

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СПОНТАННОГО ДЕЛЕНИЯ $^{259}\text{Md}$

Е.А.Сокол, Ш.С.Зейналов, Ш.Шаро, М.Юссонуа\*,  
Х.Брухертзайфер\*\*, Г.В.Букланов, М.П.Иванов,  
Ю.С.Короткин, В.И.Смирнов, Л.П.Челноков,  
Г.М.Тер-Акопьян, Г.Н.Флеров

Приведены результаты измерений характеристик распределения по множественности ( $\nu$ ,  $\sigma_{\nu}^2$ ,  $\Gamma_2$ ) мгновенных нейтронов и  $\gamma$ -квантов и средней энергии  $\gamma$ -квантов при спонтанном делении  $^{259}\text{Md}$ . Изотопы  $^{259}\text{Md}$  были получены в реакции  $^{248}\text{Cm} (^{18}\text{O}, \alpha 3n) ^{102}259 \xrightarrow{e} ^{259}\text{Md}$  на выведенном пучке тяжелых ионов ускорителя У-300 ЛЯР ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

### Preliminary Results on the Study of $^{259}\text{Md}$ Spontaneous Fission Parameters

E.A.Sokol et al.

The results of measuring the parameters of prompt neutron and  $\gamma$ -ray multiplicity distribution ( $\nu$ ,  $\sigma_{\nu}^2$ ,  $\Gamma_2$ ) and of  $\gamma$ -quanta mean energy at  $^{259}\text{Md}$  spontaneous fission are presented.  $^{259}\text{Md}$  isotopes were obtained in the  $^{248}\text{Cm} (^{18}\text{O}, \alpha 3n) ^{102}259 \xrightarrow{e} ^{259}\text{Md}$  reaction on the extracted heavy ion beam of the U-300 accelerator (LNR, JINR).

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Для понимания различных сторон процесса деления большую ценность представляет экспериментальная информация о корреляциях кинетической энергии осколков, их масс-асимметрии, числа нейтронов и  $\gamma$ -квантов, испущенных из делящихся ядер и возбужденных осколков, энергий  $\gamma$ -квантов. Особый интерес представляет получение таких данных о спонтанном делении  $^{258}\text{Fm}$ ,  $^{259}\text{Md}$ ,  $^{260}\text{Md}$  и  $^{258}102$ , где наблюда-

---

\* Институт ядерной физики, Орсе, Франция

\*\* Центральный институт изотопных и радиационных исследований, Лейпциг, ГДР

лось<sup>/1/</sup> двухмодовое симметричное деление с кинетическими энергиями, распределенными около 200 и 235 МэВ.

Мы провели опыты по измерению характеристик нейтронного и  $\gamma$ -излучений для спонтанного деления  $^{259}\text{Md}$ , предварительные результаты которых сообщаются в данной работе.

### Методика эксперимента

Для получения ядер  $^{259}\text{Md}$  использовалась реакция  $^{248}\text{Cm}$  ( $^{180}, \alpha_3 n$ )  $^{259}102 e^-$ , 25%  $^{259}\text{Md}$ <sup>/2/</sup>. Мишень  $^{248}\text{Cm}$  имела толщину 500 мкг/см<sup>2</sup>, диаметр 9 мм. Облучение ионами  $^{180}$  с энергией 97 МэВ проводилось на циклотроне У-300 ЛЯР ОИЯИ. Максимальная интенсивность ионов на мишени составляла  $5 \cdot 10^{12}$  частиц в секунду. Продукты ядерных реакций выносились из камеры облучения струей аргона и осаждались на кварцевой вате. Длительность одного облучения была 3 часа. После этого проводилось химическое выделение 102 элемента одним из двух способов: либо разделением на экстракционной колонке раствором соляной кислоты<sup>/2/</sup>, либо экстракцией криптаном<sup>/3/</sup>. Для приготовления источника раствор, содержащий фракцию 102 элемента, наносился на подложку из лавсана толщиной 0,5 мкм и высушивался в вакууме. Отделение фракции 102 элемента проводилось за 20-25 мин, дальнейшие химические операции и приготовление источника требовали 60-70 мин.

Измерения характеристик деления  $^{259}\text{Md}$  проводилось с помощью системы, включавшей в себя два поверхностно-барьерных кремниевых детектора для регистрации осколков, детектор  $\gamma$ -квантов, на основе сцинтилляторов из германата висмута<sup>/4/</sup>, и детектор нейтронов, аналогичный описанному в<sup>/5/</sup>.

Полупроводниковые детекторы имели площадь 3 см<sup>2</sup> и располагались на расстоянии 1 мм от источника. При таком расположении достигалась высокая эффективность регистрации, но это приводило к большим ошибкам в определении энергии осколков за счет неопределенностей в толщинах "мертвого" слоя детекторов и подложки.

Калибровка детектора нейтронов была проведена источником  $^{248}\text{Cm}$ , для которого среднее число нейтронов, испускаемых на одно деление, было взято равным  $\nu_n = 3,134 \pm \pm 0,006$ <sup>/6/</sup>. Эффективность регистрации одиночных нейтронов составила  $\epsilon_n = 0,42 \pm 0,02$ . Для калибровки детектора  $\gamma$ -квантов были проведены измерения  $\gamma$ -квантов спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$ .

