полураспада от натурального логарифма проникаемости кулоновского потенциального барьера для эмиссии из тяжелых ядер ^4He , ^{14}C , ^{24}Ne , ^{28}Mg . Представлены все нуклиды, у которых к настоящему времени экспериментально обнаружен кластерный распад.

$$P = \exp\left[-0,629 \frac{Z_1 Z_2}{\sqrt{Q}} \sqrt{\frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2}} (\arccos \sqrt{X} - \sqrt{X - X^2})\right],$$

где $X = Q/V$, Q — разность масс начального и конечных ядер в МэВ, $V = 1,44 \cdot Z_1 Z_2 / R$, $R = 1,2(A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$.

Представленная на рисунке систематика позволяет на основании уже имеющихся данных достаточно надежно оценивать парциальные периоды кластерного распада четно-четных ядер, еще не изученных в этом отношении. Использование этой систематики для оценки вероятности распада $^{238}\text{Pu} \rightarrow ^{28,30}\text{Mg}$ дает величину $\sim 10^{-4}$ от вероятности распада $^{236}\text{Pu} \rightarrow ^{28}\text{Mg}$. Это вполне согласуется с данными таблицы, на основании которых мы отнесли наблюдаемые нами треки магния к распаду именно ^{236}Pu .

Л и т е р а т у р а

1. Rose H.J., Jones G.A. — Nature, 1984, 307, p.245.
2. Александров Д.В. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, с.152.
3. Price P.B. — In: Proc. 5th Int. Conf. on Nuclei far from Stability, Rosseau Lake, Ontario, Canada, 1987. Towner I.S. (ed.), New York, American Inst. of Physics, 1988, p.800.
4. Третьякова С.П. и др. — Известия АН СССР, сер. физ., 1986, 50, с.1925.
5. Poenaru D.N. et al. — At. Data Nucl. Data Tables, 1986, 34, p.423.
6. Poenaru D.N. et al. — Z. Phys., 1986, A325, p.435.
7. Пик-Пичак Г.А. — ЯФ, 1986, 44, с.1421.
8. Shi Y.J., Swiatecki W.J. — Nucl. Phys., 1987, A464, p.205.
9. Кадменский С.Г., Фурман В.И., Чувильский Ю.М. — В сб.: Труды Межд. школы по структуре ядра, ОИЯИ, Д4-85-851, Дубна, 1985, с.385.
10. Рубченя В.А., Эйсмонт В.П., Явшиц С.Г. — Известия АН СССР, сер. физ., 1986, 50, с.1016.
11. Barranco F., Broglia R.A., Bertsch G.F. — Phys. Rev. Lett., 1988, 60, p.507.
12. Iriondo M., Jerrestam D., Liotta R.J. — Nucl. Phys., 1986, A454, p.252.
13. Новацкий Б.Г., Оглоблин А.А. — Вестник АН СССР, 1988, 1, с.81.
14. Tretiakova S.P. et al. — JINR Preprint E7-88-803, Dubna, 1988.
15. Перлман И., Расмуссен Дж. — Альфа-радиоактивность. М.: ИИЛ, 1959, с.77.

Рукопись поступила 14 марта 1989 года.