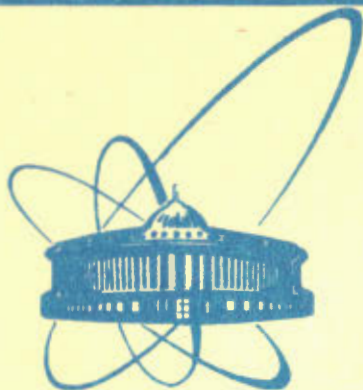


18/07/84



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P7-84-233

А.Г.Демин, М.Юссонуа,¹ Ю.П.Харитонов,
С.П.Третьякова, В.К.Утенков, И.В.Широковский,
О.Константинеску,² Ю.С.Короткин,
Х.Брухертзайфер,³ В.Г.Субботин, Х.Эстевес,
А.В.Рыхлюк, В.М.Плотко, Ю.Ц.Оганесян

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО СИНТЕЗУ 108 ЭЛЕМЕНТА

¹ Институт ядерной физики, Орсе

² Институт ядерной физики и технологии, Бухарест

³ Центральный институт радиоизотопов, Лейпциг

Известно, что вероятность спонтанного деления тяжелых ядер испытывает сильные вариации в зависимости от Z и N , обусловленные влиянием оболочечной структуры ядер на высоту и форму барьера деления. Свидетельством этому явилось резкое изменение зависимости периодов спонтанного деления T_{SF} от числа нейтронов при переходе от $Z = 102$ к $Z = 104$. Эксперименты по изучению свойств изотопов 106-го элемента с $N = 153-155, 157$ показали, что они являются α -излучателями, т.е. весьма устойчивы относительно спонтанного деления /1-3/.

Значительный интерес представляет определение свойств и, в частности, соотношения основных типов распада более тяжелых нуклидов, в первую очередь, 108-го элемента. Последние могут быть получены в реакциях "холодного слияния" при облучении мишеней из Bi и Pb ионами ^{55}Mn и $^{58}Fe^*$. Механизм реакций полного слияния, приводящих к образованию тяжелых составных ядер с $Z^2/A \geq 40$ в условиях сильного кулоновского взаимодействия во входном канале $/Z_1 Z_2 \geq 2000/$, исследовался экспериментально и теоретически /4,5/. Вследствие сильного уменьшения вероятности образования составного ядра с ростом $Z_1 Z_2$ сечения реакций $(HI, I, 2n)$, приводящих к образованию изотопов 108-го элемента, могут оказаться весьма малыми $/10^{-35} - 10^{-36} \text{ см}^2/$.

Можно полагать, что основными типами распада ядер с $Z = 108$ и $N = 154-157$ являются α -распад и спонтанное деление, а вероятность бета-распада /электронного захвата/ пренебрежимо мала /6/. При α -распаде этих изотопов 108-го элемента и их дочерних продуктов с $Z = 106$ образуются изотопы 104-го элемента с $N = 150-153$, радиоактивные свойства которых хорошо известны. Они дополнительно исследовались нами в отдельных экспериментах при облучении ^{208}Pb ионами $^{48-50}Ti$. При распаде $^{257}104$ в результате электронного захвата с вероятностью $\sim 35\%$ образуется α -радиоактивный изотоп ^{253}Es $/T_{1/2} = 20 \text{ дн.}, E_\alpha = 6,63 \text{ МэВ}/$, который может быть радиохимически выделен и зарегистрирован в малых количествах. Было показано также, что при бомбардировке мишеней Pb, Bi ионами с $A \geq 50$ при энергии $\leq 5,5 \text{ МэВ/нуклон}$ образование тяжелых ядер обусловлено распадом составного ядра путем испускания одного или двух нейтронов. Вклады от реакций с вылетом заряженных частиц типа (HI, pkn) и $(HI, \alpha kn)$, а также

*Результаты первых экспериментов по синтезу изотопа $^{263}108$ в реакции $Bi + ^{55}Mn$ представлены в /4/.

реакций. многонуклонных передач / $\Delta A \geq 30$ / пренебрежимо малы и могут быть исключены из рассмотрения.