Для проведения экспериментов по изучению свойств  $^{259}\text{Md}$  существенным является исключение фона от  $^{256}\text{Fm}$ ,  $^{254}\text{Cf}$  и других спонтанно делящихся нуклидов, образующихся в различных реакциях передачи. Выход этих нуклидов контролиро-

вался путем измерения скорости счета спонтанного деления соответствующих фракций на детекторе нейтронов<sup>5/</sup>. Для определения степени очистки от этих элементов пленки с фракциями 102 элемента после измерения характеристик деления ставились на длительное время в контакт с трековыми детекторами осколков деления. Вклад от деления <sup>256</sup>Fm и других фоновых нуклидов составлял менее 25%.

### Результаты

Было зарегистрировано 34 события спонтанного деления. В табл.1 и 2 приведены основные параметры нейтронного и  $\gamma$ -излучений, измеренные в ходе этих экспериментов.

Таблица 1

Распределение по множественности нейтронов и  $\gamma$ -квантов, зарегистрированных при спонтанном делении <sup>259</sup>Md

Кратность	Число зарегистрированных событий	
	Нейтроны	$\gamma$ -кванты
0	4	4
1	12	11
2	12	7
3	4	8
4	1	3
5	0	0
6	1	1

Таблица 2

Параметры нейтронного и  $\gamma$ -излучений спонтанного деления <sup>259</sup>Md

	Нейтроны	$\gamma$ -кванты
$\nu$	$4,1 \pm 0,7$	$4,4 \pm 0,5$
$\sigma_{\nu}^2$	$2,4 \pm 1,2$	$4,2 \pm 2,4$
$\Gamma_2$	$0,9 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,3$

Помимо параметров, приведенных в табл.1, была сделана оценка среднего числа  $\gamma$ -квантов  $\bar{\nu}_\gamma$  на деление  $^{259}\text{Md}$ , средней энергии одиночного  $\gamma$ -кванта  $\bar{E}_\gamma$  и средней суммарной энергии  $\gamma$ -квантов, испущенных в одном акте деления  $\bar{E}$ . Для этого были использованы данные для  $^{252}\text{Cf}$  из работы [7]. Аппаратурные значения средней энергии одиночных  $\gamma$ -квантов при делении  $^{252}\text{Cf}$  и  $^{259}\text{Md}$  оказались близкими по величине, поэтому для определения  $\bar{\nu}$ ,  $\bar{E}_\gamma$ ,  $\bar{E}$  была произведена линейная экстраполяция. Результаты этих оценок следующие:  $\bar{E}_\gamma = 0,97$  МэВ,  $\bar{E} = 4,6$  МэВ. Оценки  $\bar{\nu}$ ,  $\sigma^2$  и  $\Gamma_2$  для  $\gamma$ -квантов  $^{259}\text{Md}$  даны в табл.2.

### *Заключение*

Полученные характеристики нейтронного и  $\gamma$ -излучений для спонтанного деления  $^{259}\text{Md}$  не дают возможности сделать какие-либо заключения о двухмодовом делении. Можно лишь отметить, что событий, в которых не были зарегистрированы нейтроны, было четыре, и только одно событие, в котором не было зарегистрировано ни нейтронов, ни  $\gamma$ -квантов, что, по-видимому, свидетельствует о том, что деление происходит в основном обычным образом. Дальнейшее уточнение результатов может быть достигнуто путем повышения статистической точности и привязки к наблюдавшимся в опытах [1] различным модам деления этого нуклида. Такая информация может быть получена при введении коллимации при регистрации осколков и увеличении числа зарегистрированных событий деления примерно на порядок. При этом может быть получена также информация об угловом распределении нейтронов при делении  $^{259}\text{Md}$ .

Авторы выражают глубокую благодарность Ю.Ц.Оганесяну за постоянное внимание и многочисленные полезные обсуждения, а также Г.С.Попеко, В.И.Чепигину и Е.А.Черепанову за помощь в работе.

### *Литература*

1. Hulet E.K. et al. Phys.Rev.Lett., 1986, v.56, p.313.
2. Wild J.F. et al. Phys.Rev.C., 1982, v.26, p.1531.
3. Bruchertseifer H. et al. Preprint ZfI-Mitteilungen, 1984, n.99, p.11.
4. Sokol E.A. et al. Nucl.Instr.Meth., 1986, v.A245, p.481.
5. Ter-Akopian G.M. et al. Nucl.Instr.Meth., 1981, v.190, p.119.

6. Малиновский В.В., Воробьева В.Г., Кузьминов Б.Д. В сб.: Вопросы атомн.науки и техники, серия: Ядерные константы, 1983, вып.5/54/, с.19.
7. Verbinski V.V., Veber H., Sund R.E. Phys.Rev.C., 1973, v.7, p.1173.

Рукопись поступила 27 августа 1986 года.