

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

C-325

УДК 539.173. 84

На правах рукописи

СЕРЕГИНА ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА

**Измерения и анализ угловых и энергетических
распределений нейтронов спонтанного деления
калифорния-252**

**Специальность 01.04.16 — физика атомного ядра
и элементарных частиц**

*Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук*

Дубна 1986

Работа выполнена в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Физико-энергетическом институте.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник
ДЬЯЧЕНКО П. П.

Официальные
оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор
ЗАМЯТНИН Ю. С.

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник
ИГНАТЮК А. В.

Ведущая организация: Институт атомной энергии
им. И. В. Курчатова, Москва.

Защита диссертации состоится «2» 04 1987 года
в 11.30 часов на заседании специализированного совета Д 047.01.05
при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций
Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московской
области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан «26» 02 1987 года.

Ученый секретарь
специализированного совета

ТАРАН Ю. В.

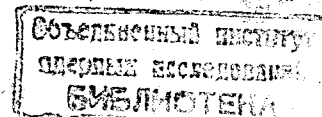
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Нейтроны деления играют исключительную важную роль в осуществлении цепной ядерной реакции. Интенсивное развитие атомной энергетики постоянно повышает требования к точности нейтронных данных для расчета реакторов и стимулирует исследования, посвященные изучению испускания нейтронов при делении атомных ядер. Это явление представляет также несомненный научный интерес, поскольку эмиссия нейтронов деления тесно связана с механизмом релаксации возбужденных сильнодеформированных нейтронно-избыточных ядер-осколков, и его изучение дает уникальную информацию как о свойствах ядер-осколков, так и о физике самого процесса деления атомного ядра.

В настоящее время отсутствует достаточно последовательная теория эмиссии нейтронов деления. Для ее развития необходимы всесторонние экспериментальные данные об этом сложном процессе. Наиболее распространенной моделью, в рамках которой обсуждаются результаты как экспериментальных, так и теоретических работ, является модель изотропного испускания нейтронов деления. Однако эта модель только качественно согласуется с экспериментальными данными. В связи с этим особую актуальность приобретает исследование распределений нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf . Деление этого изотопа происходит из основного состояния, что упрощает теоретическую интерпретацию результатов. Кроме того, данные об угловых и энергетических распределениях нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf представляют самостоятельный интерес как ядерно-физические константы, широко применяемые в нейтронной физике и целом ряде практических задач, связанных с использованием нейтронов.

Цель работы состояла в получении экспериментального материала, необходимого для уточнения ряда важных ядерно-физических констант, а также для воспроизводства полной кинематической картины эмиссии нейтронов деления и для проведения количественной оценки точности описания экспериментальных данных моделью изотропного испускания нейтронов при делении атомных ядер.

Научная новизна. Впервые методом времени пролета с использованием литиевых стекол NE-912 и NE-913 проведены абсо-



лтные измерения интегрального спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf .

Впервые с помощью однокристалльного спектрометра протонов отдачи измерены угловые и энергетические распределения нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в широком диапазоне углов и энергий.

По разработанной в диссертации методике впервые восстановлены спектры нейтронов из аппаратурных распределений протонов отдачи для осколков с определенными массами и полными кинетическими энергиями.

Все экспериментальные данные проанализированы в рамках модели изотропного испускания и дана количественная оценка точности этой модели.

Впервые экспериментально показано, что форма энергетических распределений нейтронов в системе координат полностью ускоренного осколка зависит от массы и от полной кинетической энергии этого осколка.

Практическая ценность работы. Результаты абсолютных измерений интегрального спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в области энергий $0,025 \text{ МэВ} \leq E \leq 1,220 \text{ МэВ}$ и результаты измерений спектров нейтронов под разными углами относительно направления разлета осколков деления ^{252}Cf переданы в машинную библиотеку Центра Ядерных данных ГКАЭ для практического использования и международного обмена. Разработанная методика измерения спектров нейтронов в области низких энергий с помощью литиевых стекол NE-912 и NE-913 может быть полностью использована в аналогичных исследованиях других делящихся изотопов. Предложенная в диссертации методика восстановления спектров нейтронов из аппаратурных распределений протонов отдачи дает возможность более широко использовать высокоэффективные однокристалльные спектрометры для измерения энергетических распределений нейтронов, испускаемых в процессе ядерных реакций.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на семинарах лабораторий ФЭИ, на рабочих совещаниях по физике деления (1979 и 1984 г.г.), на 5-ой и 6-ой Всесоюзных конференциях по нейтронной физике (Киев, 1980 и 1983 г.) и на консультативном совещании групп по ядерным стандартам в рамках МАГАТЭ (Гиль, Бельгия, 1984 г.)

