

Ф-716

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P7 - 3556

Г.Н. Флеров, Г.Н. Акапьев, А.Г. Демин, В.А. Друин,
Ю.В. Лобанов, Б.В. Фефилов

О СВОЙСТВАХ НЕКОТОРЫХ ИЗОТОПОВ
102-ГО И 103-ГО ЭЛЕМЕНТОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

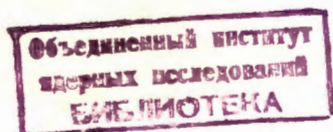
1967.

Р7 - 3556

5421/3 нр.
Г.Н. Флеров, Г.Н. Акапьев, А.Г. Демин, В.А. Друин,
Ю.В. Лобанов, Б.В. Фефилов

О СВОЙСТВАХ НЕКОТОРЫХ ИЗОТОПОВ
102-ГО И 103-ГО ЭЛЕМЕНТОВ

Направлено в ЯФ



В Лаборатории ядерных реакций в последнее время выполнен цикл работ, посвященных изучению α -распада изотопов 102-го элемента^{/1-4/}, а также 103-го элемента^{/5/}. Из этих работ следует, что в прежних публикациях Гиорсо и др.^{/6,7/} содержатся существенные ошибки. В последней заметке Гиорсо и др.^{/8/} приводятся данные, которые подтверждают работы ЛЯР по α -распаду изотопов 102-го элемента; дополнительно в^{/8/} сообщаются сведения о спонтанном делении $^{252}_{102}$.

Нами были продолжены эксперименты по исследованию α -распада и спонтанного деления некоторых изотопов 102-го и 103-го элементов.

Методика эксперимента

Опыты по облучению мишеней из ^{233}U , ^{238}U , ^{239}Pu и ^{243}Am проводились на 310-см циклотроне тяжелых ионов ОИЯИ. Экспериментальная установка, основные элементы которой описаны в^{/9/}, была несколько усовершенствована и схематически изображена на рис. 1. Пробник, в котором расположены облучаемая мишень, механизм переноса ядер-продуктов реакций и детектор, помещался внутри камеры ускорителя после отклоняющей системы. Отклоненный (но еще не сфокусированный) пучок позволял использо-

вать мишени большего размера - $35 \times 20 \text{ мм}^2$. Вследствие того, что плотность пучка на выходе из дефлектора невелика, мы использовали в экспериментах большие токи ускоренных ионов (до 15 мка).

Основной методики является адсорбция атомов отдачи из газовой струи, которая выходит из небольшого ($\phi = 0,5 \text{ мм}$) отверстия в камере торможения ядер отдачи. Экспериментально было установлено, что в нашем случае достигается более высокий коэффициент сбора ядер отдачи, если определенная часть газа проходит в объем реакционной камеры мимо ловушек с активированным углем. Параллельно системе очистки газа подсоединялась трубка с игольчатым вентилем. Такое устройство позволяло регулировать количество газа, проходящего непосредственно в объем с облучаемой мишенью, минуя ловушки с углем.

Ядра отдачи собирались на обод специального диска диаметром 240 мм. При повороте на $88^{\circ}48'$ накопленная активность переносилась для регистрации к полупроводниковому детектору. Расстояние между детектором и сборником ядер отдачи составляло 1,5 мм. Перенос активности, а также фиксация сборника под струей газа и под детектором обеспечивались специальным механическим устройством мальтийским крестом. Между мальтийским крестом и диском, на котором собирались ядра отдачи, введена дополнительно пара шестерен с определенным соотношением зубьев. Это позволяло во время эксперимента общую длину сборника разбить на 230 дискретных участков по 3 мм каждый. Такое усовершенствование обеспечивало соби́рание ядер отдачи при каждом

повороте практически на новый участок обода. Фон от продуктов ядерных реакций, период полураспада которых больше времени одного цикла, существенно снизился.

Основные элементы электронной схемы описаны ранее^{/9/}. Дополнительно во всем измерительном тракте применена схема стабилизации по импульсам генератора, непрерывно подаваемым на вход предусилителя.

Энергия бомбардирующих ионов изменялась с помощью поглотителей из алюминиевой фольги.

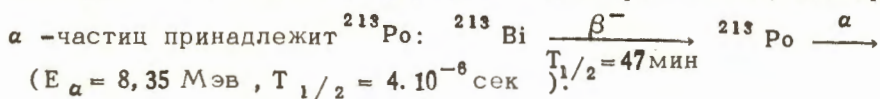
Результаты экспериментов

Изотоп $^{255}_{102}$

Синтез изотопа $^{255}_{102}$ осуществлялся в ядерной реакции $^{238}_{92}\text{U} (^{22}_{10}\text{Ne}, 5\text{n}) ^{255}_{102}$. При энергии ионов $^{22}_{10}\text{Ne}$, равной 118 Мэв, которая соответствует максимуму сечения реакции с испарением пяти нейтронов, наблюдался спектр α -частиц продуктов реакций, показанный на рис. 2 (представлены только α -группы с энергией выше 7,9 Мэв). Цикл накопления активности на сборнике, равный циклу измерения полупроводниковым детектором, составлял 10 мин. На рисунке четко видны группы α -частиц с энергиями 8,08 Мэв, 8,35 Мэв, 8,78 Мэв и 11,65 Мэв. α -группа с энергией 8,78 Мэв обусловлена наличием на детекторе небольшого количества ThC , используемого при калибровке, а группа α -частиц с энергией 11,65 Мэв принадлежит $^{212}_{84}\text{Po}$, который в наших опытах мог образоваться на малых примесях свинца в мишени.

