

Д-763
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



22/vi-70
P7 - 5161

В.А. Друин, А.Г. Демин, Ю.П. Харитонов,
Г.Н. Акапьев, В.И. Рудь, Г.Я. Сун-Цзин-Ян,
Л.П. Челноков, К.А. Гаврилов

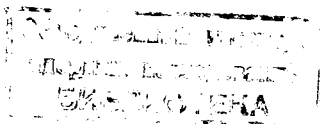
ИЗУЧЕНИЕ α -РАСПАДА ИЗОТОПОВ
ЭЛЕМЕНТА 105

P7 - 5161

В.А. Друин, А.Г. Демин, Ю.П. Харитонов,
Г.Н. Акапьев, В.И. Рудь, Г.Я. Сун-Цзин-Ян,
Л.П. Челноков, К.А. Гаврилов

ИЗУЧЕНИЕ α -РАСПАДА ИЗОТОПОВ
ЭЛЕМЕНТА 105

Направлено в ЯФ



8358/2 49

В 1968 году были опубликованы предварительные результаты опытов по поиску α -распада изотопов элемента $105^{1/1}$. Используемая методика позволяла наблюдать коррелированный α -распад, т.е. устанавливать генетическую связь изотопов 105-го и 103-го элементов путем регистрации последовательно испускаемых α -частиц.

Мишень из ^{248}Am облучалась пучком ионов ^{22}Ne с энергией 123 Мэв. При этой энергии ^{22}Ne возможны ядерные реакции полного слияния ядер мишени и частицы с последующим испарением 4 или 5 нейтронов, приводящие к синтезу изотопов элемента 105 с массовыми числами 260 или 261.

Ожидалось, что согласно систематике α -распада $^{2/}$ энергия α -частиц $^{261}\text{105}$ и $^{260}\text{105}$ при переходе в основное состояние изотопов элемента 103 составит примерно 9,4 и 9,6 Мэв, соответственно, а величина сечения реакций, приводящих к синтезу $^{260,261}\text{105}$, будет $\approx 10^{-33} \text{ см}^2$ $^{3/}$.

В измеренном спектре α -частиц $^{1/}$ в области энергий больше 9,2 Мэв наблюдалась слабая α -активность с периодом полураспада 0,1 сек $< \tau_{1/2} < 3$ сек, сечение образования которой составляло $\approx 2 \cdot 10^{-34} \text{ см}^2$.

Анализ амплитудно-временных корреляций указывал на возможную связь этой активности с α -распадом изотопов элемента 105. Известно, однако, что у ядер с нечётным числом нуклонов из-за структурных особенностей наиболее интенсивный α -переход, как правило, происходит на один из возбужденных уровней дочернего ядра (≈ 100 – 300 кэв).

На основании экспериментальных данных нельзя было исключить вероятность того, что сравниваемая по интенсивности или даже более интенсивная часть α -спектра указанной активности находится в области энергий α -частиц, несколько меньше $9,2$ Мэв^{/4/}. Этим, в частности, можно было бы объяснить расхождение измеренной и расчётной величин сечений.

К сожалению, наличие α -радиоактивного фона в области $8,8$ – $9,1$ Мэв, обусловленного примесями свинца в америциевой мишени и α -радиоактивными тяжёлыми продуктами вынужденного деления ^{248}Am под действием ионов ^{22}Ne , не позволяло надёжно подтвердить это предположение.

Другой возможной причиной различия в сечениях могло явиться существование более вероятной (по сравнению с α -распадом) ветви спонтанного деления изотопов элемента 105.

Поэтому в дальнейшем основные усилия экспериментаторов были направлены на устранение фона как от свинца, так и от осколков деления, а также на создание более надёжной аппаратуры. Параллельно разрабатывалась методика для поиска спонтанного деления элемента 105.

К началу 1970 года были изготовлены новые мишени из ^{248}Am с содержанием свинца в 100 раз меньшим, чем в опытах 1968 года. Одновременно был разработан и внедрён коллимационный метод^{/5,6/}, который позволял существенно улучшить отношение эффекта к фону за счёт резкого уменьшения фона, обусловленного продуктами реакций передачи на свинце и делением америция.

