

С 341.2Г

A-382

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Отт. Энергии,  
7.21, Вып. 4, с. 243-246 <sup>20/6</sup>



P - 2704

Г.Н. Акашев, А.Г. Демян, В.А. Друин, Э.Г. Имаев,  
И.В. Колесов, Ю.В. Лобанов, Л.П. Пашенко

СИНТЕЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ  
СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ИЗОТОПОВ ФЕРМИЯ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

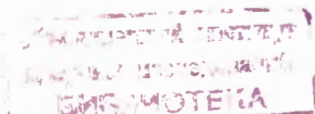
1966

P - 2704

Г.Н. Акапьев, А.Г. Демян, В.А. Друян, Э.Г. Имаев,  
И.В. Колесов, Ю.В. Лобанов, Л.П. Пашенко

СИНТЕЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ  
СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ ИЗОТОПОВ ФЕРМИЯ

Направлено в АЭ



4525/1 пр.

## В в е д е н и е

В реакциях с тяжелыми ионами в области трансурановых элементов образуются главным образом сравнительно короткоживущие нейтронодефицитные изотопы, одним из основных способов распада которых является  $\alpha$ -распад. Вследствие сильной конкуренции деления сечению образования этих изотопов становятся все более малыми с ростом  $Z$ . Получение сведений о новых изотопах в этой области требует применения высокоэффективной и быстродействующей методики, которая могла бы также обеспечить хорошее энергетическое разрешение при регистрации  $\alpha$ -частиц. Метод собирания ядер-продуктов реакции путем адсорбции из газовой струи <sup>/1/</sup> в основном удовлетворяет этим требованиям.

Целью данной работы являлось изучение  $\alpha$ -распада нейтронодефицитных изотопов фермия с использованием этого метода.

## М е т о д и к а

На рис. 1 представлено схематическое изображение установки. При ее проектировании ряд технических деталей был заимствован из работы В.Л. Михеева <sup>/2/</sup>.

Пучок ускоренных ионов, проходя через алюминиевую фольгу входного окна камеры, мишень и фольгу выходного окна, попадал на коллектор и регистрировался интегратором тока.

Ядра-продукты реакции, выбитые из мишени, тормозились в объеме камеры, заполненной гелием, и выносились затем струей газа через отверстие диаметром 0,5 мм в объем пробника. Для поддержания перепада давления между камерой и пробником использовался герметизированный вакуумный насос ВН-1. Он непрерывно откачивал гелий из объема пробника и нагнетал его через систему ловушек, охлаждаемых жидким азотом, в камеру. При выборе величины давления в камере исходили из величин пробегов продуктов реакции.

Ядра отдачи, захваченные струей гелия, в объеме пробника осаждались на специальный сборник, выполненный в виде диска диаметром 10 мм, укрепленного на конце крестовины. При повороте на  $90^\circ$ , накопленная активность переносилась для регистрации к полупроводниковому детектору. Точная фиксация положения крестовины при экспозиции

сборника у детектора (при измерении) и в струе гелия (при собирании ядер отдачи), а также быстрый переброс ее из одного положения в другое (за время 0,12 сек), обеспечивался мальтийским крестом. Он был укреплен на одной оси с крестовиной и приводился в движение электродвигателем через систему передач.

Анализ энергетического и временного распределения импульсов осуществлялся следующим образом:

Импульсы от полупроводникового детектора, усиленные зарядочувствительным предусилителем и усилителем, проходили через линейные ворота на аналогоцифровой преобразователь, если их амплитуда превышала порог дискриминатора.

В аналогоцифровом преобразователе амплитуда импульса преобразовывалась в серию стандартных импульсов, которые пересчитывались затем двоично-десятичным счетчиком. Импульсы, соответствовавшие измеряемому диапазону энергий, регистрировались цифрочечатающим устройством, выполненным на базе телеграфного аппарата<sup>13/</sup>.

Временной режим движения креста выбирался в соответствии с периодом полураспада измеряемой активности и задавался блоком автоматки.

Блок автоматки представлял собой цепочку триггеров, пересчитывающих импульсы формирователя, следующие с частотой 50 гц. Коэффициент пересчета цепочки задавал длительность цикла измерения и облучения и мог варьироваться в пределах от  $2^6$  до  $2^{12}$  ( $T_{\text{цикла}} = 1-800$  сек).