Зависимости выхода α -активных продуктов от энергии бомбардирующих ионов показаны на рис. 3. Из функций возбуждения реакций, приводящих к образованию α -излучателей с энергиями 8,08 Мэв и 8,35 Мэв, следует, что только для α -группы 8,08 Мэв имеется зависимость, характерная для функции возбуждения реакции с испарением из составного ядра пяти нейтронов. Следует заметить, что недостаточно резкое уменьшение выхода α -излучателя с $E_{\alpha} \approx 8,08$ Мэв при энергии ионов ^{238}U ($^{22}\text{Ne}, 6n$) $^{254}\text{102}$ связано с увеличением вклада от реакции ^{238}U ($^{22}\text{Ne}, 6n$) $^{254}\text{102}$. Свойства этого изотопа ($E_{\alpha} = 8,11$ Мэв, $T_{1/2} = 75$ сек) близки к свойствам изотопа $^{255}\text{102}$.

Выход α -излучателя с энергией 8,35 Мэв с ростом энергии бомбардирующих ионов непрерывно увеличивается. По-видимому, этот α -излучатель получается в реакции, идущей без образования составного ядра, и не может быть отнесен к $^{254}\text{102}$ -му элементу. Из наших измерений период полураспада α -излучателя с энергией 8,35 Мэв больше 20 мин. По всей вероятности, эта группа α -частиц принадлежит ^{213}Po :



На рис. 4 приведена кривая распада изотопа $^{255}\text{102}$. Для определения периода полураспада просуммированы данные при энергиях ионов 118 и 124 Мэв. Полученное значение периода полураспада $3,6 \pm 0,2$ мин хорошо согласуется с результатами работы /3/.

Результаты по исследованию реакции ^{238}U ($^{22}\text{Ne}, 4n$) $^{256}\text{102}$ опубликованы в статье /4/.

Полученные результаты по α -распаду изотопа $^{255}_{102}$ ($E_{\alpha} = 8,08 \pm 0,03$ Мэв и $T_{1/2} = 3,0 \pm 0,2$ мин) существенно отличаются от опубликованных в работе^{/7/} и хорошо согласуются с данными как первой нашей публикации^{/2/}, так и с работами^{/3,8/}.

Изотоп $^{252}_{102}$

Синтез изотопа $^{252}_{102}$ проводился в ядерной реакции $^{239}_{94}\text{Pu}(^{18}_8\text{O}, 5n)^{252}_{102}$. Цикл измерения, равный циклу облучения, составлял 5 сек. При энергии ионов $^{18}_8\text{O}$, равной 98 Мэв, что соответствует максимуму сечения реакции с испарением пяти нейтронов, мы наблюдали группу α -частиц с энергией $8,41 \pm 0,03$ Мэв. Период полураспада этого α -излучателя оказался близким к 3 сек (кривая распада приведена на рис. 5 вверху).

Одновременно с изучением α -спектра изотопа $^{252}_{102}$ аппаратура позволяла регистрировать осколки спонтанного деления. Распределение осколков спонтанного деления во времени использовалось для вычисления периода полураспада, который оказался равным 3 ± 1 сек. Отношение числа α -частиц к числу осколков спонтанного деления в наших измерениях составляло $3/2$.

При увеличении энергии падающих ионов на 7 Мэв (т.е. при $E_{^{18}_8\text{O}} = 105$ Мэв) наблюдалось уменьшение выхода как α -частиц с $E_{\alpha} = 8,41$ Мэв, так и осколков спонтанного деления.

Измеренные нами значения энергии α -частиц, периода полураспада как для α -распада, так и для спонтанного деления, а также соотношение между ветвью α -распада и спонтанным делением находятся в хорошем согласии с результатами работ^{/1,8/}.

Дополнительно нами были проведены контрольные опыты, в которых изучались продукты ядерной реакции $^{233}\text{U} + ^{18}\text{O}$. При энергии ионов ^{18}O , равной 94 Мэв, в α -спектре продуктов реакции четко выделяется пик для $E_{\alpha} = 8,24$ Мэв. Из временного распределения импульсов, соответствующих этой группе α -частиц, следует, что период полураспада α -излучателя равен $1,4 \pm 0,6$ сек (кривая на рис. 5 внизу). Как значение периода полураспада, так и значение энергии α -частиц свидетельствует о том, что мы наблюдали ^{246}Fm , образующийся в результате реакции $^{233}\text{U} (^{18}\text{O}, 5n) ^{246}\text{Fm}$.

Вместе с тем и в этих опытах мы наблюдали осколки спонтанного деления. Период полураспада, вычисленный для случая регистрации осколков спонтанного деления, составляет 3_{-1}^{+3} сек.

Выход осколков спонтанного деления как в реакции $^{239}\text{Pu} + ^{18}\text{O}$, так и в реакции $^{233}\text{U} + ^{18}\text{O}$, оказался одинаковым и соответствовал сечению $\approx 10^{-32}$ см².