Дубликации. По результатам диссертации опубликовано 15 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Содержит 92 страницы машинописного текста, 42 рисунка, 8 таблиц и список литературы из 96 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена программа всесторонних исследований процесса эмиссии нейтронов деления, дано обоснование актуальности темы, приведены новые методические и научные результаты, полученные автором, и сформулированы основные положения, вынесенные на защиту.

Первая глава посвящена экспериментальному изучению интегрального спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в диапазоне низких энергий.

Для измерения энергетического распределения нейтронов деления был использован метод времени пролета (база $30 \pm 0,1 \text{ см}$). Детектором нейтронов служило литиевое стекло NE-912 толщиной $0,95 \text{ см}$ в сочетании с фотоумножителем ФЭУ-30. Для измерения фона от задержанных γ -квантов стекло NE-912 заменяли на стекло NE-913 точно такого же размера, но не чувствительного к нейтронам в исследуемой области энергий. В качестве детектора осколков применялась быстрая ионизационная камера. Эффективность регистрации нейтронов толстым стеклом NE-912 была исследована экспериментально на импульсном электростатическом генераторе ФЭИ относительно тонкого стекла NE-908. При этом эффективность стекла NE-908 (толщина $0,0835 \text{ см}$) рассчитывали методом Монте-Карло.

Обработка экспериментальных данных включала в себя процедуру учета отличия реалистической функции отклика время-пролетного спектрометра от δ -функции. Поправленное соответствующим образом временное распределение затем было преобразовано в энергетическое распределение нейтронов. Сравнение измеренного интегрального спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf с максвелловским распределением с параметрами $\nu = 3,756 \text{ н/дел}$ и $T = 1,42 \text{ МэВ}$ показало, что, за исключением нескольких точек, отклонение экспериментальных данных от соответствующих значений максвелловского распределения не превышает $\pm 5 \%$.

Выполненные в работе измерения являются абсолютными в том смысле, что не проводилось привязки ни к ν , ни к высоко-энергетической части спектра. Единственной опорной величиной, используемой при обработке данных, являлась энергетическая зависимость сечения реакции ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$, которая, как известно, хорошо изучена и является международным стандартом.

Вторая глава посвящена измерению спектров нейтронов деления ${}^{252}\text{Cf}$ под разными углами относительно направления разлета осколков.

Выделение направления движения осколков осуществлялось с помощью шести кремниевых поверхностно-барьерных счетчиков. Детектором нейтронов служил однокристалльный сцинтилляционный спектрометр на основе кристалла стибьена. Для дискриминации γ -квантов использовалась схема $n - \gamma$ -разделения.

Эксперимент был выполнен в два этапа. На первом этапе измеряли спектры для шести углов между направлением вылета нейтронов и линией разлета осколков: 3, 10, 20, 30, 80 и 90° , на втором — для углов: 40, 50, 60, 70, 80 и 90° .

Математическая обработка данных включала в себя преобразование аппаратных распределений в энергетические распределения протонов отдачи и восстановление спектров нейтронов с учетом реалистических функций отклика однокристалльного спектрометра. Для восстановления спектров нейтронов деления из распределений протонов отдачи была разработана методика, в которой привлекалась априорная информация об искомым спектрах. В качестве априорной информации использовали описание спектров нейтронов деления суперпозицией Γ -распределений вида:

$$\varphi(E) = \sum_{k=1}^K A_k E^{\beta_k} \exp(-\beta_k E).$$

Здесь A_k — неизвестные коэффициенты; β_k и β_k — параметры. Для определения коэффициентов A_k применили метод наименьшего направленного расхождения (Тараско, 1984).

В результате обработки экспериментальных данных были получены спектры нейтронов в диапазоне энергий $0,7 \text{ МэВ} \leq E \leq 8,3 \text{ МэВ}$ для десяти углов относительно направления разлета осколков.

Поскольку особый интерес для воссоздания полной кинематической картины эмиссии нейтронов деления представляют спектры нейтронов под углами, близкими к 0 и 90° , то были проведены специальные измерения спектров нейтронов для этих углов в диапазоне

энергий $0,02 \text{ МэВ} \leq E \leq 1 \text{ МэВ}$ методом времени пролета с помощью литиевого стекла NE-912. Таким образом, для углов 3 и 90° были получены спектры нейтронов деления в более широкой области энергий от 0,02 до 8,3 МэВ.

