

ЭФФЕКТИВНЫЕ МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ ЯДЕР С ПРЕДЕЛЬНО БОЛЬШОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

А.В.Игнатюк, М.Г.Иткис, С.И.Мульгин,
В.Н.Околович, Г.Н.Смиренкин

Измерена угловая анизотропия деления группы ядер от ^{170}Yb до ^{212}At ионами ^3He с энергией от 20 до 60 Мэв. Впервые получены экспериментальные данные об асимптотической величине эффективного момента инерции делящихся ядер в области $Z^2/A \lesssim 35$.

Измерения угловых распределений осколков деления $W(\theta)$ возбужденных ядер позволяют определить величину эффективного момента инерций

$$F_{\text{эфф}} = F_{\parallel} F_{\perp} / (F_{\perp} - F_{\parallel}), \quad (1)$$

где F_{\parallel} , F_{\perp} – соответственно, параллельный и перпендикулярный моменты инерции, делящегося ядра в переходном состоянии (седловой точке). Комбинация F_{\parallel} и F_{\perp} , составляющая эффективный момент инерции, весьма критична к изменениям конфигурации переходного состояния, благодаря чему экспериментальное изучение зависимости $F_{\text{эфф}}$ от нуклонного состава и энергии возбуждения делящегося ядра является чувствительным инструментом для исследования ряда важных черт механизма процесса деления и термодинамики нагретых ядер.

Теоретические предсказания о форме переходных конфигураций делящихся ядер в зависимости $F_{\text{эфф}}$ от Z^2/A были сделаны на основе модели жидкой капли [1]. Как показало исследование оболочечных неоднородностей распределения нуклонов в ядрах [2], условия применимости модели жидкой капли достаточно строго выполняются лишь при энергиях возбуждения

$$U > 40 \div 60 \text{ Мэв}. \quad (2)$$

Единственные экспериментальные данные о $F_{\text{эфф}}$, удовлетворяющие условию (2), получены в реакциях с тяжелыми ионами для области ядер с $Z^2/A \gtrsim 35$ [3]. Они подтверждают предсказываемый теорией монотонный рост $F_{\text{эфф}}^{-1}$ с уменьшением Z^2/A , который отражает увеличение сфероидальных седловых конфигураций тяжелых ядер (актинидов). Такая тенденция сохраняется до тех пор, пока у ядер в переходном состоянии не возникает перетяжка (шейка), чему соответствует довольно резкий излом в зависимости $F_{\text{эфф}}^{-1}(Z^2/A)$ при $Z^2/A \approx 32 \div 33$. В этой области деформация переходных состояний ядер должна быть близка к максимально возможной – гантелеобразной конфигурации разрыва ядер на два осколка. Существование излома в ходе $F_{\text{эфф}}^{-1}(Z^2/A)$ было экспериментально подтверждено нами при изучении деления доактинидных ядер в реакции (α, f) [4]. Однако эти данные были получены при энергии возбуждения ядра в переходном состоянии $U < 25 \text{ Мэв}$, поэтому их

трудно привлекать для количественного сопоставления с предсказаниями модели жидкой капли.

Чтобы восполнить отмеченные пробелы в экспериментальной информации о зависимости $F_{\text{эфф}}(Z^2/A)$, работа [4], начатая с α -частицами, была продолжена с помощью ионов ${}^3\text{He}$, ускоряемых на алма-атинском изохронном циклотроне до 60 Мэв. Это позволило расширить круг исследованных ядер до $Z^2/A \approx 29$ и область возбуждения U до 50 Мэв. Методика измерений и обработки экспериментальных данных описана в [4]. На рис. 1 приведены типичные результаты измерений и их анализа.

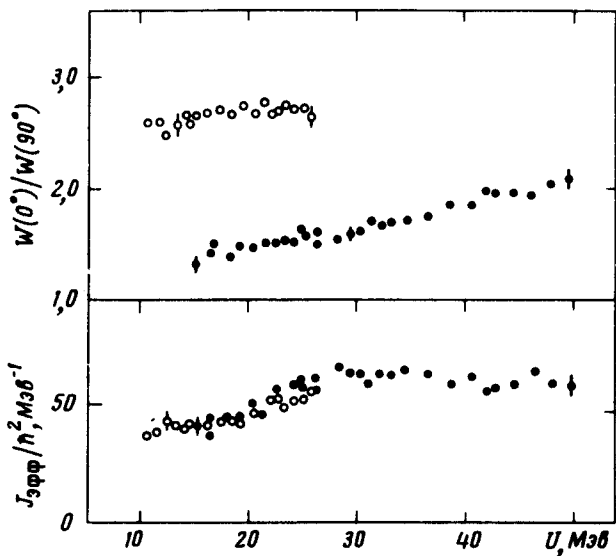


Рис. 1. Зависимость угловой анизотропии $W(0^\circ)/W(90^\circ)$ и эффективного момента инерции $F_{\text{эфф}}$ ядра ${}^{198}\text{Hg}$ от энергии возбуждения в переходном состоянии U ; ● — реакция ${}^{195}\text{Pt}({}^3\text{He}, f)$, ○ — реакция ${}^{194}\text{Pt}(\alpha, f)$ [4].