Наблюдение осколков спонтанного деления с периодом полураспада 3 сек в экспериментах по облучению ^{233}U ионами ^{18}O указывает на то, что в этом случае основную роль играет пока неидентифицированный спонтанно-делящийся изомер с $Z \leq 100/10\%$. Поскольку $T_{\text{н.д.}}$ элементов с $Z \leq 100$ очень велики (>1000 сек), этот спонтанно делящийся изомер, по-видимому, образуется в сложных реакциях передачи нуклонов на ^{233}U . Спонтанно делящийся изомер с $T_{1/2} = 3$ сек мог вносить вклад в наших опытах по облучению ^{239}Pu ионами ^{18}O , а также в опытах Гиорсо и др. по облучению Cm ионами углерода. Определенный в ра-

боте^{/8/} парциальный период спонтанного деления $^{252}_{102}$ на основании наших данных следует рассматривать лишь как нижнюю границу.

Изотоп $^{256}_{103}$

Изотоп $^{256}_{102}$ был впервые синтезирован в ЛЯР ОИЯИ по реакции $^{243}_{87}\text{Am} (^{18}_8\text{O}, 5n)^{256}_{103}$ ^{/11/}. В этой работе идентификация проводилась путем регистрации распада $^{252}_{102}\text{Fm}$, образующегося при распаде $^{256}_{103}$. Было установлено, что период полураспада равен 45 сек. Энергия α -частиц не измерялась.

Так же, как и в вышеупомянутой работе, синтез изотопа $^{256}_{103}$ осуществлялся нами при бомбардировке мишени из $^{243}_{87}\text{Am}$ ускоренными ионами $^{18}_8\text{O}$. Первоначальная серия опытов проводилась с мишенью, содержащей значительное количество свинца. Из α -групп с энергией выше 7,8 Мэв в измеренных спектрах наиболее интенсивными оказались α -группы 8,87 Мэв и 11,65 Мэв, принадлежащие изомерам $^{211\text{m}}_{84}\text{Po}$ и $^{212\text{m}}_{84}\text{Po}$, которые образовывались при взаимодействии ионов $^{18}_8\text{O}$ с примесью свинца в мишени.

Сравнение α -спектров, измеренных при бомбардировке мишеней из $^{243}_{87}\text{Am}$ и Pb (рис. 6), позволило выявить α -группу с энергией $8,44 \pm 0,03$ Мэв, выход которой был максимальным при энергии ионов $^{18}_8\text{O}$ 96 Мэв. Эта энергия ионов, по данным Донца и др.^{/11/}, соответствует максимуму функции возбуждения реакции $^{243}_{87}\text{Am} (^{18}_8\text{O}, 5n)^{256}_{103}$. Опыты проводились в следующих временных режимах: $T_{\text{облучения}} = T_{\text{измерения}} = 20$ сек и $T_{\text{облучения}} =$

τ измерения = 80 сек. Период полураспада α -излучателя 8,44 Мэв оказался равным 0,6 мин, а сечение реакции его образования составляло $\approx 3 \cdot 10^{-32}$ см². Поскольку эти величины согласуются с данными работы /11/, отсюда следовало, что α -группа 8,44 Мэв принадлежит изотопу $^{256}_{103}$.

Дальнейшие опыты проводились со значительно более чистой мишенью $^{243}_{87}\text{Am}$ (содержание свинца в мишени было уменьшено примерно на два порядка). Это позволило выявить сложную структуру α -спектра изотопа $^{256}_{103}$ и несколько уточнить величину периода полураспада. α -спектр, измеренный при энергии ионов $^{18}_8\text{O}$ 94 Мэв, показан на рис. 7. Наряду с неразделенными α -группами в интервале 8,35–8,42 Мэв наблюдается также α -группа 8,55 \pm 0,02 Мэв. Период полураспада измерялся как по сумме импульсов, соответствующих α -частицам с энергией 8,35–8,42 Мэв, так и отдельно для $E_\alpha = 8,55$ Мэв. И в том и в другом случае он оказался равным 0,4 мин (рис.8). Выход этих α -групп в зависимости от энергии бомбардирующих ионов изменялся в соответствии с поведением функции возбуждения реакции $^{243}_{87}\text{Am}(^{18}_8\text{O}, 5n)^{256}_{103}$. Таким образом, α -группы 8,35–8,42 и 8,55 Мэв, по-видимому, составляют сложный α -спектр изотопа $^{256}_{103}$. Наличие в этом спектре α -частиц с энергией 8,42 Мэв, совпадающей с энергией α -частиц, испускаемых изотопом $^{256}_{102}$ /2/, может быть связано с электронным захватом при распаде изотопа $^{256}_{103}$. Если предположить, что α -частицы с энергией 8,42 Мэв, наблюдавшиеся в α -спектре изотопа $^{256}_{103}$, принадлежат дочернему изотопу $^{256}_{102}$, то доля электронного захвата при распаде $^{256}_{103}$ составляет примерно 30%.

Полученные в настоящей работе данные о свойствах изотопа $^{256}\text{103}$ согласуются с результатами Г.Н. Флерова и др.^{/5/}, опубликованными в ходе проведения этих экспериментов.