Таким образом, при использовании интенсивных ионных пучков циклотрона У-400 / $\sim 10^{13}$ 1/с/ эксперименты по синтезу изотопов 108-го элемента могут быть проведены с достаточно высокой чувствительностью. Методика регистрации спонтанного деления описана ранее; наблюдение одного события соответствует сечению образования $\sim 2 \cdot 10^{-37}$ см²/4/. Определение выхода α -радиоактивных продуктов, в данном случае - изотопа ²⁵³Es, производилось путем радиохимического выделения фракции Es с последующим измерением энергетических и временных характеристик α -излучения препарата. Полная эффективность регистрации составляла около 70%. Чувствительность данной методики при наблюдении одного акта α -распада ²⁵³Es в течение $\Delta T = T_{1/2} (^{253}\text{Es}) = 20$ дн. соответствует сечению образования первичного изотопа ²⁶⁵108 $\sim 5 \cdot 10^{-37}$ см².

Условия и результаты экспериментов представлены в таблице. Для мишеней использовался обогащенный изотоп ²⁰⁸Pb /99%/. Быстродействие методики обеспечивало возможность регистрации спонтанно делящихся активностей с $T_{1/2} \geq 1$ мс.

Из данных, представленных в таблице, и всей совокупности контрольных экспериментов можно прийти к следующим заключениям.

Наблюдение изотопов ²⁵⁵104 и ²⁵³Es показывает, что нечетные изотопы ²⁶³, ²⁶⁵108, образующиеся в реакциях Bi (⁵⁵Mn, n)²⁶³108

Таблица

Реакция	$E_{\text{ЛАБ}}^{\text{МАКС}}$ МэВ/н	Поток ионов $\times 10^{18}$	Тип и число распадов	$T_{1/2}$	Излучатель	Канал реак- ции	Образов. ядро AZ	Сечение реакции $\times 10^{-33}$ см ²	
²⁰⁸ Pb + ⁵⁰ Ti	5.45	0.8	72 d		²⁵³ Fm	1n	²⁵⁷ 104	5	
			7440 f	6.7±0.2 мс	²⁵⁶ 104	2n	²⁵⁶ 104	5.5	
			380 f	1.7±0.2 с	²⁵⁵ 104	3n	²⁵⁵ 104	0.6	
²⁰⁸ Pb + ⁵⁴ Cr	5.5	0.5	34 d		²⁵³ Es	1n	²⁶¹ 106	0.3	
			1.6	472 f	6.1 мс	²⁵⁶ 104	2n	²⁶⁰ 106	0.4
			0.5	16 f		²⁵⁵ 104	3n	²⁵⁹ 106	0.02
²⁰⁸ Pb + ⁵⁸ Fe	5.5	3.0	3 d		²⁵³ Es	1n	²⁶⁵ 108	0.004	
			3.2	7 f	8.20 мс		1(2)n	²⁶⁵⁽⁴⁾ 108	0.002
²⁰⁹ Bi + ⁵⁵ Mn	5.55	13	21 f	1.1±0.6 0.4 с	²⁵⁵ 104	1n	²⁶³ 108	0.002	

и ²⁰⁸Pb(⁵⁸Fe, n) ²⁶⁵108, испытывают в значительной доле случаев α -распад. Это указывает на высокую стабильность ядер 108-го элемента относительно спонтанного деления.

Наряду с этим в реакции ²⁰⁸Pb + ⁵⁸Fe было зарегистрировано 7 треков осколков спонтанного деления, временное распределение которых соответствует распаду с $T_{1/2} = 8_{-4}^{+20}$ мс. Наиболее вероятным объяснением наблюдаемого эффекта является, на наш взгляд, спонтанное деление изотопа ²⁶⁵108, в цепочке распада которого нет спонтанно делящихся излучателей^{/3/}. Сопоставление выходов спонтанного деления и ²⁵³Es позволяет оценить парциальный период $T_{\text{SF}} / ^{265}\text{108} /$, составляющий $\sim 0,02$ с. Эта величина, как и недавно полученные данные для изотопов ²⁵⁹-²⁶¹106, снова показывает, что модель жидкой капли кардинально, на фактор $10^{15} - 10^{18}$, недооценивает стабильность известных ядер с $Z = 104-108$ относительно спонтанного деления, практически исключая возможность их существования. Отсюда следует, что их относительная стабильность целиком обусловлена наличием "сболоченного" барьера деления, высота и форма которого, согласно теоретическим предсказаниям^{/7/}, почти не изменяется в этой области Z и N.