При переходе от облучения к измерению подача питания на двигатель производилась запускающим импульсом с одного из триггеров блока автоматки. После перемещения крестовины на  $90^\circ$  манипулятор ВЧ генератора запирался, а линейные ворота открывались.

Блок автоматки задавал восемь временных интервалов измерения. Момент прихода регистрируемого импульса отмечался телеграфным аппаратом наряду с амплитудой импульса.

#### Результаты эксперимента

Синтез изотопов фермия осуществлялся в ядерных реакциях при облучении мишени из естественного урана и урана-235 толщиной  $1,5 \text{ мг/см}^2$  ускоренными ионами кислорода-16. Энергия ионов изменялась путем перемещения пробника по радиусу в интервале 80-105 Мэв, достаточном для испарения 4-8 нейтронов из составного ядра.

При облучении мишени из естественного урана наблюдались активности с энергией  $\alpha$ -частиц

$$7,42 \pm 0,03 \text{ Мэв,}$$

$$7,53 \pm 0,02 \text{ Мэв,}$$

$$7,88 \pm 0,03 \text{ Мэв}$$

и периодами полураспада  $30 \pm 3$  мин;  $2,6 \pm 0,7$  мин;  $0,60 \pm 0,06$  мин соответственно.

Зависимости выхода этих активностей от энергии бомбардирующих ионов показаны на рис. 2. Приведены также статистические ошибки чисел зарегистрированных актов распада.

Все зависимости имеют вид, характерный для функций возбуждения реакций с испарением нейтронов из составного ядра.

Величины энергии  $\alpha$ -частиц и периодов полураспада продуктов реакций ( $O^{16}, 4,6a$ ) согласуются с известными значениями энергии  $\alpha$ -частиц и периодов полураспада фермия-250 и фермия-248<sup>/4-6/</sup>.

На рис. 3 представлен спектр  $\alpha$ -частиц, измеренный при энергии ионов  $O^{16}$ , равной 98 Мэв. Время измерения, равное времени облучения, составляло 400 сек. Группа  $\alpha$ -частиц с энергией 7,53 Мэв и периодом полураспада 2,6 мин принадлежит, очевидно, фермию-249, образуемому по реакции  $U^{238} (O^{16}, 5n)$ .

В работе В.П. Перельгина и др.<sup>/7/</sup> приводятся следующие значения периода полураспада и энергии  $\alpha$ -частиц фермия - 249:

$$T_{1/2} = 150 \text{ сек,} \quad E_{\alpha} = 7,9 \pm 0,3 \text{ Мэв.}$$

Поскольку в этой работе энергия  $\alpha$ -частиц определялась фотоэмульсионным методом, полученное нами значение энергии  $\alpha$ -частиц фермия-249 является более правильным.

Величина энергии  $\alpha$ -распада фермия-249 хорошо согласуется с систематикой<sup>/8/</sup>. Кривая распада фермия-249 показана на рис. 3.

Результаты измерения периода полураспада обрабатывались методом наименьших квадратов. Полученное значение  $T_{1/2}$  практически совпадает с данными В.П. Перельгина и др.<sup>/7/</sup>.

Из работ, в которых изучались функции возбуждения ядерных реакций аналогичного типа<sup>/9/</sup> известно, что максимальное сечение реакций с испарением пяти нейтронов существенно превышает сечение реакций с испарением четырех и шести нейтронов. Это обстоятельство носит характер общей закономерности, которая должна иметь место и для реакций, использованных нами для синтеза изотопов фермия.

Наблюдаемое нами по  $\alpha$ -распаду соотношение максимальных выходов фермия-250, фермия-249 и фермия-248 свидетельствует о том, что фермий-249 в значительной доле случаев распадается путем электронного захвата.

Представляет интерес определение соотношения  $\alpha$ -распада и электронного захвата при распаде фермия-249. Определение этого соотношения путем регистрации  $\alpha$ -распада изотопов эйнштейния-249 и калифорния-249, образующихся при электронном захвате фермия-249, практически невозможно, т.к. эйнштейний-249 в подавляющем большинстве случаев (99,9%) испытывает электронный захват, а период полураспада калифорния-249 составляет 380 лет.