Авторы благодарны И.В. Колесову и В.М. Плотко, конструировавшим экспериментальную установку и принимавшим активное участие в ее сборке и наладке, Л.П. Челнокову и Э.Г. Имаеву за большую работу по созданию электронной аппаратуры, Г.Капатурину, Ю.В.Полубояринову и В.И. Крашонкину за помощь в измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. В.Л. Михеев, В.И. Илюшенко, М.Б. Миллер, С.М. Поликанов, Г.Н. Флеров, Ю.П. Харитонов. АЭ, 22, 90 (1967).
2. Г.Н. Акапьев, А.Г. Демин, В.А. Друин, Ю.В. Лобанов, Б.В. Фелюф, Г.Н. Флеров, Л.П. Челноков. АЭ, 22, 127 (1967).
3. Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, В.Л. Михеев, В.И. Илюшенко, В.Ф. Кушнирук, М.Б. Миллер, А.М. Сухов, В.А. Шеголев. ЯФ, 5, 1186 (1967).
4. Г.Н. Флеров, А.Г. Демин, В.А. Друин, Ю.В. Лобанов, В.Л. Михеев, С.М. Поликанов, В.А. Шеголев. Препринт ОИЯИ Р7-3423, Дубна 1967.
5. G. N. Flerov, Yu. S. Korothin, V. L. Mikheev, M. B. Miller, S. M. Polikanov, V. A. Shchegolev.
6. A. Ghiorso, T. Sikkeland, J. Walton, G. T. Seaborg Phys. Rev. Lett., 1, N 1 (1958).
7. A. Ghiorso, T. Sikkeland, A. E. Larsh and R. M. Latimer Phys. Rev. Lett., 6, 473 (1961).

8. A.Ghiorso, T. Sikkeland, M. J. Nurmi Phys. Rev. Lett., 18, N11, 401 (1967).
9. Г.Н. Акапьев, А.Г. Демян, В.А. Друин, Э.Г. Имаев, И.В. Колесов, Ю.В. Лобанов, Л.П. Пашенко. АЭ, 21, 243 (1966).
10. В.А. Друин, Н.К. Скобелев, Б.В. Фефилов, В.И. Кузнецов, Ю.В. Лобанов, Ю.Ц. Оганесян. Препринт ОИЯИ Р-1651. Дубна 1964.
11. Е.Д. Донец, В.А. Шеголев, В.А. Ермаков. Атомная энергия, 19, 109 (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел
19 октября 1967 г.

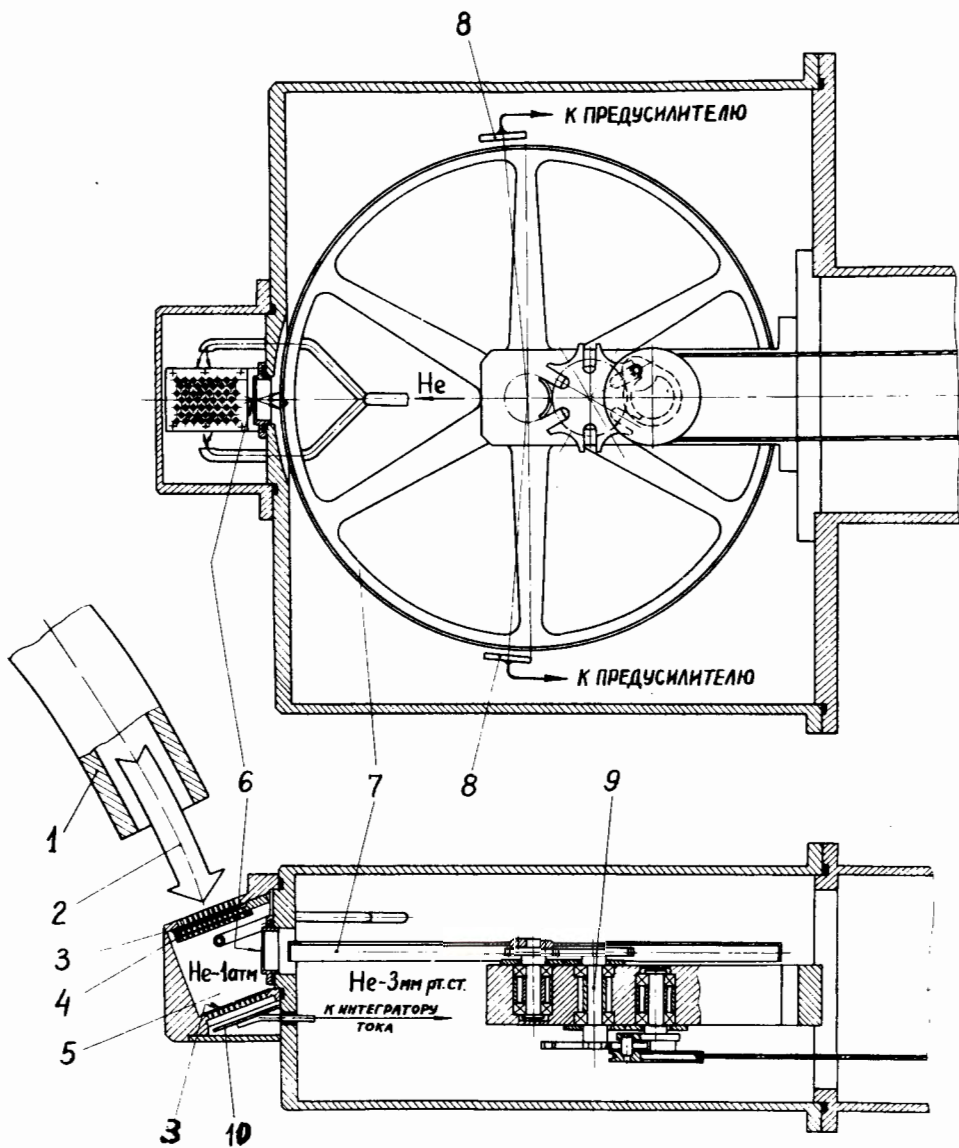


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1) отклоняющая система циклотрона, 2) пучок ускоренных ионов, 3) фольга, отделяющая объем торможения ядер отдачи от объема ускорителя, 4) мишень, 5) камера торможения ядер отдачи, 6) отверстие $\phi = 0,5$ мм, 7) диск - сборник ядер, продуктов реакций, 8) детекторы, 9) "мальтийский крест", 10) коллектор тока пучка.

