

С518

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.



P15 - 6518

М. Даковский, Ю. А. Лазарев, Ю. Ц. Оганесян

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

P15 - 6518

М.Даковский, Ю.А.Лазарев, Ю.Ц.Оганесян

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

Направлено в ЯФ

Даковский М., Лазарев Ю.А., Оганесян Ю.Ц.

Среднее число мгновенных нейтронов при спонтанном
делении ^{256}Fm

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

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1972

Dakowski M., Lazarev Yu.A., Oganesyanyan Yu.Ts.

Average Prompt Neutron Number for Spontaneous
Fission of ^{256}Fm

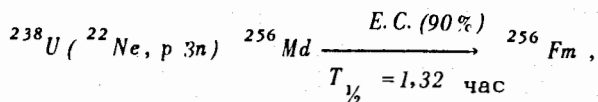
The result of measurement of average prompt neutron number for spontaneous fission of ^{256}Fm is given: $\bar{\nu} = 3.73 \pm 0.18$ relative to $\bar{\nu}$ (^{244}Cm) = 2.69 ± 0.02 . ^{256}Fm ($T_{1/2} = 2.6$ hours) was synthesized using inner beam of the cyclotron U-300 of the Laboratory of Nuclear Reactions (JINR).

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1972

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

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

Для синтеза ^{256}Fm использовалась ядерная реакция



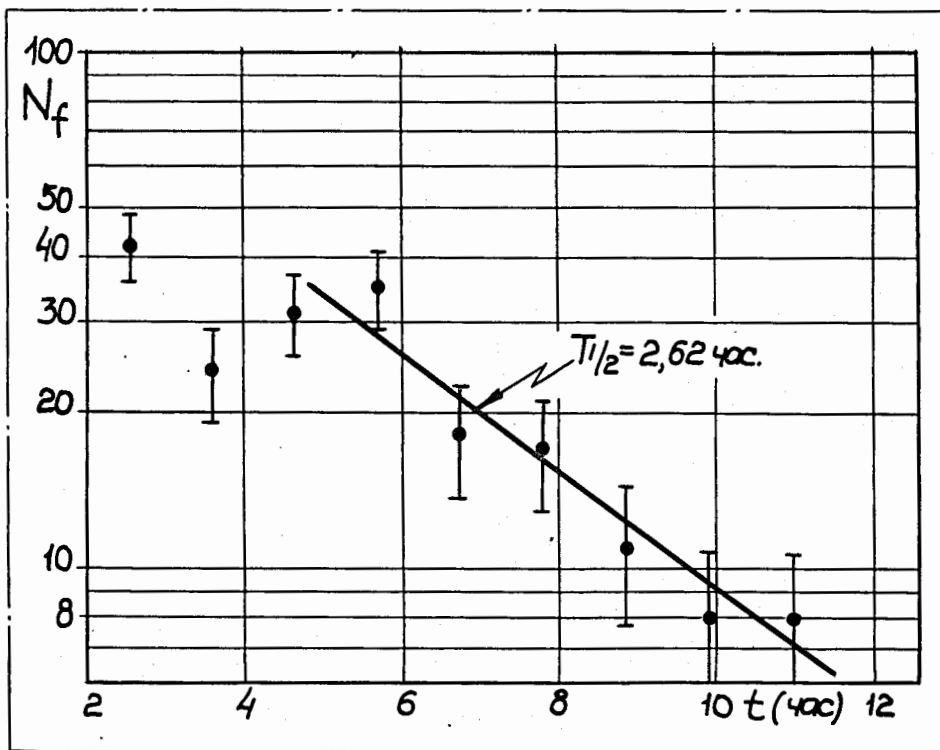
сечение которой, согласно [1], составляет $\approx 2 \cdot 10^{-33}$ см² при энергии ионов ^{22}Ne около 130 Мэв. Наклонная мишень, изготовленная из металлического урана, облучалась внутренним пучком ионов циклотрона У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ интенсивностью $\approx 6 \cdot 10^{13}$ част/сек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

При измерении $\bar{\nu}$ использовался метод параллельной регистрации нейтронов деления исследуемого и эталонного изотопа в совпаде-

нии с соответствующим осколком деления. Детектор нейтронов содержит 36 пропорциональных ^3He -счетчиков, помещенных в блок-замедлитель из плексигласа. По выходному сигналу счетчики распределены на 6 групп, каждая из которых имеет свой усилительно-формирующий тракт (разрешающее время тракта ≈ 2 мсек). В центре блока расположены две независимые камеры с поверхностно-барьерными $\text{Si}(\text{Au})$ -детекторами, в одну из которых помещается исследуемый, а в другую - эталонный источник делений. Импульс любого $\text{Si}(\text{Au})$ -детектора разрешает регистрацию нейтронов в течение 440 мсек от момента его появления (среднее время жизни нейтронов деления в детекторе ≈ 75 мсек). Для измерения фона система регистрации и анализа периодически включается генератором, имитирующим осколок деления. В качестве эталона в данном опыте использовался источник из ^{244}Cm интенсивностью ≈ 13 делений/мин. Эффективность регистрации нейтронов деления, определенная для ^{244}Cm , составила 48,5%, фон - менее 0,001 нейтрон/деление.