Проведенные в конце 1969–начале 1970 г.г. опыты по поиску спонтанного деления нового элемента увенчались успехом: был обнаружен изотоп элемента 105 с $t_{1/2} \approx 2$ сек^{/7/}. В дальнейшем были детально изучены закономерности образования этого изотопа в ядерных реакциях, происходящих при облучении ^{248}Am ионами ^{22}Ne ^{/8/}. Это в значительной мере облегчило исследование ветви α -распада элемента 105.

В новой серии экспериментов по изучению α -распада применялась установка, в которой атомы отдачи тормозились в газе, а затем улавливались фильтрами-сборниками, через которые откачивался газ (рис. 1). Сборники, укрепленные на рейке, перемещались посредством пневматического привода к двум (Si + Au)-детекторам. С помощью специально разработанной электронной аппаратуры осуществлялся амплитудно-временной анализ импульсов, поступающих с детекторов.

С учётом времени жизни изотопа 105-го элемента, измеренного по спонтанному делению и равного ≈ 2 сек^{/7/}, выбирался временной режим "измерение"/"облучение". В большей части опытов цикл составлял 6 сек/ 6 сек, ряд облучений был проведён в цикле $0,8$ сек/ $0,8$ сек. Как и прежде^{/1/}, появление импульса в исследуемом энергетическом интервале ($8,6 < E_{\alpha} < 9,7$ Мэв) вызывало остановку сборника у соответствующего детектора для регистрации распада дочернего ядра. Время остановки составляло 140 сек, поскольку периоды полураспада дочерних изотопов $^{256,257}\text{103}$ равны ≈ 35 сек^{/9/}.

Для оценки вклада случайных "сопадений", т.е. вероятности регистрации во время остановки α -частиц с энергией в интервале $8,3$ – $8,6$ Мэв (спектр $^{256,257}\text{103}$), не связанных генетически с изотопами элемента 105, разрешалась остановка от α -частиц с такой энергией, которая не могла относиться к α -распаду изотопов элемента 105 (например, $E_{\alpha} = 11,65$ Мэв от ^{212}mPo).

Анализ амплитудно-временных корреляций указывал на возможную связь этой активности с α -распадом изотопов элемента 105. Известно, однако, что у ядер с нечётным числом нуклонов из-за структурных особенностей наиболее интенсивный α -переход, как правило, происходит на один из возбужденных уровней дочернего ядра (≈ 100 – 300 кэВ).

На основании экспериментальных данных нельзя было исключить вероятность того, что сравнимая по интенсивности или даже более интенсивная часть α -спектра указанной активности находится в области энергий α -частиц, несколько меньше $9,2$ МэВ^{/4/}. Этим, в частности, можно было бы объяснить расхождение измеренной и расчётной величин сечений.

К сожалению, наличие α -радиоактивного фона в области $8,8$ – $9,1$ МэВ, обусловленного примесями свинца в америциевой мишени и α -радиоактивными тяжелыми продуктами вынужденного деления ^{248}Am под действием ионов ^{22}Ne , не позволяло надежно подтвердить это предположение.

Другой возможной причиной различия в сечениях могло явиться существование более вероятной (по сравнению с α -распадом) ветви спонтанного деления изотопов элемента 105.

Поэтому в дальнейшем основные усилия экспериментаторов были направлены на устранение фона как от свинца, так и от осколков деления, а также на создание более надежной аппаратуры. Параллельно разрабатывалась методика для поиска спонтанного деления элемента 105.

К началу 1970 года были изготовлены новые мишени из ^{248}Am с содержанием свинца в 100 раз меньшим, чем в опытах 1968 года. Одновременно был разработан и внедрен коллимационный метод^{/5,6/}, который позволял существенно улучшить отношение эффекта к фону за счёт резкого уменьшения фона, обусловленного продуктами реакций передачи на свинце и делением америция.

Проведенные в конце 1969–начале 1970 г.г. опыты по поиску спонтанного деления нового элемента увенчались успехом: был обнаружен изотоп элемента 105 с $t_{1/2} \approx 2$ сек^{/7/}. В дальнейшем были детально изучены закономерности образования этого изотопа в ядерных реакциях, происходящих при облучении ^{248}Am ионами ^{22}Ne ^{/8/}. Это в значительной мере облегчило исследование ветви α -распада элемента 105.

В новой серии экспериментов по изучению α -распада применялась установка, в которой атомы отдачи тормозились в газе, а затем улавливались фильтрами-сборниками, через которые откачивался газ (рис. 1). Сборники, укрепленные на рейке, перемещались посредством пневматического привода к двум (Si + Au)-детекторам. С помощью специально разработанной электронной аппаратуры осуществлялся амплитудно-временной анализ импульсов, поступавших с детекторов.

