

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ p -РЕЗОНАНСОВ В ДЕЛЕНИИ ^{235}U НЕЙТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ $1 \div 136$ ЭВ

А.М.Гагарский, С.П.Голосовская, А.Б.Лантев, Г.А.Петров,
А.К.Петухов, Ю.С.Плева, В.Е.Соколов, О.А.Щербаков

Институт ядерной физики им. Б.П.Константинова АН СССР
188350, Гатчина, Ленинградской обл.

Поступила в редакцию 8 мая 1991 г.

Впервые измерена P -четная "вперед-назад" асимметрия разлета осколков деления ^{235}U относительно направления импульса нейтронов. Обнаружены обусловленные p -резонансами нерегулярности в ходе энергетической зависимости коэффициента асимметрии α_{nf}^{fb} . Определены эффективные параметры наиболее сильных p -резонансов.

1. Интенсивные исследования различных эффектов нарушения пространственной четности, а также, обсуждения возможностей поиска эффектов T -неинвариантности вблизи слабых нейтронных p -резонансов в сложных ядрах $^{1-3}$, в последнее время привлекли пристальное внимание к их свойствам. Однако для тяжелых делящихся ядер параметры и распадные свойства низколежащих ($E_n \ll 1\text{КэВ}$) не наблюдаемых в сечении нейтронных p -резонансов практически не известны.

Предложен и реализован новый метод получения соответствующей информации, который заключается в изучении энергетической зависимости P -четной "вперед-назад" асимметрии осколков деления. Такая асимметрия является результатом интерференции s -, p -компаунд-состояний при захвате медленных нейтронов и имеет особенность в окрестности p -резонанса. В соответствии с работами 1,2 : $W(\theta) = 1 + \alpha_{nf}^{fb}(\vec{p}_n \cdot \vec{p}_f)$, где в случае простого двухуровневого приближения

$$\alpha_{fb}^{nf} \sim Q_{sp} \sqrt{\frac{\Gamma_p^n \Gamma_p^f}{\Gamma_s^n \Gamma_s^f}} \operatorname{Re} \left\{ \frac{E - E_s + \frac{i\Gamma_s}{2}}{E - E_p + \frac{i\Gamma_p}{2}} \exp(i\Delta\varphi_{sp}) \right\}. \quad (1)$$

В этих выражениях: \vec{p}_n , \vec{p}_f - импульсы нейтронов и легких осколков; $Q_{sp} = \frac{Q(J_s, J_p, j, K, I)}{2J_s + 1}$ - спиновый фактор 1 ; $\Delta\varphi_{sp}$ - разность фаз; $\Gamma_{s,p}^n$ - соответствующие ширины для s -, p -интерферирующих резонансов.

2. Исследования энергетической зависимости коэффициента α_{nf}^{fb} были выполнены на нейтронном пучке время-пролетного спектрометра ГНЕЙС 4 в диапазоне энергий $1 \div 136$ ЭВ с помощью быстрой многосекционной ионизационной камеры, содержащей ~ 2 г ^{235}U . Описание экспериментальной установки и процедуры измерений содержится в работе 5 .

На уровне $\sim 10^{-2}$ были обнаружены нерегулярности в энергетической зависимости коэффициента α_{nf}^{fb} 6,7 , соответствующие теоретическим предсказаниям для окрестностей наиболее сильных ($\Gamma_p^n > \overline{\Gamma}_p^n$) p -волновых нейтронных резонансов (рисунок). Форма нерегулярностей меняется от биполярной до колоколообразной. Средневзвешенное интегральное значение экспериментального эффекта по всему диапазону энергий составило: $\alpha_{nf}^{fb} = -(0,2 \pm 0,8) \cdot 10^{-4}$ (критерий $\chi^2 = 2,55 \pm 0,05$ на одну степень свободы, что свидетельствует о наличии физического эффекта асимметрии α_{nf}^{fb} в

