

АНОМАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ УГЛОВОГО МОМЕНТА НА ДЕЛЕНИЕ ЛЕГКИХ ЯДЕР ПРОТОНАМИ И α -ЧАСТИЦАМИ

А.В.Игнатюк, М.Г.Итхис, В.Н.Околович,

Г.Н.Смиренкин, А.С.Тишин

Приведены результаты измерений вероятности деления ядер Po^{210} , Bi^{209} , Bi^{207} , Hg^{198} , Ir^{189} , Os^{186} в реакциях (p, f) и (α, f) . Все шесть пар реакций при низких возбуждениях обнаруживают падение вероятности деления при переходе от протонов к α -частицам вопреки традиционным представлениям о росте делимости с увеличением углового момента. Дана теоретическая интерпретация наблюдаемого аномального эффекта.

Согласно имеющимся экспериментальным данным и теоретическим представлениям [1] вероятность процесса деления является растущей функцией углового момента, переданного ядру бомбардирующими частицами. В работе [2] при исследовании функций возбуждения реакций $\text{Pb}^{206}(\alpha, f)$ и $\text{Bi}^{209}(p, f)$, приводящих к делению ядра Po^{210} , было установлено, что при низких возбуждениях, вопреки этой точке зрения, вероятность деления протонами, которые вносят в 2,5 раза меньший угловой момент, в несколько раз больше. Данный результат не получил удовлетворительной интерпретации и его отнесли к методическим погрешностям [2, 3].

Изучая деление большой группы доактинидных ядер α -частицами [4] и протонами, мы убедились, что отмеченное в работе [2] явление наблюдается систематически. На рис. 1 приведены результаты измерений вероятности деления σ_f/σ_c для шести составных ядер Po^{210} , Bi^{209} , Bi^{207} , Hg^{198} , Ir^{189} , Os^{186} , полученных в реакциях с протонами и α -частицами (σ_f - сечение деления, σ_c - сечение образования составного ядра). Можно видеть, что традиционные представления о росте делимости с увеличением углового момента имеют место только при достаточно высоких энергиях возбуждения, тогда как в области энергий близких к барьеру деления наблюдается обратная зависимость. Эксперимент был выполнен на изохронном циклотроне Алма-Аты с использованием мишеней из разделенных изотопов; методика измерений описана в работе [5].

Анализируя полученные данные, мы убедились, что аномальная зависимость вероятности деления от углового момента отражает особенности поведения параметра K_0^2 , определяющего угловое распределение осколков деления [6]. В рамках статистического описания делительной Γ_f и нейтронной Γ_n ширин, можно представить зависимость отношения этих ширин от углового момента в виде.

$$\frac{\Gamma_f^J}{\Gamma_n^J} = \frac{\Gamma_f^0}{\Gamma_n^0} (2J + 1)^{-1} \sum_{K=-J}^J \exp \left\{ \beta J^2 - \frac{K^2}{2K_0^2} \right\}, \quad (1)$$