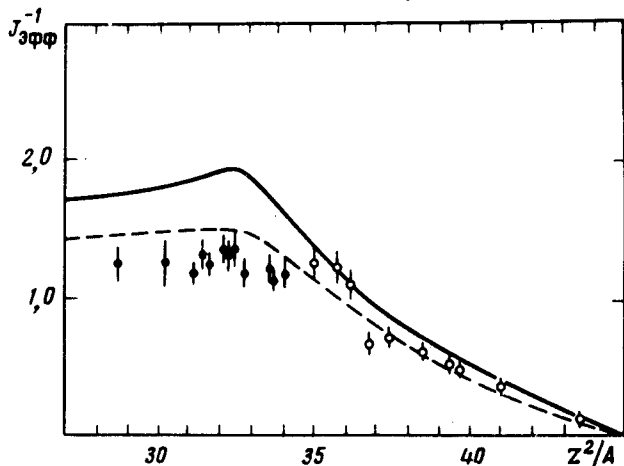


Рис. 2. Зависимость обратного эффективного момента инерции $F_{\text{эфф}}^{-1}$ (в единицах момента инерции равновеликой сферы) от параметра Z^2/A . Кривыми показаны результаты расчетов в модели жидкой капли: — моменты инерции ядра с резким краем [1], - - - с поправкой на диффузность края ядра [3]. Точки: ○ — данные работы [3], и ● — данные настоящей работы для делящихся ядер (в порядке возрастания Z^2/A): ${}^{170}\text{Yb}$, ${}^{181}\text{W}$, ${}^{188}\text{Ir}$, ${}^{193}\text{Pt}$, ${}^{192}\text{Pt}$, ${}^{199}\text{Hg}$, ${}^{198}\text{Hg}$, ${}^{197}\text{Hg}$, ${}^{200}\text{Tl}$, ${}^{209}\text{Po}$, ${}^{210}\text{Po}$, ${}^{212}\text{At}$.

Данные (${}^3\text{He}, f$) – реакции подтверждают обнаруженное ранее в опытах с α -частицами [4] увеличение $F_{\text{эфф}}$ с ростом энергии возбуждения. Наличие достаточно широкого плато в ходе $F_{\text{эфф}}(U)$, при $U > 30 \text{ Мэв}$ свидетельствует, что асимптотическое значение $F_{\text{эфф}}$, которое следует сравнивать с капельной моделью, в данном эксперименте достигнуто. На рис. 2 производится сравнение асимптотических значений $F_{\text{эфф}}^{-1}(U = 40 \div 50 \text{ Мэв})$, полученных в настоящей работе, а также данных работы [3] с теоретическими кривыми. Сплошная кривая взята из работы [1], в которой расчет формы седловых конфигураций был выполнен с учетом диффузности края ядра, а $F_{\text{эфф}}$ – как для твердого тела, т. е. с резкой границей. Пунктиром показаны результаты работы [5], в которой диффузность края ядра была учтена и при вычислении $F_{\text{эфф}}$.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют заключить, что

- 1) пресказания капельной модели экспериментально подтверждены в области предельно больших деформаций переходных состояний ядер;
- 2) учет диффузности края ядра важен не только при определении седловых конфигураций, но и при расчете величины $F_{\text{эфф}}$.

Следует отметить, что при анализе угловой анизотропии деления в данной работе, как и в работе [3], использовалось значение параметра плотности уровней $a = A/8 \text{ Мэв}^{-1}$. Выполненные в последнее время исследования вклада коллективных возбуждений в плотность уровней показали, что более корректной, по-видимому, является величина параметра $a \approx A/11 \text{ Мэв}^{-1}$ [6]. Учет этого обстоятельства увеличит полученные нами экспериментальные значения $F_{\text{эфф}}^{-1}$ на 15 ÷ 20% и значительно улучшит их количественное согласие с теоретической кривой.

Авторы благодарны В.М.Струтинскому за обсуждения, стимулирующие данную работу.

Литература

- [1] В.М. Струтинский. ЯФ, 1, 321, 1965.
- [2] В.М.Струтинский, В.М.Коломиец. Материалы VIII зимней школы ЛИЯФ АН СССР по физике ядра Ленинград, 1973, ч.II, стр. 483.
- [3] С.А.Карамян, И.В.Кузнецов, Ю.А.Музыка и др. ЯФ, 6, 434, 1967.
- [4] А.В.Игнатюк, М.Г.Иткис, В.Н.Околович и др. Препринт ИЯФ АН КазССР П-9, Алма-Ата, 1976; ЯФ, 25, вып. 2, 1977.
- [5] А.И.Блохин, А.В.Игнатюк. Материалы III Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами. Дрезден, 1974, ZfK-271, стр. 164.
- [6] А.И.Блохин, А.В.Игнатюк и др. Препринт ФЭИ-655, Обнинск, 1975.