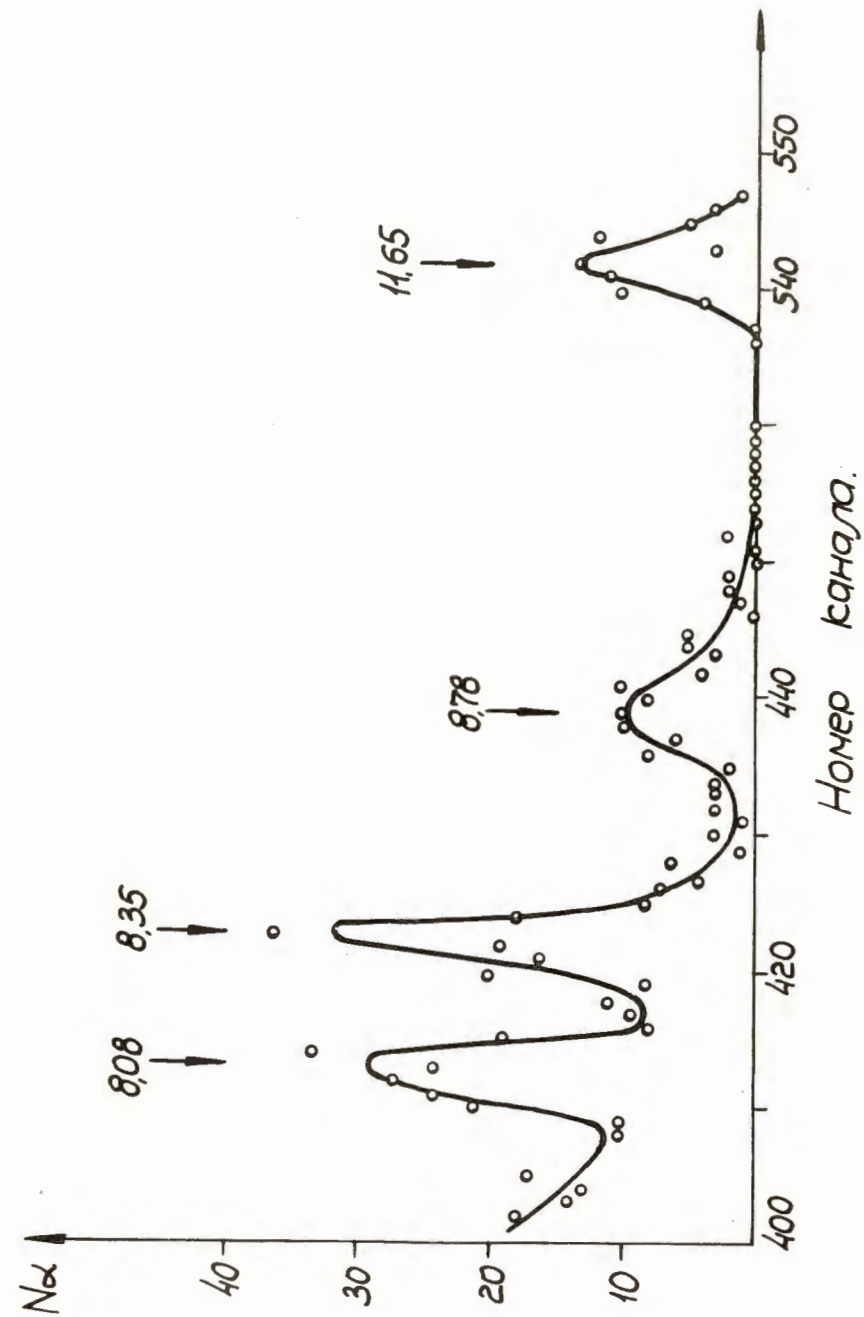


Рис. 2. Спектр α -частиц, измеренный при облучении мишени из ^{238}U ионами ^{22}Ne с энергией 118 Мэв.