В заключении главы проведено сравнение измеренных спектров с соответствующими данными Баумана и др. (1962) и Батенкова и др. (1960). Отмечается, что полученная в настоящей работе картина углового и энергетического распределения нейтронов спонтанного деления ${}^{252}\text{Cf}$ несколько отличается от установленной ранее и обсуждаются возможные причины расхождений данных для области углов, близких к 0 и 90° .

В третьей главе описана процедура восстановления спектров нейтронов деления для фиксированных осколков из аппаратных распределений, полученных в результате многопараметровых измерений (Пиксайкин и др., 1977); и выполнена количественная оценка точности описания экспериментальных данных моделью изотропного испускания.

Спектры нейтронов деления для фиксированных осколков были восстановлены из аппаратных распределений протонов отдачи с учетом реалистической функции отклика однокристалльного спектрометра по методике, описанной в главе 2. В результате было получено 306 спектров нейтронов в л.с. для осколков с массами от 92 до 160 с шагом 4 ат.ед. и полными кинетическими энергиями от 152 до 216 с шагом 4 МэВ для угла $8,7^\circ$ и такое же количество спектров для угла 90° .

Далее спектры нейтронов для угла $8,7^\circ$ были преобразованы из л.с. в систему координат, связанную с полностью ускоренным осколком (с.п.м.). Эти преобразования были выполнены в несколько этапов, что позволило учесть вклад нейтронов из дополнительного осколка, затем, привлекая экспериментальные спектры нейтронов для угла 90° , получить информацию о нейтронах изотропной компоненты и, наконец, учесть вклад этой компоненты в спектры нейтронов деления в с.п.м.

Достаточно большой набор данных по спектрам нейтронов для фиксированных осколков позволил путем соответствующих преобразований в рамках модели изотропного испускания получить такие характеристики спектров нейтронов деления, как $\bar{\nu}(M_1/M_2)$, $\bar{\nu}(M_1/M_2; E_k)$, $N(E, \theta)$ и $N(E)$. Вполне удовлетворительное согласие полученных зависимостей $\bar{\nu}(M_1/M_2)$ и

$\bar{V}(M_1/M_2; E_K)$ с результатами прямых измерений Ветстоуна (1959) и Далина и др. (1980) свидетельствует в пользу надежности данных многопараметрового эксперимента.

На рис. 1 представлены спектры $N(E, \theta)$ и полученные в настоящей работе (см. вторую главу) результаты прямых измерений спектров нейтронов $N_{\text{эксп}}(E, \theta)$ под разными углами относительно направления разлета осколков. Наиболее заметные различия между спектрами наблюдаются в области углов $40-60^\circ$. Как видно из рис. 2, максимальное расхождение в выходах нейтронов для этих углов составляет 10-15%. Такое поведение отношения $N_{\text{эксп}}(\theta)/N(\theta)$ указывает на возможное наличие анизотропии вылета нейтронов в с.ц.м. Действительно, модельный расчет показал, что, по-видимому, в с.ц.м. существует зависимость выхода нейтронов от угла вылета θ с.ц.м. вида $1 + 0,1 \cos^2 \theta$ с.ц.м. В то же время средние энергии распределений $N(E, \theta)$ и $N_{\text{эксп}}(E, \theta)$ отличаются незначительно. Отношение $E_{\text{эксп}}(\theta)/E(\theta)$ систематически на 1-2% меньше единицы.

Отмеченные выше отклонения распределений $N(E, \theta)$ от результатов прямых измерений проявляются и при сравнении интегрального спектра $N(E)$, полученного преобразованием данных многопараметрового эксперимента, со стандартным спектром нейтронов деления ^{252}Cf . В диапазоне энергий 0,7-8,3 МэВ среднее число нейтронов распределения $N(E)$ на 2,5%, а его средняя энергия на 2,2% больше соответствующих характеристик стандартного спектра.

Для оценки вклада нейтронов изотропной компоненты в интегральный спектр нейтронов деления в области низких энергий были выполнены преобразования данных многопараметрового эксперимента без учета и с учетом нейтронов изотропной компоненты. На рис. 3 приведены результаты этих вычислений и данные прямого эксперимента, описанного в первой главе.

Видно, что учет нейтронов изотропной компоненты существенно улучшает согласие между преобразованным и полученным в прямом эксперименте интегральными спектрами нейтронов деления. При этом доля нейтронов изотропной компоненты составляет примерно 15% от полного числа мгновенных нейтронов деления в диапазоне энергий 0-1,5 МэВ.

В четвертой главе представлены результаты анализа спектров нейтронов деления в с.ц.м.