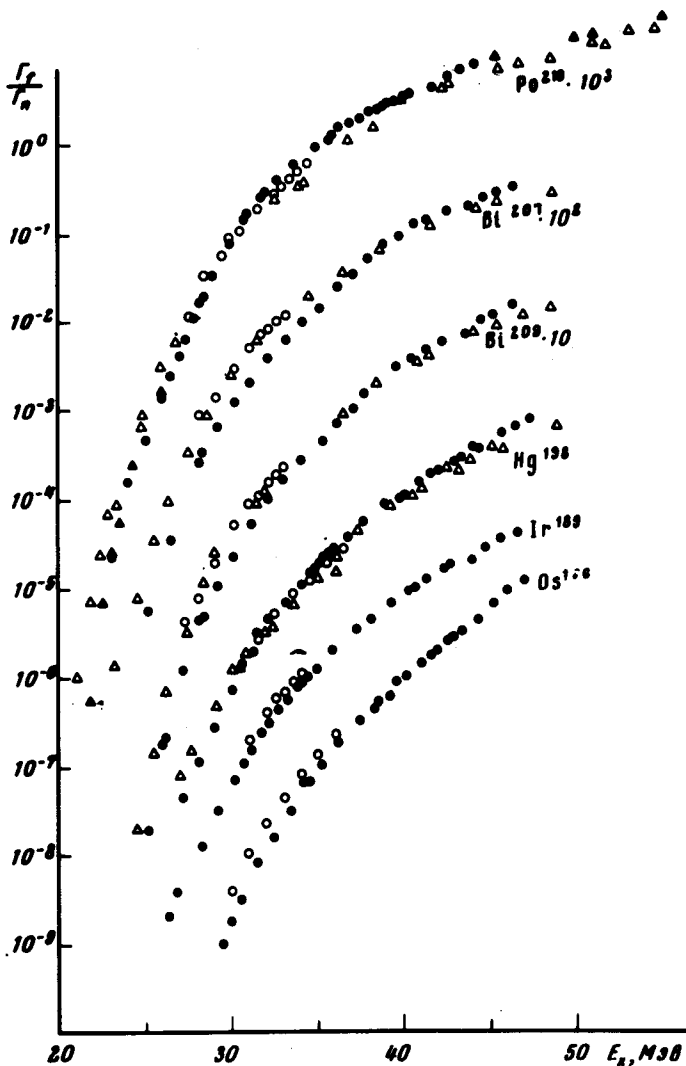


Рис. 1. Зависимость вероятности деления σ_f/σ_c в реакциях (α, f) (темные значки) и (p, f) (светлые значки) от энергии возбуждения составных ядер E_x ($\Delta, \triangle - [1]$; $\bullet, \circ -$ настоящая работа)

где параметры β и K^2 характеризуют распределение углового момента J и его проекции K на ось деления: $\beta = 1/2(1/F_n t_n - 1/F_{\perp} t_f)$; $K^2 = t_f F_{\parallel} F_{\perp} (F_{\perp} - F_{\parallel})^{-1}$; t_n и F_n — температура и момент инерции остаточного ядра, образующегося в нейтронном канале; t_f — температура делящегося ядра в переходном состоянии, F_{\perp} и F_{\parallel} — соответствующие этому состоянию перпендикулярный и параллельный моменты инерции. Для изучаемых нами ядер с малой делимостью ($\Gamma_n \gg \Gamma_f$) вероятность деления можно записать как

$$\frac{\sigma_f}{\sigma_c} = J_{max}^{-2} \int_0^{J_{max}} 2J \frac{\Gamma_f}{\Gamma_n} dJ = \frac{\Gamma_f^{\circ}}{\Gamma_n^{\circ}} \frac{\sqrt{\pi}}{2p} \int_0^p \frac{e^{qx}}{\sqrt{2x}} \operatorname{erf}(\sqrt{2x}) dx, \quad (2)$$

где $J_{max}^2 = 2J(J+1)$, $p = J_{max}^2 / 4K_0^2$, $q = 4\beta K_0^2$ и суммирование по J и K заменено интегрированием.