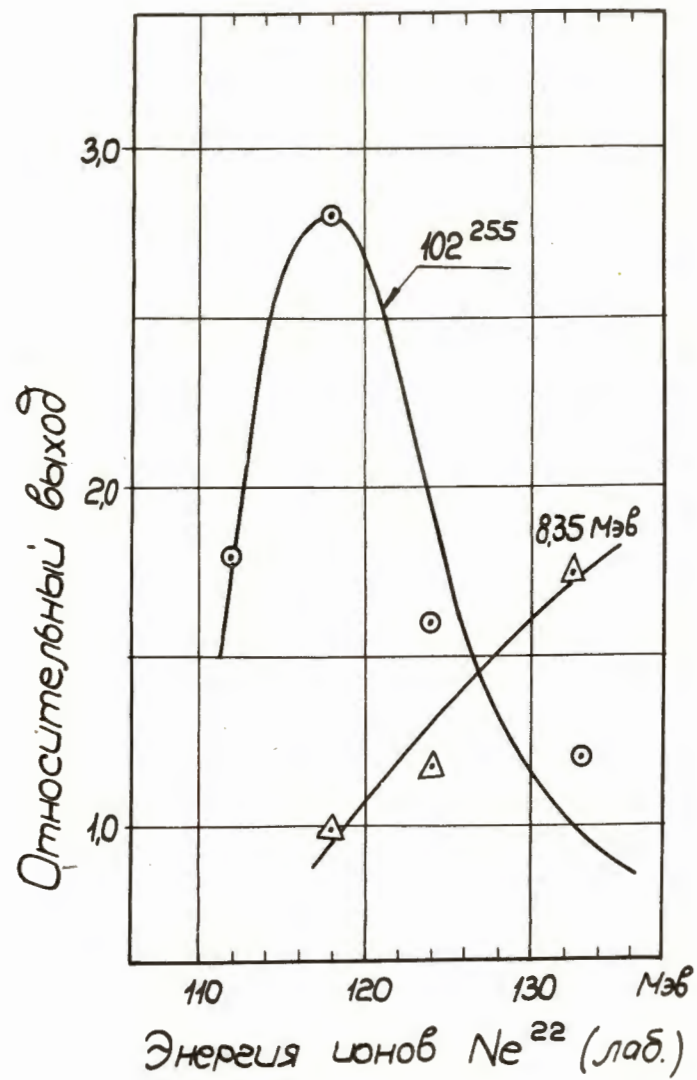


Рис. 3. Функции возбуждения реакции $^{238}\text{U}(^{22}\text{Ne}, 5n)^{255}\text{102}$ и α -группы 8,35 Мэв.

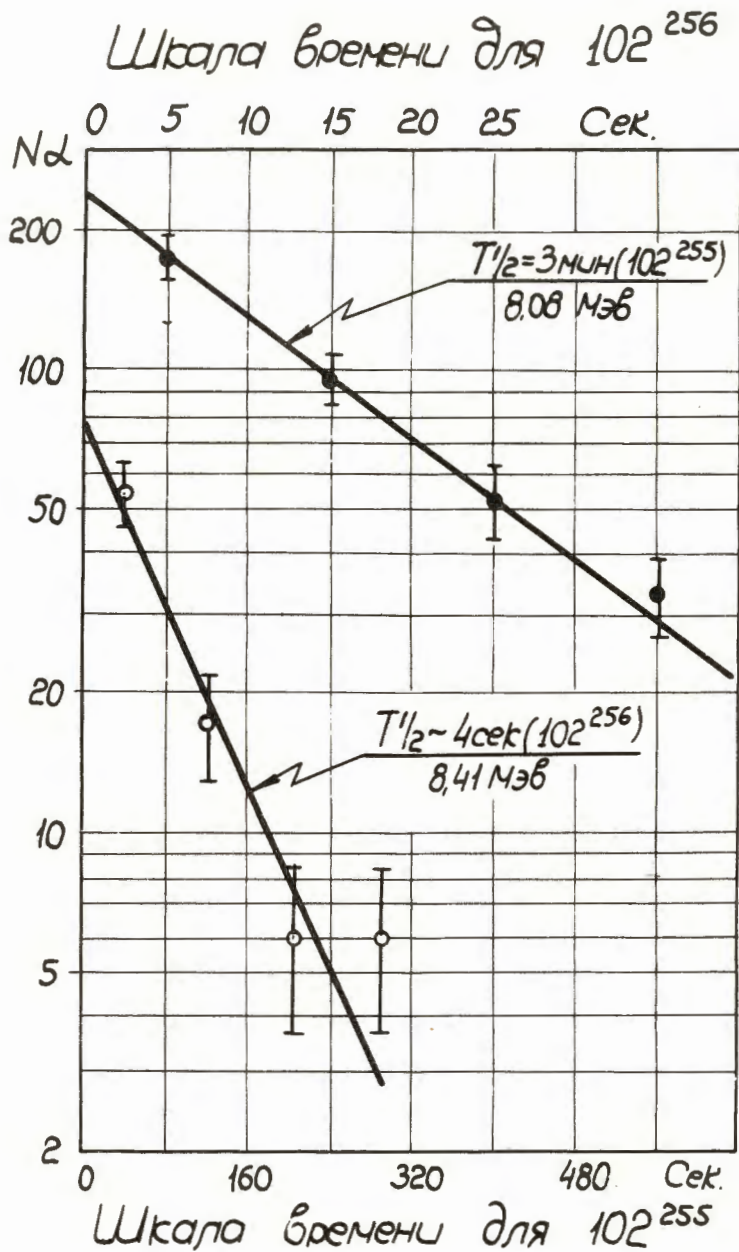


Рис. 4. Кривые распада изотопов $^{255}_{102}$ и $^{256}_{102}$.