Однако оценку доли  $\alpha$ -распада можно получить, основываясь на наблюдаемой нами по  $\alpha$ -распаду величине отношения максимальных выходов фермия-249 и фермия-248, которая составляет  $\approx 0,8$ . Обозначая долю  $\alpha$ -распада при распаде фермия-249 и фермия-248 через  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  соответственно, можно получить следующее выражение:

$$\alpha_1 \approx 0,8 \cdot \alpha_2 \cdot \frac{\sigma_{\max}(O^{18}, 6n)}{\sigma_{\max}(O^{18}, 5n)}$$

Величина отношения максимальных сечений реакций  $U^{238}(O^{18}, 6n)Fm^{248}$  и  $U^{238}(O^{18}, 5n)Fm^{249}$  должна быть близка к величине 0,5, полученной для отношения максимальных сечений реакций  $U^{238}(O^{18}, 6n)Fm^{260}$  и  $U^{238}(O^{18}, 5n)Fm^{261}$  в

работе Донца и др.<sup>/9/</sup>. Согласно систематике, величина  $\alpha_2$  должна быть близка к 100%.

Таким образом, доля  $\alpha$ -распада при распаде фермия-249 ( $\alpha_1$ ) составляет  $\approx 40\%$ .

Основываясь на этой величине, можно определить, что коэффициент запрета при  $\alpha$ -распаде фермия-249 равен  $\approx 1$ .

Наряду с этими опытами было проведено облучение мишени, обогащенной ураном-235 (содержание  $U^{235} = 90\%$ ). При энергии ионов  $O^{18}$ , соответствующей максимуму функции возбуждения реакции  $U^{235}(O^{18}, 5n)$ , была получена активность с периодом полураспада  $T_{1/2} = 1,4 \pm 0,6$  сек и энергией  $E_{\alpha} = 8,23 \pm 0,02$  Мэв. Эти величины хорошо согласуются с теми значениями, которые систематика дает для фермия-246. При увеличении энергии бомбардирующих ионов выход этой активности уменьшался в соответствии с поведением функции возбуждения реакции полного слияния с испарением пяти нейтронов.

Было сделано заключение, что данная  $\alpha$ -активность принадлежит фермию-246.

Авторы признательны члену-корреспонденту АН СССР Г.Н. Флерову за постоянную поддержку и полезные советы; В.М. Плотко, Г.Я. Суи Цзин Ян, В.И. Крашонкину и Ю.В. Полубояринову за помощь при проведении экспериментов, сотрудникам группы радиоэлектроники за разработку аппаратуры и сотрудникам группы полупроводниковых детекторов, предоставившим кремниевые  $\alpha$ -детекторы.

Л и т е р а т у р а

1. R.D. Macfarlane, R.D. Griffioen. Nucl. Instr. a Methods, 24, 461 (1963).
2. В.Л. Михеев. Препринт ОИЯИ, 2291, Дубна, 1965.
3. Э.Г. Имаев, Л.П. Челюков. Доклад № 148 на VI научно-технической конференции по ядерной электронике. Атомиздат, Москва, 1965.
4. S. Amiel, A. Chetham-Strode Jr., G.R. Choppin, A. Ghiorso, B.G. Harvey, L.W. Holm a S.G. Thompson. Phys. Rev., 106, 553 (1957).
5. A. Ghiorso, T. Sikkeland, I.R. Walton a G.T. Seaborg. Phys. Rev. Letters, 1, 18 (1958).
6. А. Гюрсо. Атомная энергия, 7, 338 (1959).
7. В.П. Перельгин, Е.Д. Донец, Г.Н. Флеров. ЖЭТФ, 37, 1559 (1959).
8. V.E. Viola, B. Wilkins, Preprint ANL. Fission Barriers and Lifetimes in the Trans-Radium Elements, 1965.
9. Е.Д. Донец, В.А. Шеголев, В.А. Ермаков. Ядерная физика, 2, 1015 (1965).
10. В.В. Волков, Л.И. Гусева, Б.Ф. Мясоелов, Н.И. Тарантин, К.В. Филиппова. ЖЭТФ, 37, 1207 (1959).

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 апреля 1966 г.

