

СРЕДНЕЕ ЧИСЛО МГНОВЕННЫХ НЕЙТРОНОВ ПРИ СПОНТАННОМ ДЕЛЕНИИ Fm^{256}

М. ДАКОВСКИЙ, Ю. А. ЛАЗАРЕВ, Ю. Ц. ОГАНЕСЯН

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

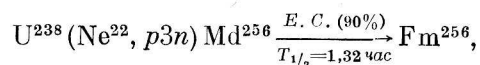
(Поступила в редакцию 22 июня 1972 г.)

Сообщается результат измерения среднего числа мгновенных нейтронов ($\bar{\nu}$) при спонтанном делении Fm^{256} : $3,73 \pm 0,18$ относительно $\nu(Cm^{244}) = 2,69 \pm 0,02$. Cm^{244} ($T_{1/2} = 2,6$ час) синтезирован на внутреннем пучке ионов циклотрона У-300 лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

К настоящему времени измерения среднего числа мгновенных нейтронов при спонтанном делении ядер ($\bar{\nu}$) проведены лишь для сравнительно долгоживущих изотопов. Этим сильно ограничена возможность построения систематики величин $\bar{\nu}$ в широких пределах изменения начальных параметров делящихся ядер ($Z, A, Z^2/A$ и т. п.).

В данной статье сообщается результат измерения $\bar{\nu}$ при спонтанном делении Fm^{256} ($T_{1/2} = 2,62$ час, спонтанное деление 97%).

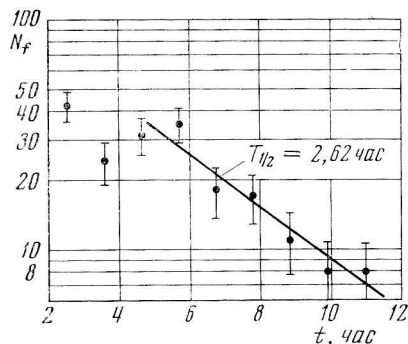
Для синтеза Fm^{256} использовалась ядерная реакция



продуктом которой, согласно [1], составляет $\sim 2 \cdot 10^{-33}$ см² при энергии ионов Ne^{22} около 130 Мэв. Наклонная мишень, изготовленная из металлического урана, облучалась внутренним пучком ионов циклотрона У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ интенсивностью $\sim 6 \cdot 10^{13}$ частица/сек в течение 2 час. После облучения поверхностный слой мишени растворялся в азотной кислоте и трансурановые элементы отделялись от урана соосаждением с LaF_3 .

При измерении $\bar{\nu}$ использовался метод параллельной регистрации нейтронов деления исследуемого и эталонного изотопов в совпадении с соответствующим осколком деления. Детектор нейтронов содержит 36 пропорциональных He^3 -счетчиков, помещенных в блок-замедлитель из плексигласа. По выходному сигналу счетчики распределены на шесть групп, каждая из которых имеет свой усилительно-формирующий тракт (разрешающее время тракта ≈ 2 мксек). В центре блока расположены две независимые мишени с поверхностно-барьерными Si(Au)-детекторами, в одну из которых помещается исследуемый, а в другую — эталонный источник делений. Импульс любого Si(Au)-детектора разрешает регистрацию нейтронов в течение 440 мксек от момента его появления (среднее время жизни нейтронов деления в детекторе ≈ 75 мксек). Для измерения фона система регистрации и анализа периодически включается генератором, имитирующим осколок деления. В качестве эталона в данном опыте использовался источник из Cm^{244} интенсивностью ≈ 13 деление/мин. Эффективность регистрации нейтронов деления, определенная для Cm^{244} , составила 48,5%, фон — менее 0,001 нейтрон/деление.