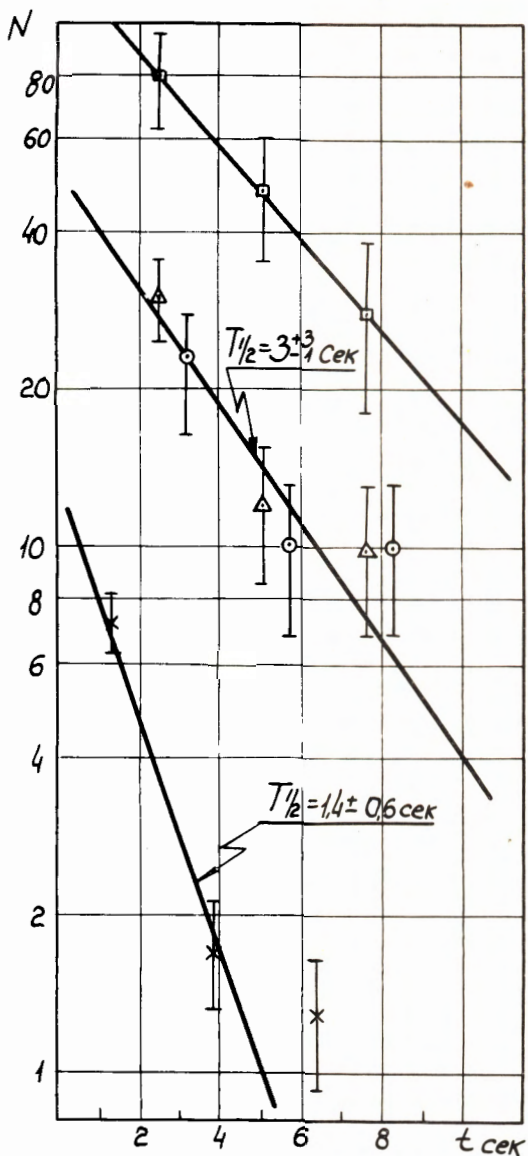


Рис. 5. Кривые распада продуктов реакции:

□ - $^{239}\text{Pu} (^{18}\text{O}, 5\text{n}) ^{252}\text{102}$ измерено по α -частицам с $E_\alpha = 8,41$ Мэв.

△ - $^{239}\text{Pu} + ^{18}\text{O}$, измерено по осколкам спонтанного деления.

× - $^{233}\text{U} (^{18}\text{O}, 5\text{n}) ^{246}\text{Fm}$, измерено по α -частицам с $E_\alpha = 8,24$ Мэв.

○ - $^{233}\text{U} + ^{18}\text{O}$, измерено по осколкам спонтанного деления.

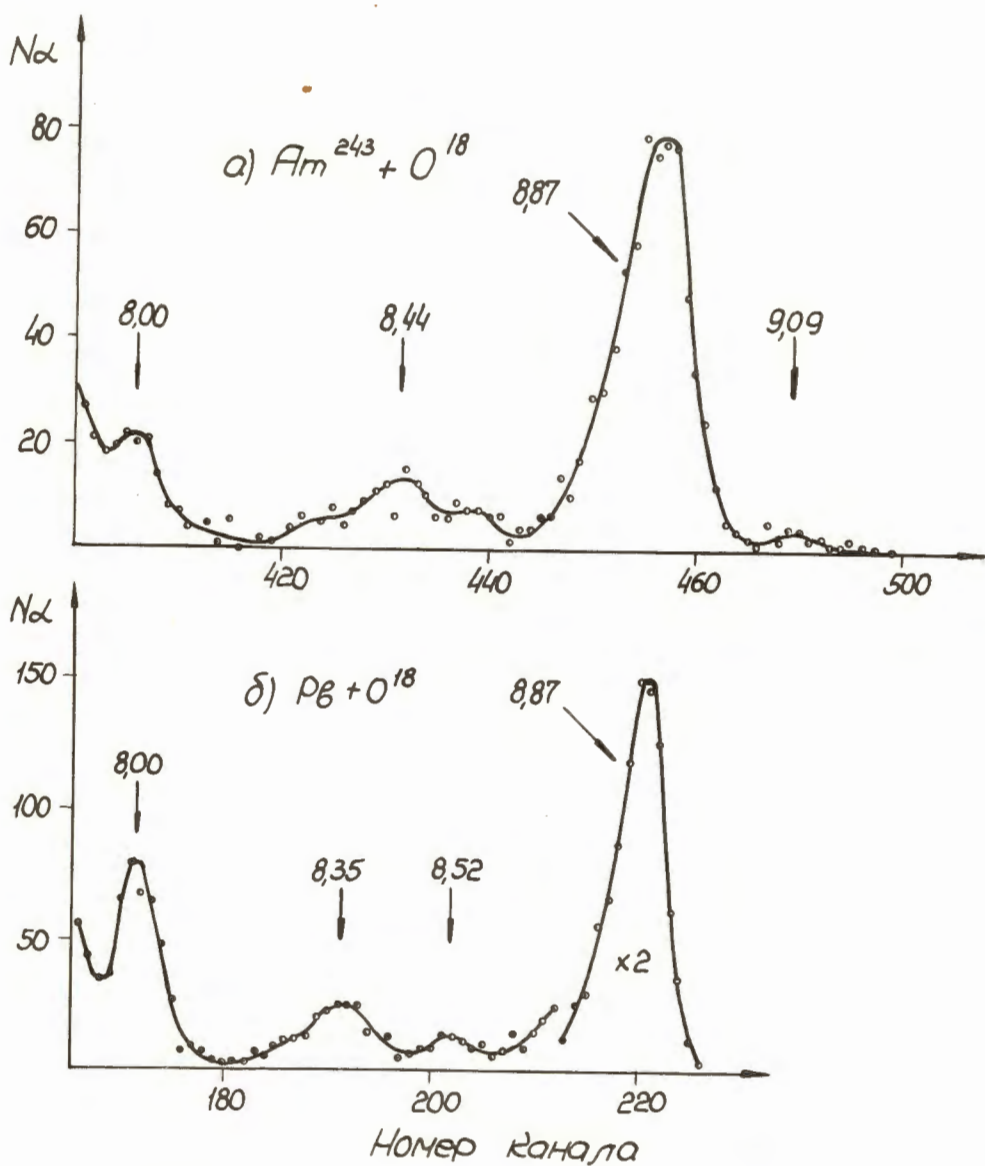


Рис. 6. α -спектры, измеренные в первой серии экспериментов при бомбардировке ^{243}Am (а) и Pb (б) ионами ^{18}O с энергией 96 МэВ.