В связи с этим нельзя полностью исключить то, что наблюдаемое спонтанное деление может быть обусловлено α -распадом четно-четного изотопа ²⁶⁴108 подобно тому, как это имеет место для четно-четного изотопа ²⁶⁰106^{/3/}. Ответ на этот вопрос должен быть получен в последующих экспериментах, в частности, с реакцией ²⁰⁷Pb + ⁵⁸Fe.

Мы глубоко признательны академику Г.Н.Флерову за большое внимание к этой работе, ценные советы и замечания. Авторы считают своим долгом выразить благодарность Г.Г.Гульбекяну, Б.А.Гикалу, В.Б.Кутнеру за получение интенсивных пучков тяжелых ионов в течение длительных облучений; И.В.Колесову, Г.Н.Иванову, О.К.Нефедьеву, И.А.Харитоновой за помощь в разработке аппаратуры, С.В.Малютину, К.И.Меркиной, Л.В.Джолос, М.Константинеску, Л.П.Кулькиной - за помощь в проведении экспериментов. Мы признательны также профессору И.Зваре и Ю.А.Лазареву за полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оганесян Ю.Ц. и др. Письма в ЖЭТФ, 1974, 20, с. 580.
2. Ghiorso A. et al. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, p. 1490.
3. Demin A.G. et al. Z.Phys., 1984, A315, p. 197.
4. Оганесян Ю.Ц. В кн.: Международная школа-семинар по физике тяжелых ионов. ОИЯИ, Д7-83-644, Дубна, 1983, с. 55.
5. Bjornholm S., Swiatecki W.J. Nucl.Phys., 1982, A391, p. 471.

6. Колесников Н.Н., Демин А.Г. ОИЯИ, Р6-9421, Дубна, 1975.
7. Cwiok S. et al. Nucl.Phys., 1983, A410, p. 254.

Демин А.Г. и др.

P7-84-233

Эксперименты по синтезу 108 элемента

С помощью высокочувствительной методики регистрации спонтанного деления с $T_{1/2} \geq 1$ мс и α -распада тяжелых актинидных элементов определены выходы продуктов реакций "холодного слияния" при облучении мишеней ^{209}Bi и ^{208}Pb ионами ^{55}Mn и ^{58}Fe . Наблюдение в экспериментах изотопов $^{255}104$ и $^{257}104 / ^{253}\text{Es}$ / показывает, что нечетные изотопы 108-го элемента с массовыми числами 263 и 265, образующиеся в реакциях $^{209}\text{Bi}(^{55}\text{Mn}, n)$ и $^{208}\text{Pb}(^{58}\text{Fe}, n)$ соответственно, испытывают в значительной доле случаев α -распад. Полученные результаты в совокупности с известными данными о свойствах изотопов 104-го и 106-го элементов указывают на повышенную устойчивость ядер с $Z = 108$ относительно спонтанного деления.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Demin A.G. et al.

P7-84-233

Experiments on the Synthesis of Element 108

The yields of the products of "cold fusion" reactions in ^{209}Bi and ^{208}Pb irradiations by ^{55}Mn and ^{58}Fe ions are determined by means of highly sensitive method of registering spontaneous fission with $T_{1/2} \geq 1$ ms and α -decay of heavy actinide elements. Experimental observation of $^{255}104$ and $^{257}104 / ^{253}\text{Es}$ isotopes shows that the odd-mass isotopes of element 108 with mass numbers 263 and 265, produced in the $^{209} (^{55}\text{Mn}, n)$ and $^{208}\text{Pb}(^{58}\text{Fe}, n)$ reactions, respectively, undergo α -decay with a considerable probability. The obtained results altogether with available data on the properties of the isotopes of elements 104 and 106 indicate the enhanced stability of the nuclei with $Z = 108$ against spontaneous fission.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984

Рукопись поступила в издательский отдел
10 апреля 1984 года.