Для каждого акта деления определяются: номер Si(Au)-детектора, амплитуда осколка и количество нейтронов, зарегистрированных каждым из шести групп He³-счетчиков. Для фоновых событий определяется только число нейтронов, зарегистрированных каждой группой счетчиков. Эта информация с помощью специального устройства сопряжения передается в малую ЭВМ ТРА-1001. Одновременно с накоплением в памяти ЭВМ в процессе эксперимента осуществляется предварительная обработка информации и представление ее результатов в виде различных гистограмм (амплитудные спектры осколков деления, распределения событий по признаку числа зарегистрированных нейтронов и т. д.) на экране осциллоскопа или на печати телетайпа. Более подробно анализатор нейтронного деления, работающий на линии с ЭВМ ТРА-1001, описан в работе [2].



Временное распределение зарегистрированных актов деления (t — время, отсчитанное от момента окончания облучения). В начале кривой заметно накопление Fm²⁵⁶ из Md²⁵⁶

деления для Cf²⁴⁶ ($T_{1/2} = 35,7$ час) и Fm²⁵² ($T_{1/2} = 23$ час) соответственно составляют $2 \cdot 10^{-6}$ и $2,5 \cdot 10^{-5}$. Поэтому их присутствие в исследуемом источнике не может внести ошибку в измеряемое $\bar{\nu}$ более чем 0,1%. Ошибки, связанные с возможным присутствием других спонтанно делящихся изотопов, значительно ниже.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

Измерение $\bar{\nu}$ проводилось в течение 9 час, при этом зарегистрировано около 200 актов деления в исследуемом источнике. Их временное распределение представлено на рисунке, откуда следует хорошее согласие экспериментальных точек с периодом полураспада Fm²⁵⁶, равным 2,6 час.

Наиболее вероятным источником деления в нашем случае может являться спонтанное деление Cf²⁴⁶ и Fm²⁵². Выход этих изотопов при облучении U²³⁵ ионами Ne²² примерно в 100–200 раз превышает выход Fm²⁵⁶, как это следует из сопоставления сечений соответствующих реакций, приведенных в работах [1, 3]. Однако относительные вероятности распада путем спонтанного деления для Cf²⁴⁶ и Fm²⁵² соответственно составляют $2 \cdot 10^{-6}$ и $2,5 \cdot 10^{-5}$.

Таблица 1

Распределения множественности регистрируемых нейтронов

n	Fm ²⁵⁶	Cm ²⁴⁴	Генератор
0	27	1645	180948
1	65	2745	132
2	58	1991	8
3	36	640	4
4	14	137	0
5	4	11	0
6	0	0	0
7	0	0	0
Суммарное число событий	204	7169	181092
\bar{n}	1,788	1,290	0,0008
σ_n^2	1,43	0,98	—

Здесь приводятся распределения событий по признаку числа нейтронов n , регистрируемого в одном акте деления для Fm^{256} и Cm^{244} . Аналогичное распределение получено для фона. На основании этих данных получен результат

$$\bar{v}(Fm^{256}) / \bar{v}(Cm^{244}) = 1,387 \pm 0,066.$$

Основной вклад в ошибку указанного результата вносит статистика, связанная с числом наблюдаемых распадов Fm^{256} . Принимая для Cm^{244} значение $\bar{v} = 2,69 \pm 0,02$ из работы [4], получаем

$$\bar{v}(Fm^{256}) = 3,73 \pm 0,18.$$

Экспериментальные данные позволяют определить также и дисперсию распределения множественности нейтронов, испускаемых делящимся ядром. Она связана с дисперсией распределения множественности регистрируемых нейтронов σ_n^2 простым соотношением

$$\sigma_v^2 = \frac{\sigma_n^2 - \bar{n}(1 - \varepsilon)}{\varepsilon^2},$$

$$\sigma_n^2 = \sum_{n=0}^{n_{max}} (n - \bar{n})^2 F_n,$$

где F_n — вероятность регистрации n нейтронов в одном акте деления, \bar{n} — регистрируемое среднее число нейтронов на акт деления, ε — эффективность детектора нейтронов.

Таким образом, для Fm^{256} получен результат $\sigma_v = 2,19 \pm 0,66$, в то время как для Cm^{244} — $\sigma_v = 1,33 \pm 0,08$; последнее хорошо согласуется с данными более ранних работ [5, 6].