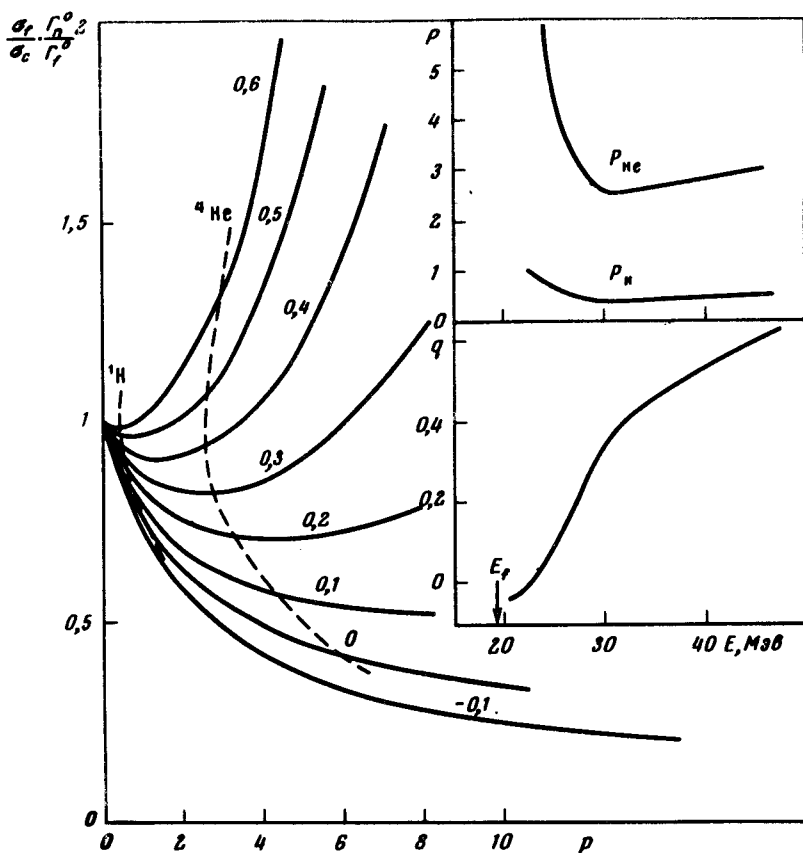


Рис. 2. Зависимость вероятности деления σ_f/σ_c (в единицах Γ_f^0/Γ_n^0) от параметров p и q . Значения параметра q приведены на кривых. Пунктирными кривыми показаны значения параметров, реализующиеся для протонов и α -частиц в ядре Po^{210} . Зависимость их от энергии возбуждения показана на вставке (E_f — высота барьера деления)

Рассчитанная по формуле (2) зависимость отношения σ_f/σ_c от p и q изображена в единицах Γ_f^0/Γ_n^0 на рис. 2. На вставке к рисунку показана зависимость параметров P_{He} и P_H и q от энергии возбуждения делящегося ядра Po^{210} , для построения этих зависимостей использованы результаты работ [4, 5]. Пунктирными кривыми соединены значения параметров, реализующиеся для протонов и α -частиц. Точки пересечения этих кривых с кривыми $q = \text{const}$ позволяют судить о величине $(\sigma_f/\sigma_c)_H$ и $(\sigma_f/\sigma_c)_{He}$ при различных энергиях возбуждения. Традиционно исследуемая область энергий возбуждения [1] соответствует значениям $q \gtrsim 2/3$, и в этой области отношение σ_f/σ_c растет при увеличении углового момента. Однако при переходе к более низким энергиям возбуждения зависимость σ_f/σ_c от углового момента оказывается более сложной, и для малых q мы приходим в область аномального влияния углового момента на вероятность деления.

Таким образом, корректный учет зависимости делительной ширины от углового момента J и его проекции на ось деления K позволяет объяснить все основные черты наблюдающихся на опыте зависимостей (рис. 1). Поведение σ_f/σ_c на рис. 1 примерно одинаково для всех рассмотренных ядер, и этот факт согласуется со слабой зависимостью параметров p и q от нуклонного состава.

Поступила в редакцию
7 декабря 1974 г.

Литература

- [1] Г.А.Пик-Пичак. Физика деления атомных ядер, М., Госатомиздат, 1962, стр. 166; Д.Хойзенга, Р.Ванденбош. Ядерные реакции. М., атомиздат, 1964. т. 2, стр. 51; T. Sikkeland. Phys. Rev., 135, B669, 1964.
 - [2] A. Khadai- Joopari. Rep. UCRL-16489, 1966.
 - [3] E. Gadioli, I. Iori, N. Molho, L. Zetta. Nucl. Phys., A151, 16, 1970.
 - [4] А.В.Игнатюк, М.Г.Иткис, В.Н.Околович, Г.Я.Руськина, Г.Н.Смиренкин, А.С.Тишин. Препринт ФЭИ-469, 1973.
 - [5] М.Г.Иткис, К.Г.Куватов, В.Н.Околович, Г.Я.Руськина, Г.Н.Смиренкин, А.С.Тишин. ЯФ, 16, 258, 1972.
 - [6] I. Halpern, V.M. Strutinski. PUAЕ-2, Geneva, 1958, v. 15, p. 408.
-