С учётом времени жизни изотопа 105-го элемента, измеренного по спонтанному делению и равного ≈ 2 сек^{/7/}, выбирался временной режим "измерение"/"облучение". В большей части опытов цикл составлял 6 сек/6 сек, ряд облучений был проведён в цикле 0,8 сек/0,8 сек. Как и прежде^{/1/}, появление импульса в исследуемом энергетическом интервале ($8,6 < E_{\alpha} < 9,7$ МэВ) вызывало остановку сборника у соответствующего детектора для регистрации распада дочернего ядра. Время остановки составляло 140 сек, поскольку периоды полураспада дочерних изотопов $^{256,257}\text{103}$ равны ≈ 35 сек^{/9/}.

Для оценки вклада случайных "сопадений", т.е. вероятности регистрации во время остановки α -частиц с энергией в интервале $8,3$ – $8,6$ МэВ (спектр $^{256,257}\text{103}$), не связанных генетически с изотопами элемента 105, разрешалась остановка от α -частиц с такой энергией, которая не могла относиться к α -распаду изотопов элемента 105 (например, $E_{\alpha} = 11,65$ МэВ от $^{212}\text{m-Po}$).

Все облучения мишени из ^{243}Am (площадь $\approx 5 \text{ см}^2$ и толщина $\approx 1 \text{ мг/см}^2$) проводились ионами ^{22}Ne с энергией 120 Мэв, что соответствует промежуточному положению между максимумами функций возбуждения ($^{22}\text{Ne}, 4\text{n}$) и ($^{22}\text{Ne}, 5\text{n}$) - реакций на америции^{/8/}.

На рис. 2 показан суммарный α -спектр, полученный в двух облучениях, проведенных в 6-секундном цикле. В этом спектре наиболее четко выделяются следующие группы α -частиц: сложная группа от 8,3 до 8,6 Мэв с максимумом вблизи 8,42; 8,78; 8,9; 9,1 и 11,65 Мэв. Группа α -частиц с энергией 11,65 Мэв связана с распадом изомера $^{212\text{m}}\text{Po}$ (период полураспада 45 сек). На рис. 3 показана кривая распада излучателя α -частиц с энергией 9,1 Мэв, измеренная в 6-секундном цикле, а на рис. 4 - кривая распада излучателя с $8,3 < E_\alpha < 8,6 \text{ Мэв}$, измеренная во время остановок. Для нового излучателя с $E_\alpha = 9,1 \text{ Мэв}$ обработка по методу наименьших квадратов дает величину $\tau_{1/2} = 1,4^{+0,6}_{-0,3}$ сек. Для сложной группы $8,3 < E_\alpha < 8,6 \text{ Мэв}$ $\tau_{1/2} \approx 35$ сек, т.е. эта группа, очевидно, в основном обусловлена распадом первичных изотопов элемента 103, образующихся в ядерных реакциях $^{243}\text{Am} (^{22}\text{Ne}, \alpha(4-5\text{n})^{256,257}\text{103}$. Альфа-частицы с энергией 8,9 Мэв имеют сложное временное распределение. Измерения показали, что наряду с долгоживущей компонентой (по-видимому, от распада $^{211\text{m}}\text{Po}$ с $E_\alpha = 8,87 \text{ Мэв}$ и $\tau_{1/2} = 25$ сек) имеется короткоживущая часть с $\tau_{1/2} \approx 1,5$ сек. Нам представляется, что совпадение периодов полураспада излучателей с $E_\alpha = 9,1 \text{ Мэв}$ и 8,9 Мэв указывает на один источник их происхождения.

