

М. В. БЛИНОВ, В. А. ВИТЕНКО, И. Т. КРИСЮК

О ВРЕМЕНИ ИСПУСКАНИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ ^{252}Cf

(Представлено академиком Б. П. Никольским 17 III 1975)

1. При изучении эмиссии нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf В. Н. Нефедов, А. К. Мельников и Б. И. Старостов (¹, ²) пришли к выводу о том, что наряду с мгновенными нейтронами деления имеется существенная доля (3–4%) нейтронов, которые испускаются в период 10^{-9} – 10^{-7} сек. после акта деления. Относительное число таких нейтронов, названных авторами задержанными, особенно велико в области энергий ниже 250 кэв, где их вклад сравним с вкладом мгновенных (²). Если задержанные нейтроны действительно существуют, то их эмиссия должна быть связана с каким-то иным, чем простое испарение механизмом. Этот вопрос представляет значительный интерес для физики деления. Поэтому было целесообразно провести изучение временных характеристик эмиссии нейтронов деления в области низких энергий в условиях более высокого разрешения во времени и тщательного изучения влияния рассеянных нейтронов на форму изучаемого спектра.

2. В данной работе использовался метод измерения спектров нейтронов по времени пролета ими различных расстояний. Если имеется задержка t_0 в эмиссии в части нейтронов, то для таких нейтронов измеряемое время пролета t не будет равно истинному и поэтому не будет меняться пропорционально пролетному расстоянию (базе).

Регистрация осколков производилась газовым сцинтилляционным счетчиком, в котором помещался слой ^{252}Cf . Нейтроны детектировались кристаллом $^6\text{LiJ}(\text{Eu})$ с фотоумножителем ФЭУ-74. Электронная система спектрометра была разработана с учетом специфики световых характеристик кристалла $^6\text{LiJ}(\text{Eu})$, в частности, большое время высвечивания (~1,2 мсек.), что позволило получить разрешающее время спектрометра ~1 псек. (ширина γ -пика на полувысоте). Получению высокого разрешения способствовали также: отбор ФЭУ по ряду параметров и изготовление кристаллов с повышенным световым ходом. Ширина γ -пика на уровне 1% от полной высоты равна 3 псек., а на уровне 0,1% составляет 5 псек., что говорит об отсутствии заметных аппаратных искажений формы линии (отсутствие «хвоста») в сторону больших времен пролета.

Возможные искажения спектра вследствие рассеяния нейтронов на деталях установки проверяли путем последовательных изменений конструкции газового счетчика и детектора нейтронов. Оказалось, что эффекты рассеяния нейтронов на детекторах, обычно применяемых в подобных экспериментах, могут приводить к ложному увеличению интенсивности в области низких энергий в 2–3 раза. В связи с этим были приняты меры по уменьшению (или удалению) рассеивающих масс, что привело к снижению эффекта рассеяния более чем на порядок. Следует отметить, что влияние рассеяния, так же как и влияние плохой формы аппаратной линии, приводят к искажениям спектра одинакового характера, создавая впечатление существенного избытка нейтронов в области больших времен пролета, т. е. малых энергий.

3. На рис. 1 показали результаты измерений спектров нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf для пролетных баз 12,5 см; 25 см и 37,5 см.

Все спектры приведены к одному масштабу как по шкале времени пролета, так и по шкале интенсивности. Видно, что для этих трех пролетных баз имеется приемлемое согласие во всем измеряемом интервале времени пролета. Некоторое отличие спектра для базы 12,5 см объясняется влиянием разрешения, еще существенного для этой базы.