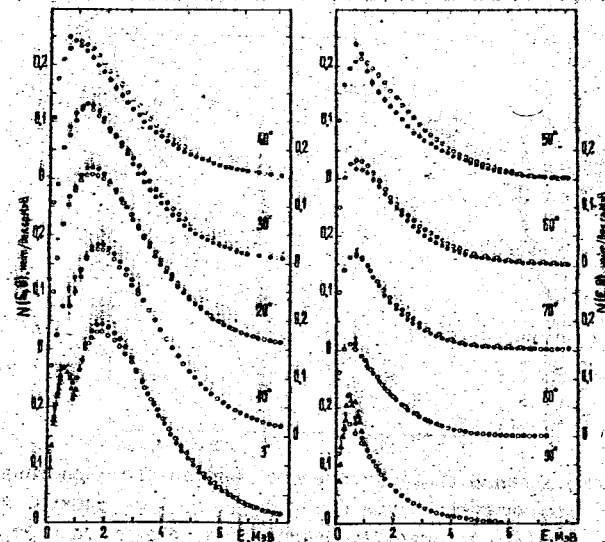


Рис. 1. Экспериментальные энергетические распределения нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf под разными углами к направлению разлета осколков. Точки: \bullet , \blacktriangle - результаты прямых измерений; \circ - результаты, полученные преобразованием данных многопараметрового эксперимента

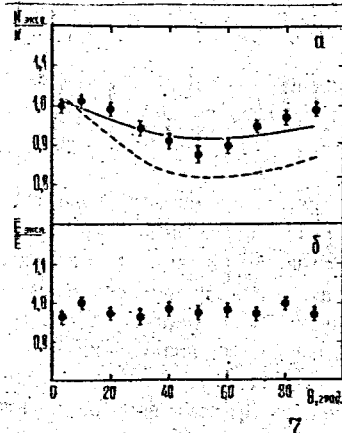


Рис. 2. Отношение выхода нейтронов деления $N_{\text{эксп}}(\theta)$ к выходу нейтронов $N(\theta)$ (a) и отношение средних энергий экспериментальных распределений к средним энергиям распределений, полученным из данных многопараметрового опыта, (\bar{E}) в зависимости от угла эмиссии нейтронов в л.с. Здесь же приведены результаты модельного расчета с коэффициентом анизотропии $\beta=0,1$ (—) и $\beta=0,3$ (---).

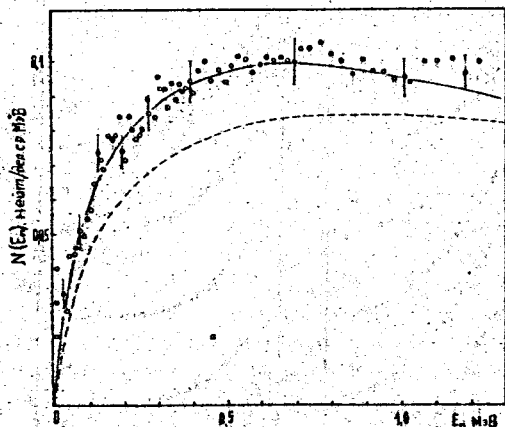


Рис.3. Интегральный спектр нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf . Точки: \circ - результаты прямых измерений; - - - - спектр, полученный из данных многопараметрового опыта, без учета нейтронов изотропной компоненты; — - с учетом этой компоненты

Прежде всего были рассмотрены интегральные и дифференциальные характеристики нейтронов изотропной компоненты. На рис.4 показан интегральный спектр этих нейтронов, который удовлетворительно описывается суммой двух экспонент

$$N'(E) = \text{Const} \sqrt{E} [0,85 \exp(-E/0,65) + 0,11 \exp(-E/1,70)].$$

Экстраполяция спектра $N'(E)$ в область $E < 0,7$ МэВ и $E < 8,1$ МэВ, согласно приведенному выражению, позволила оценить полное число нейтронов изотропной компоненты $\bar{V}' = 0,40 \pm 0,08$ н/дел и их среднюю энергию $\bar{E}' = 1,5 \pm 0,3$ МэВ.

Из результатов исследования нулевого и первого моментов энергетических распределений нейтронов изотропной компоненты в области энергий 0,7-2,5 МэВ (низкоэнергетическая составляющая) и в области энергий 2,5-8,1 МэВ (высокоэнергетическая составляющая) в зависимости от массы и кинетической энергии осколков деления сделаны выводы, что механизм испускания низкоэнергетических нейтронов изотропной компоненты, по-видимому, связан с испарением из неполностью ускоренных осколков. Природа высокоэнергетической составляющей остается неясной. Возможно, что эти нейтроны