Анализ амплитудно-временных корреляций этих импульсов с импульсами от распада изотопов элемента 103 показал, что в интервале энергий от 8,8 до 9,2 Мэв наблюдается в среднем одно "совпадение" на 9 остановок (7 импульсов с энергией в интервале 8,3 - 8,6 Мэв на 62 остановки). При этом фон случайных "совпадений" составил

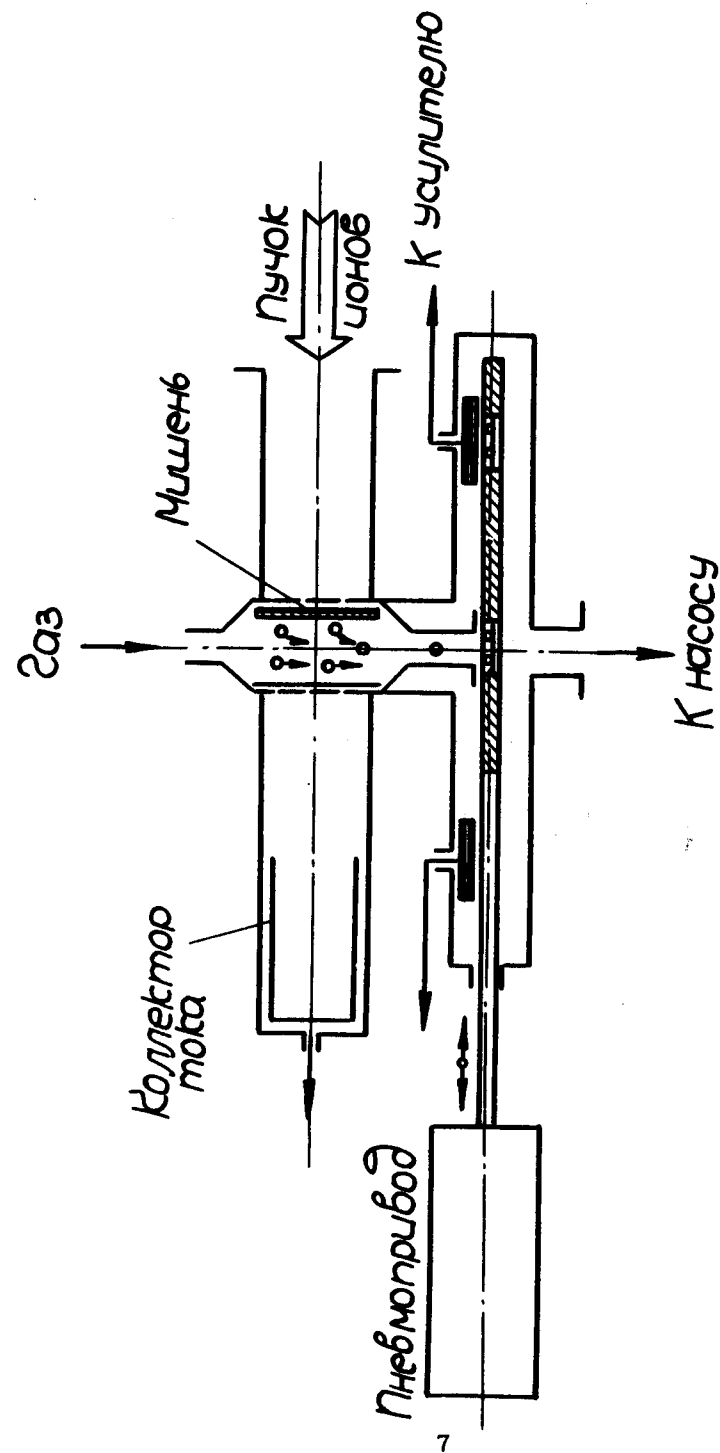


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для регистрации короткоживущих α -излучателей.