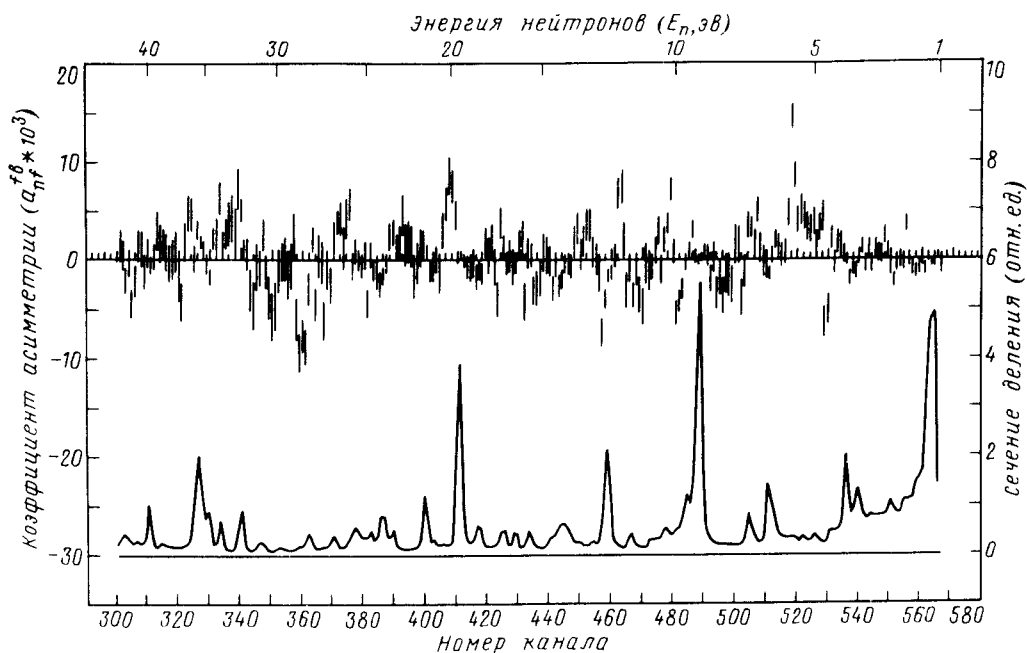
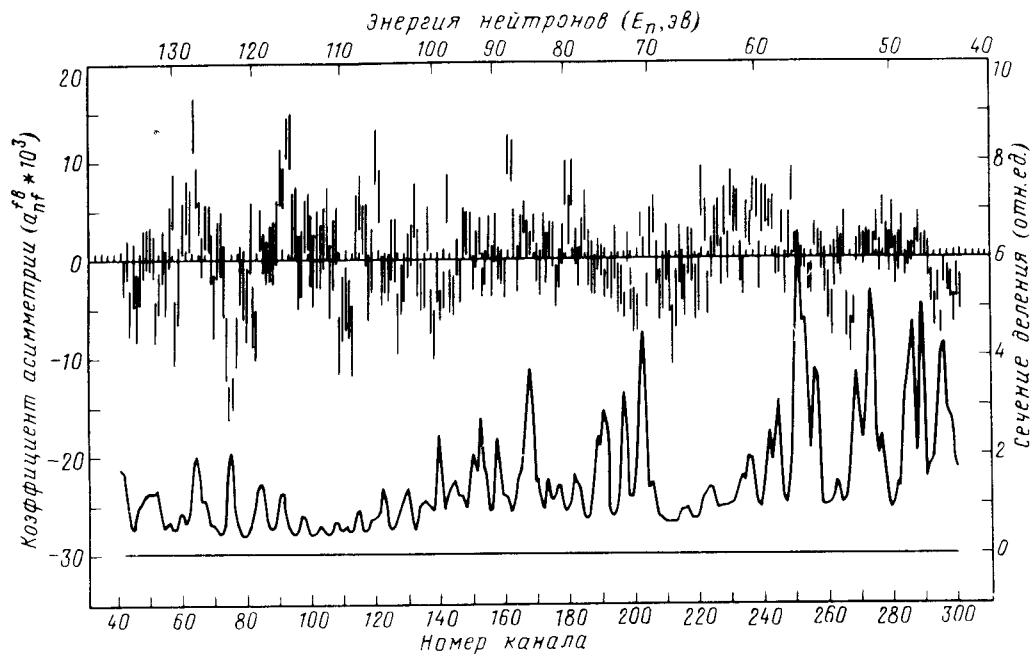