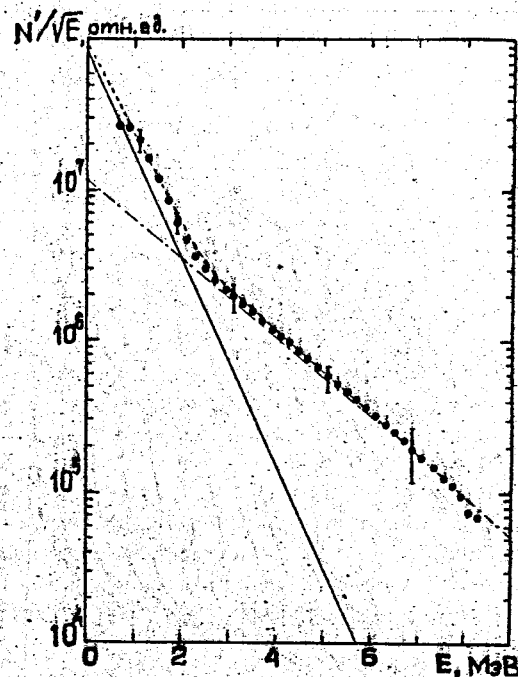


Рис.4. Интегральный спектр нейтронов изотропной компоненты. Условные обозначения: \bullet - эксперимент; — - $0,85 \exp(-E/0,65)$; - - - $0,11 \exp(-E/1,70)$; - · - - - сумма экспонент

обязаны своим происхождением неравновесному механизму испускания на одной из ранних стадий процесса деления.

Далее следует детальный анализ формы энергетических спектров $n(\eta, M, E_K)$ нейтронов деления в системе координат полностью ускоренного осколка (η - кинетическая энергия нейтронов в с.ц.м.). На рис.5 в виде иллюстрации представлены спектры нейтронов для ряда осколков с фиксированными параметрами M и E_K . Нулевой и первый моменты $\bar{V}(M, E_K)$ и $\bar{\eta}(M, E_K)$ энергетических распределений нейтронов вполне удовлетворительно согласуются с данными других авторов. Исследование более высших моментов распределений $n(\eta, M, E_K)$ показало, что форма спектров нейтронов в с.ц.м. зависит от способа деления.

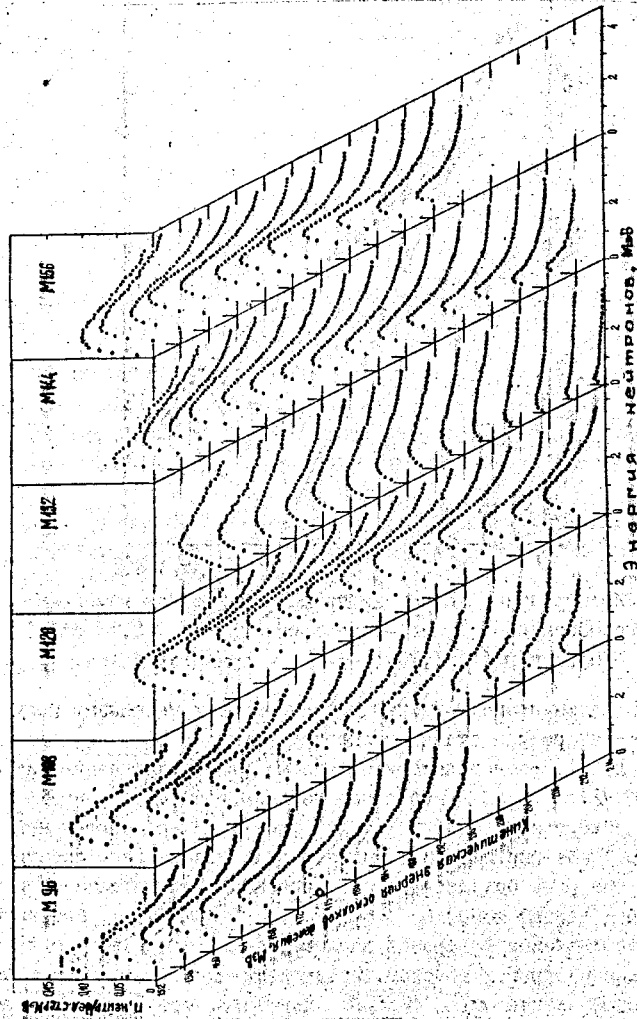


Рис.5. Спектры нейтронов деления в с.ц.м. для осколков с фиксированными значениями масс и полных кинетических энергий

Аппроксимация спектров нейтронов деления в с.ц.м. выражением

$$\Psi(\eta) = \text{Const} \cdot \eta^\alpha \exp(-\eta/T)$$

позволила достаточно простым способом проследить за изменениями формы энергетических распределений в зависимости от M и E_K . Параметры α и T вычисляли по методу наименьших квадратов для каждого спектра нейтронов. На рис.6 приведена величина параметра α , который определяет форму распределений, в зависимости от M и E_K осколков. Видно, что область изменения этого параметра достаточно широка $0,2 \leq \alpha \leq 1$.