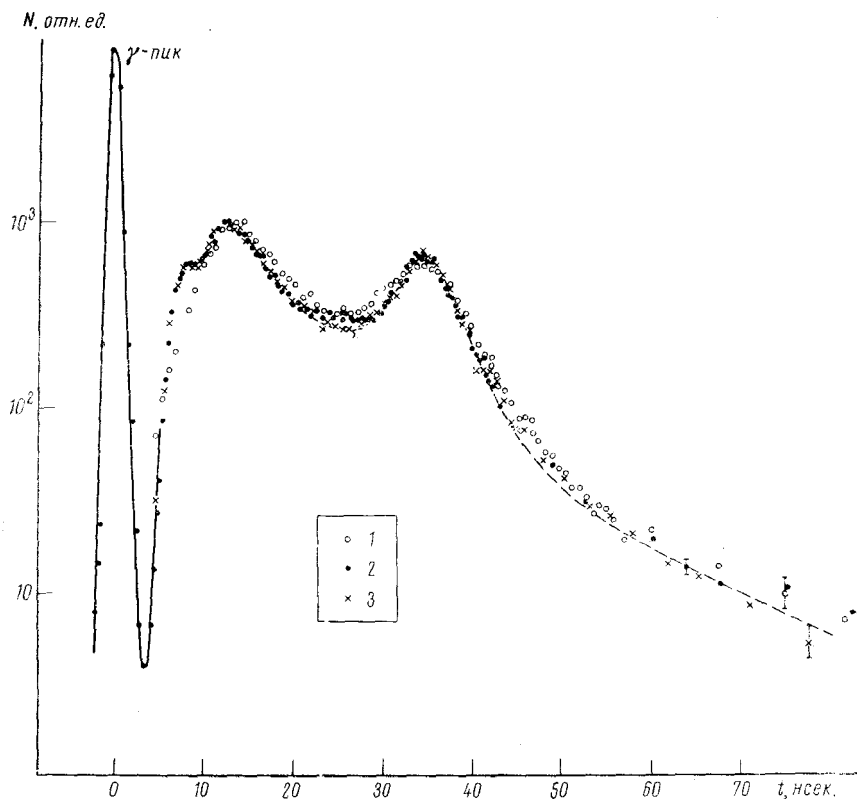


Рис. 1. Спектр нейтронов деления ^{252}Cf (по времени пролета) для различных пролетных баз (см): 1 — 12,5; 2 — 25; 3 — 37,5. Шкала времени и γ -пик приведены только для базы 25 см. В области γ -пика точки соединены сплошной линией для оценки временного разрешения

На основании анализа экспериментальных распределений можно оценить верхние пределы времени испускания нейтронов разных энергий относительно акта деления; они получились равными соответственно

для энергии 300 — 100 кэВ	0,5 — 1,0 нсек.,
100 — 50 кэВ	1 — 2 нсек.,
50 — 20 кэВ	2 — 5 нсек.

При проведении аналогичных экспериментов авторы работы ⁽²⁾ получили, что при изменении базы спектры деформируются, объяснили этот эффект эмиссией задержанных нейтронов и оценили, что периоды испускания этих нейтронов равны 7,5; 28 ($E \approx 200$ кэВ) и 120 нсек. ($E \approx 100$ кэВ). Наши данные, как видно из предыдущего, не подтверждают эти результаты для области энергий менее 250 кэВ. Проведение поисков задержанных нейтронов в области более высоких энергий мы не считали целесообразным по той причине, что относительный вклад задержанных нейтронов в этой области мал ⁽¹⁾, тем более, что в работе ⁽³⁾ задержанные нейтроны для $E > 0,5$ МэВ не были найдены.

На рис. 2 приведен спектр нейтронов деления ^{252}Cf , полученный в нашей работе для пролетной базы 25 см, вместе со спектром из работы ⁽¹⁾

для той же базы. Из рисунка видно, что в нашем опыте, благодаря хорошему разрешению, получено полное отделение нейтронного спектра от γ -квантов. В спектре, полученном в работе ⁽²⁾, такого отделения нет, и поэтому нет уверенности в том, что нейтронный спектр по этой причине не искажен. Отношение пика $E=250$ кэв * к провалу между этим пиком и основным нейтронным спектром (что также характеризует временное разрешение спектрометра) в нашей работе равно 2,32, а в работе