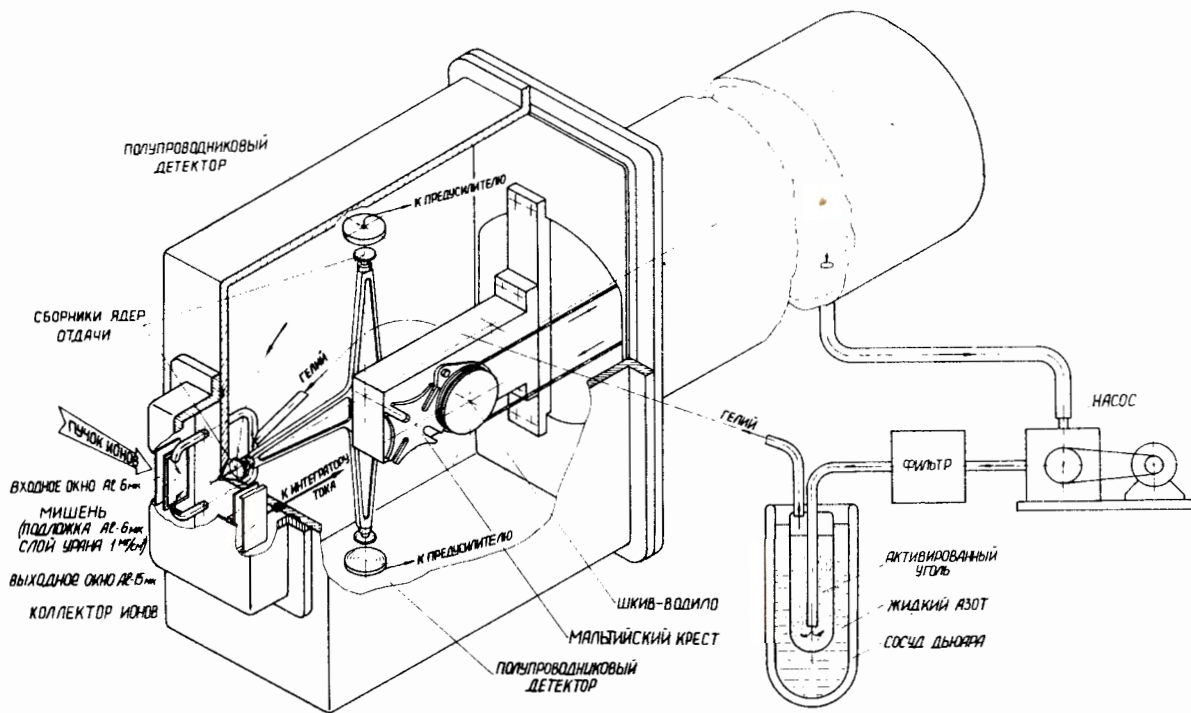


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.