Из-за кинематики реакции деления обсуждаемые различия в форме спектров нейтронов деления в с.ц.м. проявляются и в распределениях нейтронов в л.с., измеренных под малыми углами к оси деления. Как видно на рис.1, провал в ходе спектров $N_{\text{экс}}(E, 3^\circ)$ и $N(E, 3^\circ)$ попадает в область $E = 0,9$ МэВ, которая соответствует энергии, приходящейся на один нуклон для среднего легкого осколка. Этот факт указывает на то, что форма среднего спектра нейтронов в с.ц.м. для легкого осколка описывается $\Psi(\eta)$ с $\alpha > 0,5$. Действительно, суммарные спектры нейтронов для легких и тяжелых осколков хорошо аппроксимируются выражениями

$$\Psi_n(\eta) = C_n \eta^{0,6} \exp(-\eta/0,93), \quad \Psi_r(\eta) = C_r \eta^{0,5} \exp(-\eta/0,97),$$

где C_n и C_r - нормировочные константы.

Полученные данные подтверждают результаты работ, выполненных в последние годы в РИ им. Г.В.Хлопина, в которых показано, что при скорости нейтрона, равной скорости осколка, существуют минимумы в распределениях нейтронов для осколков с $M = 98,5$ ат.ед., $M = 117,5$ ат.ед. и $E_K = 175,5$ МэВ. Как видно из рис.6, спектры нейтронов примерно для этих групп осколков имеют параметр α больше 0,5 и, следовательно, обсуждаемые нерегулярности в распределениях нейтронов в л.с. связаны с формой спектров в с.ц.м.

Наблюдаемая экспериментально зависимость формы спектров нейтронов от индивидуальных свойств осколков не противоречит теоретическим представлениям о процессе эмиссии нейтронов деления. Согласно Вайскопфу, вероятность испускания нейтронов с кинетической энергией η из ядра с массой M и энергией возбуждения E в рамках теории испарения имеет вид:

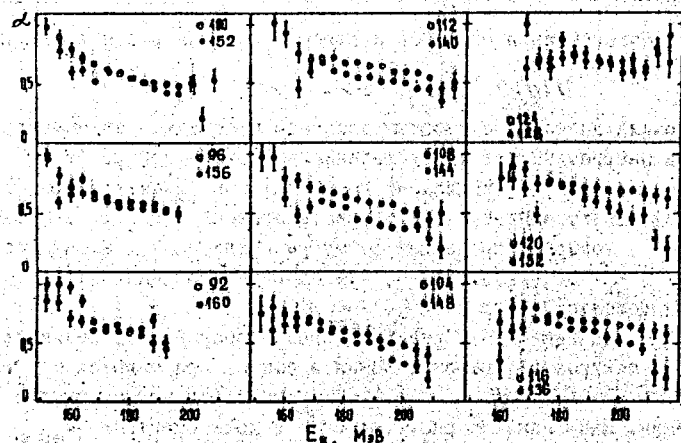


Рис.6. Величина параметра α в зависимости от полной кинетической энергии осколков деления для осколков с фиксированными массами

$$W(\eta, E^*) \sim \sigma_c(\eta, E^*) \eta \exp(-\eta/\tau),$$

где $\sigma_c(\eta, E^*)$ – сечение процесса, обратного испусканию нейтрона. Из приведенного выражения следует, что вид функциональной зависимости σ_c от энергии нейтрона и энергии возбуждения ядра-осколка скорее всего и определяет форму энергетических распределений нейтронов деления.

Сравнение суммарного среднего спектра нейтронов для осколка с $M = 108$ ат.ед. и $E_k = 186,5$ МэВ с теоретическим спектром нейтронов, рассчитанным по методу Хаузера-Фешбаха для этого же осколка (Герасименко, Рубчяна, 1985), показало, что спектры несколько отличаются по форме. Так, средняя энергия экспериментального спектра на 4% больше средней энергии теоретического. Такое расхождение может быть связано с различиями между параметрами плотности уровней, рассчитанными с помощью феноменологического соотношения из работы Игнатюк и др. (1975) и использованными для вычисления теоретических спектров нейтронов деления, и соответствующими параметрами, полученными из экспериментальных данных по спектрам нейтронов деления для отдельных осколков. Действительно,