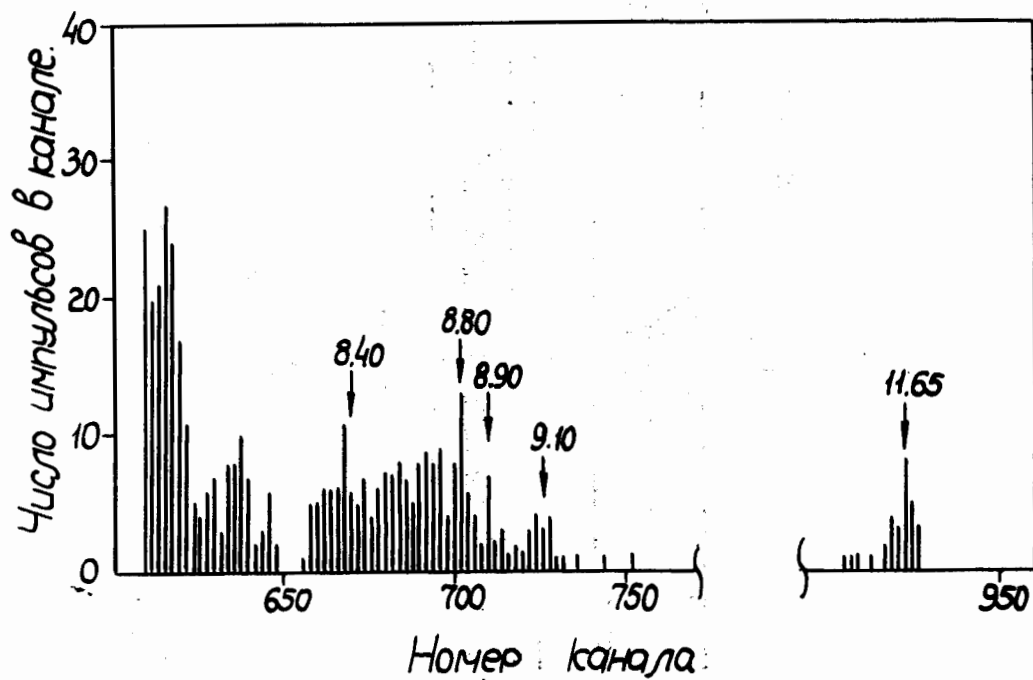


Рис. 2. α -спектр, полученный при облучении ^{248}Am ионами ^{22}Ne . Цикл 6 сек/6 сек, $E_{^{22}\text{Ne}} = 120$ МэВ.