Рис. 1. Энергетическая зависимость коэффициента асимметрии "вперед-назад" $\alpha_{nf}^{fb}(E_n)$ (экспериментальные точки) и сечение деления ^{235}U (кривые)

отдельных энергетических интервалах). Отсюда может быть получена первая оценка относительной вероятности прямого деления ⁸. В предположении, что амплитуды прямого деления, вызванного *s*-, *p*-волновыми нейтронами, отличаются в основном фактором проницаемости центробежного барьера, на 95%-ном уровне достоверности: $(\sigma_f^{\text{прямое}} / \bar{\sigma}_f) \leq 5 \cdot 10^{-2}$.

N	$Q_{sp}^2 \Gamma_p^{n1}$, мэВ	E_p , эВ	Γ_p , мэВ	$\Delta\varphi_s$, рад	χ^2
1	$21,7 \pm 31,9$	$1,70 \pm 0,05$	50 ± 30	$0,8 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,3$
2	$6,4 \pm 1,1$	$5,70 \pm 0,05$	160 ± 30	$2,9 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,2$
3	$1,3 \pm 0,4$	$9,90 \pm 0,05$	130 ± 50	$2,4 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,3$
4	$3,0 \pm 0,9$	$12,9 \pm 0,1$	240 ± 50	$1,9 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,4$
5	$1,2 \pm 0,5$	$20,1 \pm 0,1$	190 ± 50	$1,9 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,3$
6	$0,7 \pm 0,3$	$28,5 \pm 0,2$	300 ± 100	$1,4 \pm 0,4$	$1,5 \pm 0,3$
7	$17,1 \pm 6,9$	$32,05 \pm 0,05$	90 ± 30	$1,9 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,3$
8	$1,1 \pm 0,6$	$36,4 \pm 0,1$	180 ± 80	$2,2 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,3$
9	$3,2 \pm 1,3$	$45,8 \pm 0,1$	190 ± 50	$1,6 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,3$
10	$2,2 \pm 1,0$	$52,8 \pm 0,2$	800 ± 200	$2,3 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,4$
11	$7,5 \pm 3,4$	$70,75 \pm 0,15$	550 ± 150	$2,0 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,4$
12	$2,0 \pm 1,1$	$79,6 \pm 0,1$	200 ± 90	$0,9 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,3$
13	$1,8 \pm 1,3$	$87,35 \pm 0,05$	180 ± 120	$0,2 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,3$
14	$1,9 \pm 1,2$	$115,7 \pm 0,1$	130 ± 60	$0,2 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,3$
15	$5,8 \pm 4,7$	$121,8 \pm 0,1$	130 ± 30	$0,7 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,3$
16	$1,4 \pm 0,8$	$126,8 \pm 0,2$	260 ± 170	$0,8 \pm 0,6$	$1,0 \pm 0,3$