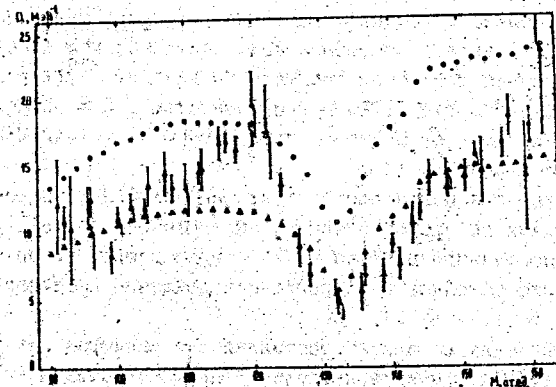


Рис.7. Параметры плотности уровней. Точки: \bullet – результаты настоящей работы; \blacktriangle – данные Лэнга (1964); \circ – расчет с $\alpha = 0,153$; $\beta = -6,1 \cdot 10^{-5}$; $\gamma = 0,054$ (Игнатюк и др., 1975); \triangle – расчет с $\alpha = 0,0931$; $\beta = 0$; $\gamma = 0,064$ (Игнатюк и др., 1979).

как видно из рис.7, параметры плотности уровней $\alpha_f(M)$, извлеченные нами из полученных в настоящей работе данных по спектрам нейтронов деления с использованием выражения из работы Лэнга (1964), отличаются от параметров плотности уровней, рассчитанных с помощью феноменологического соотношения с различными наборами параметров. Следует отметить, что ни одна из имевшихся в настоящее время систематик для вычисления параметров плотности уровней $\alpha(E^*, M, Z)$ не описывает достаточно удовлетворительно зависимость $\alpha_f(M)$ во всем диапазоне рассмотренных масс осколков. Очевидно, что это обстоятельство следует принимать во внимание при подборе параметров плотности уровней для теоретических расчетов дифференциальных спектров нейтронов деления.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы работы:

I. Методом времени пролета впервые проведены абсолютные измерения интегрального и спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf с помощью литиевых стекол NE-912 и NE-913. Эффективность регистрации нейтронов стеклом NE-912

была измерена экспериментально. При обработке аппаратурных данных учитывалась реалистическая функция отклика время-пролетного спектрометра. В результате измерений было получено, что интегральный спектр мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в диапазоне энергий $0,025 \leq E \leq 1,220$ МэВ с точностью $\pm 5\%$ описывается максвелловским распределением с параметрами $T = 1,42$ МэВ и $\bar{V} = 3,756$ н/дел.

2. Впервые с использованием однокристалльного спектрометра протонов отдачи измерены угловые и энергетические распределения нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf для десяти углов между линией разлета осколков и направлением движения нейтронов ($3, 10, 20, \dots, 90^\circ$).

3. Разработана методика восстановления спектров нейтронов деления из аппаратурных распределений протонов отдачи, которая позволяет учитывать реалистическую функцию отклика однокристалльного спектрометра нейтронов и получать результаты, устойчивые относительно статистических флуктуаций аппаратурных распределений.

4. С учетом реалистической функции отклика однокристалльного спектрометра восстановлены спектры нейтронов деления в л.с. для 306 фиксированных осколков для угла $8,7^\circ$ и такое же количество спектров для угла 90° .

5. В рамках модели изотропного испускания получена кинематическая картина эмиссии нейтронов, которая позволяет определять практически любые характеристики спектров нейтронов деления в л.с.

6. На основе сравнения характеристик нейтронов деления, извлеченных из результатов многопараметрового эксперимента, с данными прямых измерений, были сделаны следующие выводы:

а) модель изотропного испускания описывает экспериментальные данные по угловым и энергетическим распределениям нейтронов деления ^{252}Cf с точностью примерно 10% ;

б) согласие между результатами прямых экспериментов и результатами, полученными преобразованием данных многопараметрового опыта, можно улучшить, если предположить наличие анизотропии эмиссии нейтронов в с.ц.м. вида $1 + 0,1 \cos^2 \theta$ с.ц.м.;

в) нейтроны изотропной компоненты составляют значительную долю в интегральном спектре нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf

в диапазоне низких энергий (15% в области $0 < E < 1,5$ МэВ).

7. Спектры нейтронов изотропной компоненты быстропадающие и удовлетворительно аппроксимируются суперпозицией двух максвелловских распределений с разными температурами. Низкотемпературную часть спектра, по-видимому, составляют нейтроны (7% от \bar{V}), испаряющиеся из осколков до их полного ускорения. Природа остальных (3% от \bar{V}) нейтронов пока остается неясной.