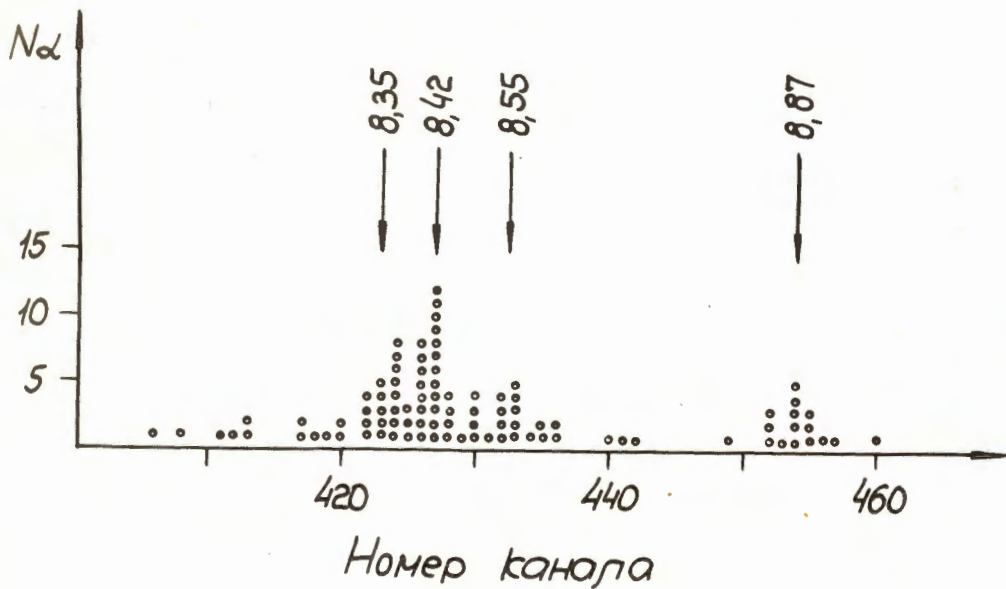


Рис. 7. α -спектр, измеренный при бомбардировке очищенной мишени ^{243}Am ионами ^{18}O с энергией 94 Мэв.

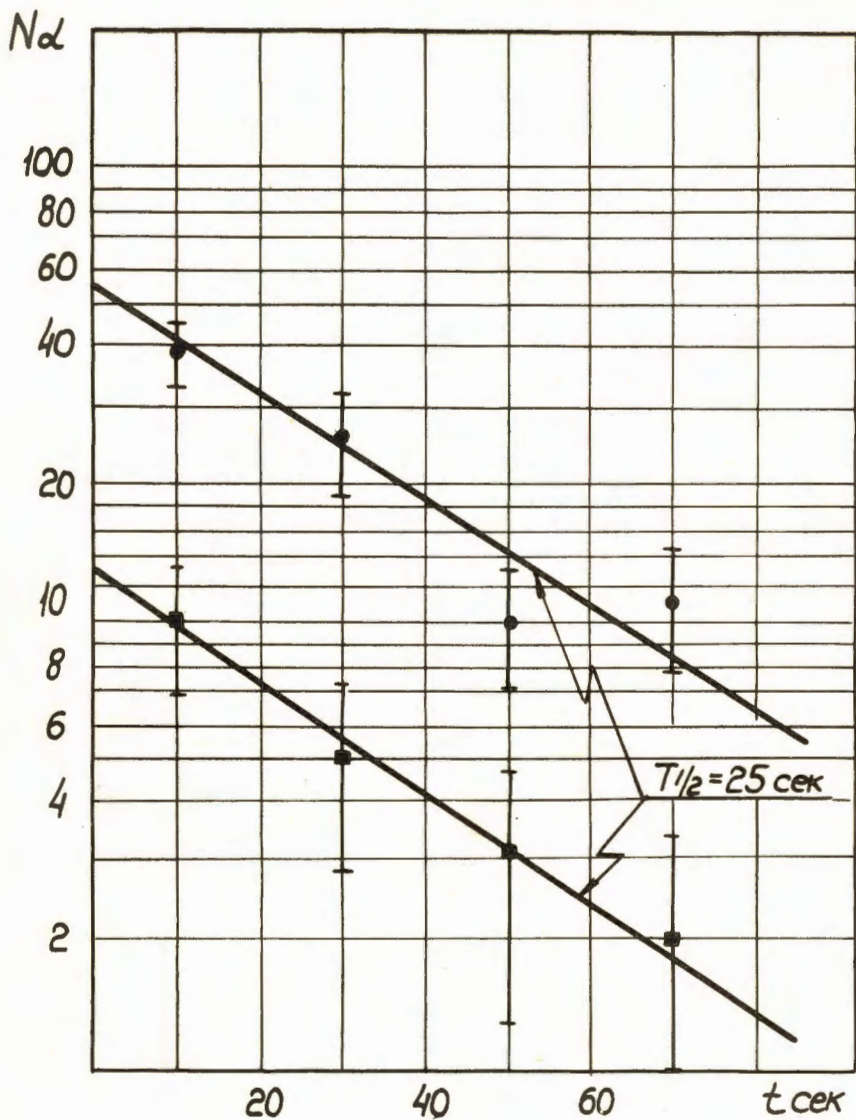


Рис. 8. Распад α -групп 8,35–8,42 Мэв (●) и 8,55 Мэв (■).