Результаты измерений \bar{v} , полученные к настоящему времени для трех изотопов фермия, представлены в табл. 2. Как следует из табл. 2, в пределах экспериментальных ошибок значения \bar{v} для указанных изотопов совпадают.

Т а б л и ц а 2

Среднее число и ширина распределений множественности нейтронов, испускаемых при спонтанном делении изотопов фермия

Изотоп	\bar{v}	σ_v	Литература
Fm^{254}	$3,95 \pm 0,19$ *	$1,22 \pm 0,09$ **	[7]
Fm^{256}	$3,73 \pm 0,18$	$1,48 \pm 0,22$	Настоящая работа
Fm^{257}	$3,97 \pm 0,13$	$1,71^{+0,37}_{-0,49}$	

* Величина получена перенормировкой данных [7] к значению $\bar{v}(Cf^{252}) = 3,725 \pm 0,015$, определенному в [7].

** Вычислено авторами настоящей статьи по данным, приведенным в [7].

При спонтанном делении изотопов Cm ($A = 242 \div 246$) и Cf ($A = 246 \div 254$) наблюдается более сильная зависимость среднего числа нейтронов от массы: $\Delta \bar{v} / \Delta A |_{\Delta A=1} \sim 0,15$, что следует из сопоставления результатов, полученных в работах [4-6, 9-11]. Поэтому значительный интерес представляют измерения \bar{v} для более легких изотопов Fm .

Авторы благодарят Г. Н. Флерова за постановку задачи и многочисленные обсуждения.

Авторы выражают благодарность О. К. Нефедьеву, В. Г. Субботину, М. С. Бирулеву за разработку электронной аппаратуры, И. Лангу — за программное обеспечение эксперимента на линии с ЭВМ. Авторы признательны Н. Б. Михееву и Б. А. Гвоздеву за помощь в проведении эксперимента, В. Ф. Кушнируку — за изготовление Si(Au)-детекторов.

Литература

- [1] В. А. Друин. Препринт Р-874, ОИЯИ, 1962.
- [2] М. Даковский, Ю. А. Лазарев, И. Ланг, О. К. Нефедьев, М. С. Бирулев. Сообщение 13-6520, ОИЯИ, 1972.
- [3] Е. Д. Донец, В. А. Щеголев, В. А. Ермаков. Атомная энергия, 16, 196, 1964.
- [4] A. H. Jaffey, J. L. Lerner. Nucl. Phys., A145, 1, 1970.
- [5] D. A. Hicks, J. Ise, Jr., R. V. Pyle. Phys. Rev., 101, 1016, 1956.
- [6] B. C. Diven, H. C. Martin, R. F. Taschek, J. Terrell. Phys. Rev., 101, 1012, 1956.
- [7] G. R. Choppin, B. G. Harvey, D. A. Hicks, J. Ise, Jr., R. V. Pyle. Phys. Rev., 102, 766, 1956.
- [8] E. Cheifetz, H. R. Bowman, J. B. Hunter, S. G. Thompson. Phys. Rev. C3, 2017, 1971.
- [9] A. De Volpi, K. S. Porges. Phys. Rev., C1, 683, 1970.
- [10] R. V. Pyle. Gordon Conf., 1957.
- [11] M. C. Thompson. Phys. Rev., C2, 763, 1970.

MEAN NUMBER OF INSTANTANEOUS NEUTRONS IN Fm^{256} SPONTANEOUS FISSION

M. DAKOWSKI, Yu. A. LASAREV, Yu. Ts. OGANESYAN

The results on measuring the mean number of instantaneous neutrons ($\bar{\nu}$) in Fm^{256} spontaneous fission are being reported on: 3.73 ± 0.18 with respect to $\bar{\nu}(Cm^{244}) = 2.69 \pm 0.02$. Fm^{256} ($T_{1/2} = 2,6$ h) has been synthesized in ion internal beam of U-30 Cyclotron of the Laboratory for Nuclear reactions of JINR.