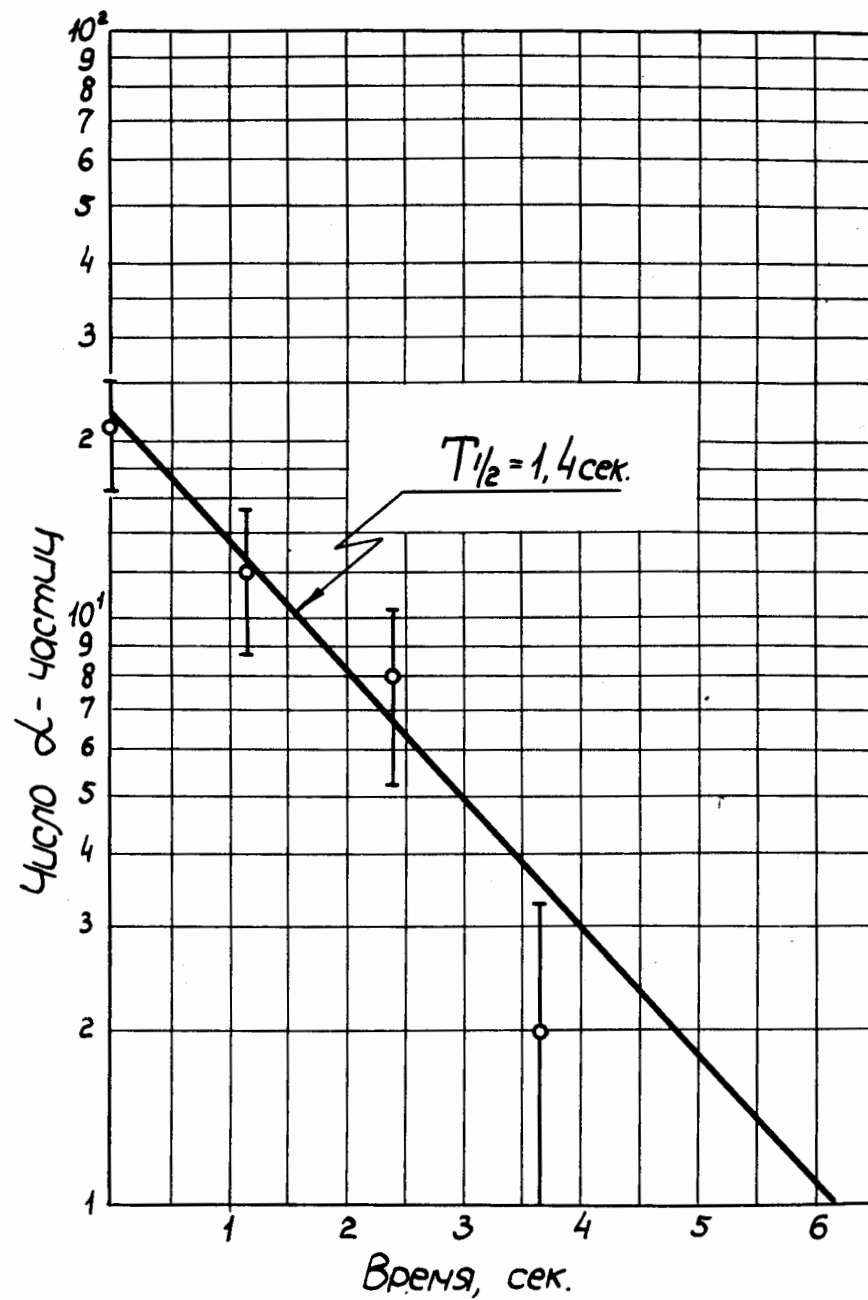


Рис. 3. Распад α -активности с $E_{\alpha} = 9,10$ МэВ в реакции $^{248}\text{Am} + ^{22}\text{Ne}$. Цикл 6 сек/6 сек.

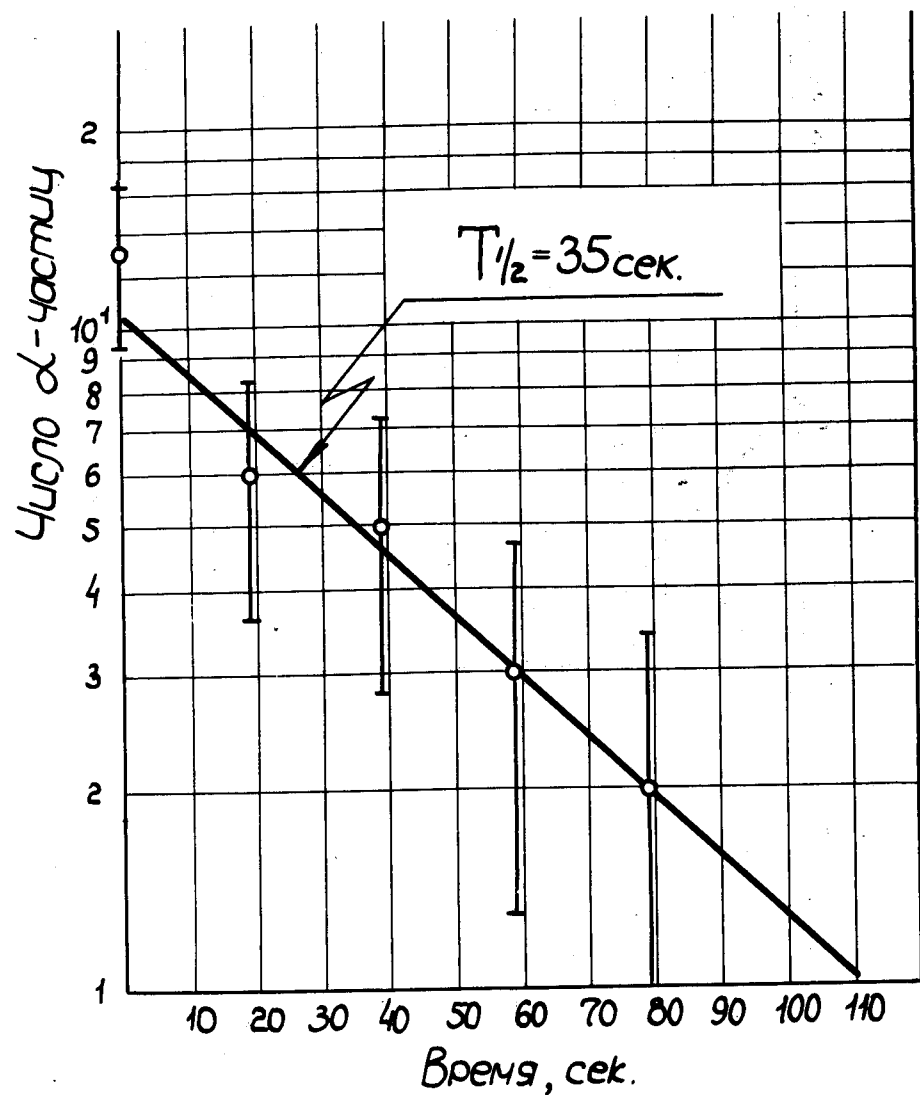


Рис. 4. Распад α -активности с $8,30 \text{ Мэв} < E_{\alpha} < 8,60 \text{ Мэв}$ в реакции $^{243}\text{Am} + ^{22}\text{Ne}$.