3. Для дальнейшего анализа было выделено 16 характерных особенностей в $\alpha_{nf}^{fb}(E_n)$, где величина эффекта в максимумах составляла приблизительно $3 \div 7$ стандартных отклонений от среднего по всему спектру. Оценка эффективных параметров наиболее сильных p -резонансов была произведена по экспериментальным данным на основе подгонок по МНК упрощенных теоретических выражений типа (1), построенных в предположении интерференции одного p -резонанса и нескольких ближайших к нему s -резонансов с известными параметрами⁹. Результаты такой обработки экспериментальных данных для каждой из 16 выбранных особенностей представлены в таблице. В колонках 2÷5 этой таблицы приводятся полученные эффективные подгоночные параметры: $Q_{sp}^2 \Gamma_p^{n1}$ (Γ_p^{n1} - приведенная нейтронная ширина p -резонанса); E_p ; Γ_p ; $\Delta\varphi_{sp}$. Так как значения величин J_p и K в спиновом факторе не известны, то в дальнейшем предполагается $|Q_{sp}| \sim 1$ ¹. В последней колонке - оценка качества подгонки по критерию χ^2 . Наиболее устойчивыми параметрами подгонки оказались E_p и Γ_p - их значения слабо зависят от числа включенных в рассмотрение s -резонансов. Средние величины эффективных параметров p -резонансов, полученные для 16 выделенных особенностей, имеют следующие значения:

$$\begin{aligned} \overline{(Q_{sp}^2 \Gamma_p^{n1})} &= 5,0 \pm 1,5 \text{ мэВ}; \\ \overline{\Gamma_p} &= 240 \pm 50 \text{ мэВ}; \\ \overline{\Delta\varphi_{sp}} &= 1,5 \pm 0,2 \text{ рад}. \end{aligned}$$

4. Из флуктуаций делительных ширин Γ_p^f , в предположении $\Gamma_p^f = \Gamma_p - \Gamma_\gamma$ ($\Gamma_\gamma = 35$ мэВ - средняя радиационная ширина), была сделана оценка числа ν_p^f эффективных каналов деления ²³⁵U для p -резонансов по формуле Уилетса¹⁰:

$$\nu_p^f = \frac{2(\Gamma_p^f)^2}{(\Gamma_p^f)^2 - (\Gamma_\gamma^f)^2} = 2,4 \pm 1,6. \quad (2)$$

Оценка числа степеней свободы ν_p^n для приведенных нейтронных ширин Γ_p^{n1} (в предположении $|Q_{sp}| = 1$) дает результат: $\nu_p^{n1} = 1,4 \pm 1,1$.

Эти оценки близки к аналогичным величинам для известных s -резонансов⁹ в этом же энергетическом интервале:

$$\nu_s^f = 2,1 \pm 0,4; \quad \nu_s^{n0} = 1,5 \pm 0,4.$$

5. Полученная информация важна, как с точки зрения нейтронной спектроскопии тяжелых ядер, так и, в частности, для проведения фундаментальных исследований эффектов нарушения P - и T -инвариантности, для которых ожидается усиление вблизи слабых примесных p -резонансов. В заключение отметим, что в дальнейшем исследовании P -четной асимметрии вида $(\vec{p}_n \cdot \vec{p}_f)$ было бы интересно выполнить также для ^{233}U и ^{239}Pu , повысив при этом достижимую в эксперименте статистическую точность результатов измерений.

Литература

1. Сушко О.П., Фламбаум В.В. УФН, 1982, 136, 4.
2. Bunakov V.E., Gudkov V.P. Nucl. Phys., 1983, A401, 93.
3. Bunakov V.E., Gudkov V.P. F. Phys. A, 1982, 308, 363.
4. Abrosimov N.K., Boruhovich G.Z. et al. NIM, 1985, 242A, 121.
5. Гагарский А.М., Голосовская С.П. и др. Препринт ЛИЯФ-1634, Ленинград, 1990, 31с.
6. Petrov G.A. et al. Nucl. Phys., 1989, A502, 297.
7. Scherbakov O.A. Preprint LINF-1664, Leningrad, 1990, 20p.
8. Фламбаум В.В. Препринт ИЯФ СО АН СССР 84-119, Новосибирск, 1984, 12с.
9. Mughabghab S.F. Neutron Resonance Parameters and Thermal Cross Section, Academic Press, 1984, v.1, p.B.
10. Wilets L. Phys. Rev. Lett., 1962, 9, 430.