8. Исследована форма энергетических распределений нейтронов делений в системе координат движущегося осколка. Показано, что форма дифференциальных спектров нейтронов деления в с.ц.м. зависит от массы и полной кинетической энергии осколков. Полученные данные не противоречат испарительной модели эмиссии нейтронов, если предположить, что сечение обратного процесса зависит как от энергии нейтронов, так и от энергии возбуждения осколков деления.

9. Из экспериментальных данных по $\bar{V}(M)$ и $\bar{E}(M)$ извлечены параметры плотности уровней ядер-осколков и проведено их сравнение с параметрами плотности уровней, вычисленными на основе имеющихся систематик.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Дьяченко П.П., Пиксайкин В.М., Лайтай А., Семенова Н.Н., Серёгина Е.А., Куцаева Л.С. Поиски задержанных нейтронов с малыми энергиями для спонтанного деления калифорния-252. - Ядерная физика, 1977, т.25, вып.3, с.495-498.
2. Дьяченко П.П., Серёгина Е.А. Способ изготовления кремниевого поверхностно-барьерного детектора: А.с. 591084 - Б.И., 1980, № 44, с.299.
3. Дьяченко П.П., Казаков Л.Е., Кононов В.Н., Куцаева Л.С., Серёгина Е.А., Полетаев Е.Д., Душин В.Н., Лайтай А. Эффективность регистрации нейтронов литиевыми стеклами. - Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы, 1981, вып.1 (40), с.71-74.
4. Дьяченко П.П., Серёгина Е.А., Тараско М.З. Восстановление спектров нейтронов из аппаратурных распределений протонов отдачи. - Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы, 1981, вып.2 (41), с.18-21.

5. Lajtai A., Dyachenko P.P., Kutsaeva L.S., Kononov V.N., Androsenko P.A., Seregina E.A., Androsenko A.A. An absolute measurement of ^{252}Cf fission neutron spectrum at low energy. - В кн.: Нейтронная физика. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1984, т.2, с.197-212.
6. Lajtai A., Kecskemeti J., Kononov V.N., Poletaev E.D., Bohovko M.V., Kazakov L.E., Timohov V.M., Dyachenko P.P., Kutsaeva L.S., Seregina E.A. Neutron detection efficiency of the thick lithium glass detector. - В кн.: Нейтронная физика. - М.: ЦНИИАтоминформ, 1984, т.4, с.310-322.
7. Серёгина Е.А., Дьяченко П.П., Душин В.Н. Восстановление спектра нейтронов с учетом реалистической функции отклика спектрометра протонов отдачи. - В кн.: Нейтронная физика. М.: ЦНИИАтоминформ, 1984, т.4, с.350-354.
8. Серёгина Е.А., Дьяченко П.П. Многопараметровые исследования процесса эмиссии мгновенных нейтронов спонтанного деления калифорния-252: Препринт ФЭИ-1625, Обнинск, 1984.
9. Kononov V.N., Poletaev E.D., Bohovko M.V., Kazakov L.E., Timohov V.M., Dyachenko P.P., Kutsaeva L.S., Seregina E.A., Lajtai A., Kecskemeti J. Neutron detection efficiency of a thick lithium glass detector. - Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 1985, A234, p.361-366.
10. Серёгина Е.А., Дьяченко П.П. Угловые и энергетические распределения нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf . - Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы, 1985, вып. I, с.58-65.
11. Lajtai A., Kecskemeti J., Kononov V.N., Poletaev E.D., Bohovko M.V., Kazakov L.E., Timohov V.M., Dyachenko P.P., Kutsaeva L.S., Seregina E.A. Determination of the neutron detection efficiency of a thick ^6Li -glass detector by measurement and by Monte-Carlo calculation. - Nuclear Standard Reference Data. IAEA-TECDOC-335, Vienna, 1985, p.122-129.
12. Дьяченко П.П., Серёгина Е.А., Куцаева Л.С., Лайтай А. Абсолютные измерения спектра мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в области низких энергий. - Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы, 1985, вып.3, с.3-12.
13. Серёгина Е.А., Дьяченко П.П. Многопараметровые исследования процесса эмиссии мгновенных нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf , - Ядерная физика, 1985, т.42, вып.6(12), с.1337-1344.
14. Дьяченко П.П., Серёгина Е.А., Куцаева Л.С., Лайтай А. Абсолютные измерения спектра нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в диапазоне энергий 0,020 - 1,220 МэВ. - Атомная энергия, 1986, т.60, вып.1, с.65-66.
15. Серёгина Е.А., Дьяченко П.П., Серёгин А.А. Спектры нейтронов спонтанного деления ^{252}Cf в с.ц.м. - Ядерная физика, 1986, т.43, вып.5.

Сер