Для каждого акта деления определяются: номер $\text{Si}(\text{Au})$ -детектора, амплитуда осколка и количество нейтронов, зарегистрированных каждой из 6 групп ^3He -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 осциллографа или на печати телетайпа. Более подробно анализатор нейтронов деления, работающий на линии с ЭВМ ТРА-1001, описан в работе /3/.

Измерение \bar{v} проводилось в течение 9 часов, при этом зарегистрировано около 200 актов деления в исследуемом источнике. Их временное распределение представлено на рис. 1, откуда следует хорошее согласие экспериментальных точек с периодом полураспада ^{256}Fm , равным 2,6 часа.



Наиболее вероятным источником фона в нашем случае может быть спонтанное деление ^{246}Cf и ^{252}Fm . Выход этих изотопов при облучении ^{238}U ионами ^{22}Ne примерно в 100-200 раз превышает выход ^{256}Fm , как это следует из сопоставления сечений соответствующих

ших реакций, приведенных в работах /1,2/. Однако относительные вероятности распада путем спонтанного деления для ^{246}Cf ($T_{1/2} = 35,7$ час) и ^{252}Fm ($T_{1/2} = 23$ час) составляют 2×10^{-6} и $2,5 \times 10^{-5}$ соответственно. 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 таблице 1.

Здесь приводятся распределения событий по признаку числа нейтронов, регистрируемых в одном акте деления для ^{256}Fm , ^{244}Cm . Аналогичное распределение получено для фона.

На основании этих данных получен результат

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

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

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

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

$$\sigma_{\nu}^2 = \frac{\sigma_n^2 - n(1-\epsilon)}{\epsilon^2}, \quad \text{где} \quad \sigma_n^2 = \sum_{n=0}^{n_{max}} (n - \bar{n})^2 F_n,$$

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 ^{256}Fm полу-

Таблица 1

Распределения множественности регистрируемых нейтронов

n	^{256}Fm	^{244}Cm	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	-

Таблица 2

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

Изоотоп	$\bar{\nu}$	σ_{ν}	Литература
^{254}Fm	$3,95 \pm 0,19^x)$	$1,22 \pm 0,09^{xx)}$	[7]
^{256}Fm	$3,73 \pm 0,18$	$1,48 \pm 0,22$	настоящая работа
^{257}Fm	$3,97 \pm 0,13$	$1,71 \pm \begin{matrix} 0,37 \\ 0,49 \end{matrix}$	[8]

x) Величина получена перенормировкой данных [7] к значению $\bar{\nu}(^{252}\text{Cf}) = 3,725 \pm 0,015$, определенному в [9].

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

чен результат $\sigma_{\nu}^2 = 2,19 \pm 0,66$, в то время как для $^{244}\text{Cm} - \sigma_{\nu}^2 = 1,33 \pm 0,08$; последнее хорошо согласуется с данными более ранних работ /5,6/.

Результаты измерений $\bar{\nu}$, полученные к настоящему времени для трех изотопов фермия, представлены в таблице 2.

Как следует из табл. 2, в пределах экспериментальных ошибок значения $\bar{\nu}$ для указанных изотопов совпадают.

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

Авторы благодарят академика 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.В. Михееву и В.А. Гвоздеву за помощь в проведении эксперимента, В. Кушнируку - за изготовление $\text{Si}(\text{Au})$ - детекторов.

Литература

1. В.А. Друин. Препринт ОИЯИ P2-874, Дубна, 1962.
2. Е.Д. Донец, В.А. Шеголев, В.А. Ермаков. АЭ, 16, 195 (1964).
3. М. Даковский, Ю.А. Лазарев, И. Ланг, О.К. Нефедьев, М.С. Бирулев. Сообщение ОИЯИ, 13-6520, Дубна, 1972.
4. А.Н. Jaffey and J.L.Lerner. Nucl.Phys., A145, 1 (1970).
5. D.A.Hicks, J.Ise, Jr., and R.V.Pyle. Phys.Rev., 101, 1016 (1956).
6. В.С. Diven, Н.С. Martin, R.F.Taschek and J.Terell. Phys.Rev., 101, 1012 (1956).

7. G.R.Choppin, B.G.Harvey, D.A.Hicks, J.Ise, Jr.,
and R.V.Pyle, Phys. Rev., 102,766 (1956).
8. E.Cheifetz, H.R.Bowman, J.B.Hunter and S.G.Thompson.
Phys.Rev. C , 3, 2017 (1971).
9. A.DeVolpi, and K.S.Porges, Phys. Rev. C, 1,683 (1970)
10. R.V.Pyle, Gordon Conference, 1957.
11. M.C. Thompson, Phys.Rev., C, 2, 763 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел
15 июня 1972 года.