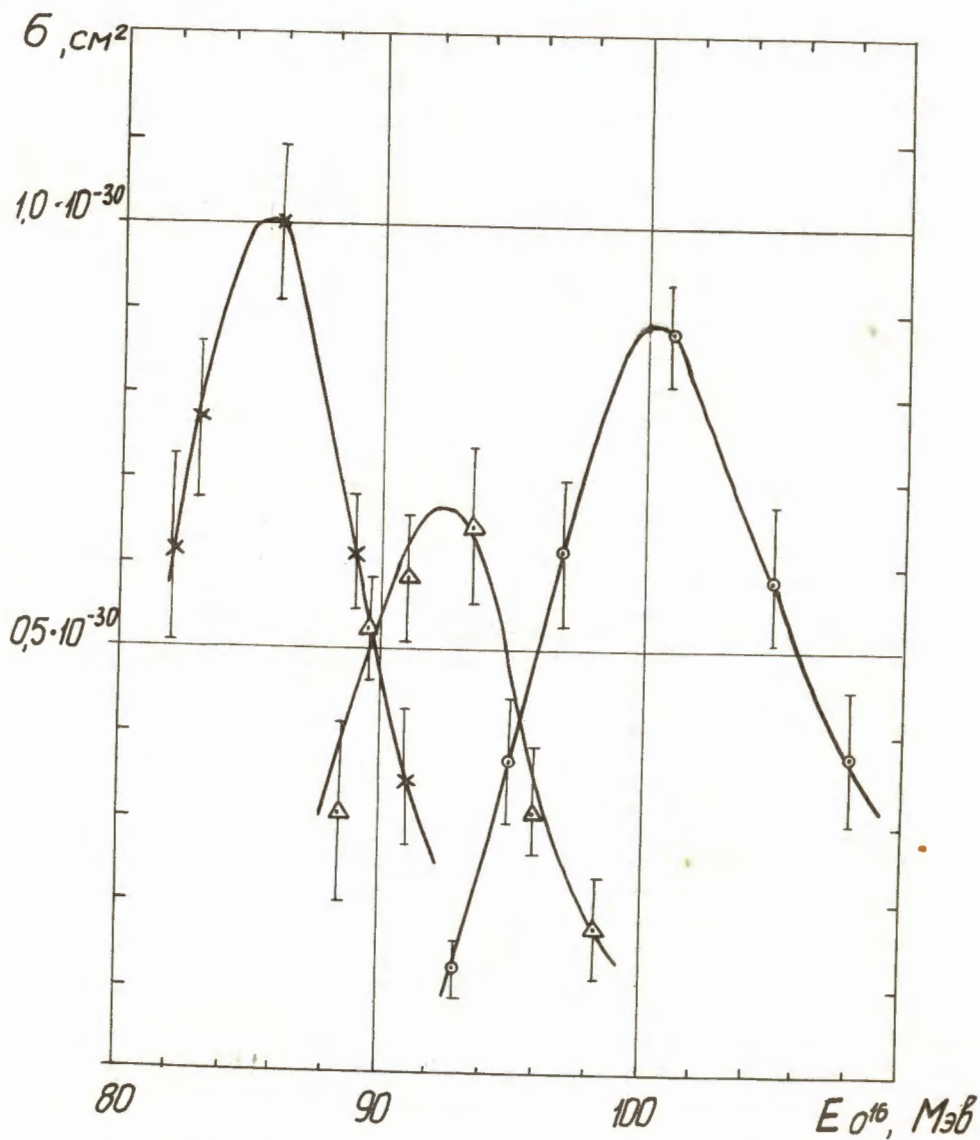


Рис. 2. Функции возбуждения реакций  $U^{238}(O^{16}, 4, 5, 6n)Fm^{250-248}$ .  
 В данной работе абсолютные значения сечений не измерялись. Привязка к абсолютным величинам осуществлена по известным данным для реакции  $U^{238}(O^{16}, 4n)Fm^{250}/10/$ .

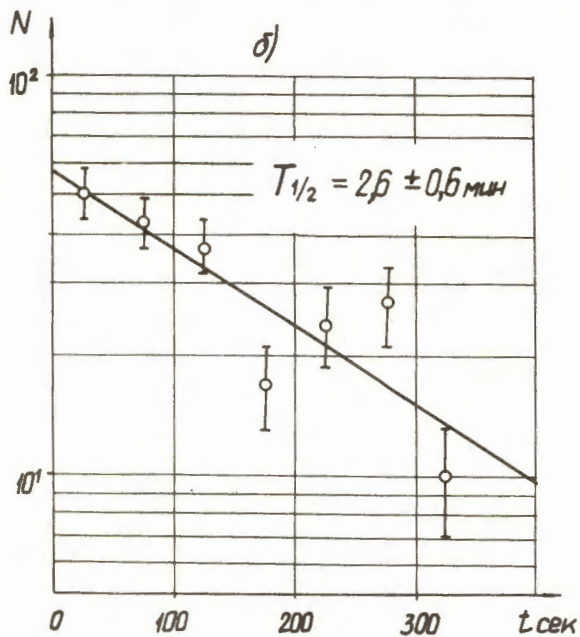
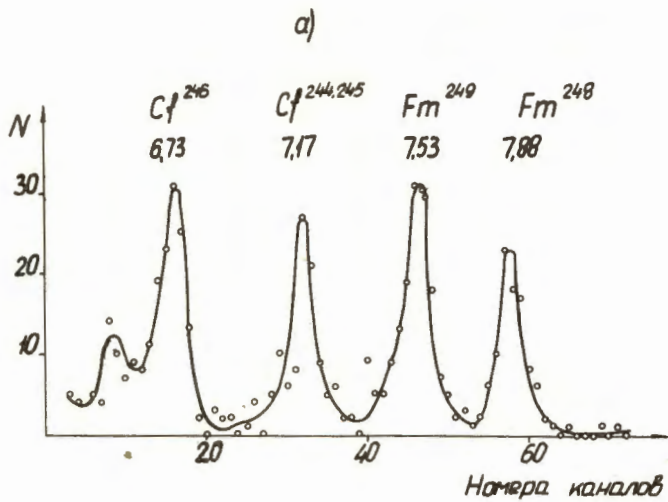


Рис. 3. а) Спектр  $\alpha$ -частиц при энергии ионов  $O^{16} \sim 98 \text{ Мэв}$ .  
 б) Кривая распада  $Fm^{249}$ .