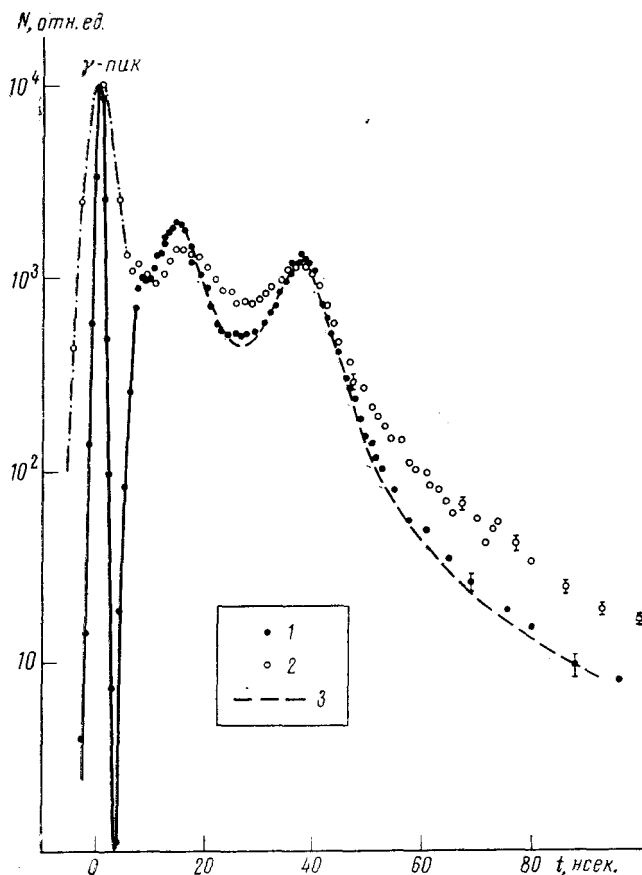


Рис. 2. Спектр нейтронов деления ^{252}Cf для пролетной базы 25 см: 1 — наши экспериментальные точки, 2 — данные ⁽²⁾, 3 — расчет. Сплошная линия показывает пик γ -квантов по нашим данным, штрих-пунктирная — то же по данным ⁽²⁾

⁽²⁾—1,50. Спектр из работы ⁽²⁾ имеет значительно более интенсивную область больших времен пролета, которую авторы связывают с задержанными нейтронами. Мы наблюдали повышение интенсивности в этой области только в контрольных опытах, когда специально ухудшалось временное разрешение или создавались условия для существенного рассеяния нейтронов.

На этом же рис. 2 приведен расчетный максвелловский спектр нейтронов ($T=1,40$ Мэв). Видно, что экспериментальные значения интенсивности спектра из работы ⁽²⁾ в области энергий 50–100 кэв превышают расчетные в 2–3 раза. Наши данные отличаются от расчета не более чем на 10–15%, что удовлетворительно согласуется с результатами работ ^(4, 5).

* Этот пик в экспериментальном нейтронном спектре связан с наличием резонанса в ходе сечения реакции $^6\text{Li}(n, \alpha)$ при $E_n=250$ кэв.

Таким образом, в области низких энергий нейтронов деления ^{252}Cf , где согласно результатам работы ⁽²⁾ особенно велик эффект задержанных нейтронов, нами данное явление не обнаружено. Можно предположить, что эффект, найденный в работе ⁽²⁾, обусловлен недостаточным временным разрешением и влиянием рассеянных нейтронов.

Авторы выражают благодарность М. А. Баку за полезные обсуждения. Н. М. Казаринову, О. И. Батенкову, А. С. Вещикову, В. Т. Тузу, Н. А. Сеньюшкиной, Б. М. Александрову, Л. М. Белову за помощь в работе, Г. Г. Вербицкой за изготовление качественных кристаллов.

Поступило
27 I 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ V. N. Nejedov, A. K. Melnikov, B. J. Starostov, Prompt. Fission Neutron Spectra, IAEA, Vienna, 1972, p. 89. ² В. Н. Нефедов, Б. И. Старостов, Нейтронная физика, Матер. II Всесоюзн. конф., Киев, 1973, ч. 4, Обнинск, 1974, стр. 163. ³ П. П. Дьяченко, В. М. Пиксайкин, А. Лайтан, Ядерная физика, т. 19, № 6, 1212 (1974). ⁴ J. W. Meadows, Phys. Rev., v. 157, № 4, 1076 (1967). ⁵ Л. Еки, Д. Клуге и др., Атомная энергия т. 33, № 3, 784 (1972).