в среднем 1 на 87 остановок (6 импульсов в интервале 8,3 – 8,6 Мэв на 520 остановок), т.е. около 10% в области α -линий с энергией 8,9 и 9,1 Мэв.

Результаты анализа амплитудно-временных корреляций дают основание полагать, что мы наблюдаем α -излучатель с порядковым номером 105. Полное количество первичных α -частиц с энергией 9,1 и 8,9 Мэв, которые могут быть отнесены к элементу 105, составило ≈ 60 , при этом было зарегистрировано 4 импульса с энергией $\approx 9,4 \text{ Мэв}$, что не противоречит данным 1968 года^{/1/}.

С целью уменьшения фона от продуктов реакций передачи на свинце и от тяжелых осколков вынужденного деления ^{243}Am мы использовали коллиматор глубиной 7 мм и диаметром 2,2 мм^{/5,6/}. С учётом уменьшения выхода за счёт коллимации величина сечения ядерной реакции, приводящей к синтезу элемента 105, найдена равной $\approx 2 \cdot 10^{-39} \text{ см}^2$.

К сожалению, близость свойств дочерних изотопов $^{256}\text{103}$ и $^{257}\text{103}$ не позволяет ответить на вопрос, какому из двух изотопов 105-го элемента ($^{260}\text{105}$ или $^{261}\text{105}$) принадлежит α -активность с $E_{\alpha} = 9,1 \text{ Мэв}$ и 8,9 Мэв и $t_{1/2} \approx 1,4 \text{ сек.}$

Следует отметить, что значение периода полураспада наблюдаемого α -излучателя в пределах экспериментальных ошибок согласуется с данными по спонтанному делению^{/8/}. Поэтому нам представляется вероятным, что мы зарегистрировали α -распад того же самого изотопа, спонтанное деление которого наблюдалось.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить академика Г.Н. Флерова за живой интерес к работе и постоянную поддержку, Ю.В. Лобанова, Ю.Ц. Оганесяна и Ю.А. Лазарева – за полезные обсуждения и помощь в работе; И.В. Колесова, А.С. Трофимова, В.Ф. Кушнирука, В.М. Плотко, В.И. Крашонкина, Ю.В. Полубояринова, А.В. Орлова, В.Ф. Власова – за помощь в создании аппаратуры и из-

мерениях, Г.В. Букланова - за изготовление чистых мишеней, Б.А. Загера и группу ускорителя - за обеспечение работы циклотрона.

Л и т е р а т у р а

1. Г.Н. Флеров, В.А. Друин, А.Г. Демин, Ю.В. Лобанов, Н.К. Скобелев, Г.Н. Акапьев, Б.В. Фефилов, И.В. Колесов, К.А. Гаврилов, Ю.П. Харитонов, Л.П. Челноков. Препринт ОИЯИ Р7-3808, Дубна, 1968.
2. V.E. Viola, G.T. Seaborg, J. Inorg.Nucl.Chem., 28, 697 (1966).
3. Е.Д. Донец, В.А. Шеголев, В.А. Ермаков. Ядерная физика 2, 1015 (1965).
4. В.А. Друин. Природа, 11, 71 (1968).
5. В.А. Друин, Ю.В. Лобанов, Ю.П. Харитонов. Препринт ОИЯИ Р7-4681, Дубна, 1969.
6. Ю.Ц. Оганесян, Ю.В. Лобанов, С.П. Третьякова, Ю.А. Лазарев, И.В. Колесов, К.А. Гаврилов, В.М. Плотко, Ю.В. Полубояринов. АЭ, 28, 393 (1970).
7. Г.Н. Флеров, Ю.Ц. Оганесян, Ю.В. Лобанов, Ю.А. Лазарев, С.П. Третьякова, Сообщения ОИЯИ Р7-4932, Дубна, 1970.
8. Г.Н. Флеров, Ю.Ц. Оганесян, Ю.В. Лобанов, Ю.А. Лазарев, С.П. Третьякова. Сообщение ОИЯИ Р7-5108, Дубна, 1970.
9. Е.Д. Донец, В.А. Друин, В.Л. Михеев. АЭ, 25, 87 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел

5 июня 1970 года.