

Теоретические исследования деления ядер и ядерных реакций

Руководитель: доц., д. ф.-м. н.
Барabanов Алексей Леонидович
Студент: МИКО Сотер

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

28 декабря 2023 г.

- 1 Введение
- 2 Модель BROSA
- 3 Заключение

Барьер деления - Энергия активации, необходимая для того, чтобы ядро атома подверглось делению

MM-RNRM: Multi-Mode Random Neck-rupture Model

процесс первого шанса, и процесс с несколькими шансами

- Если энергия возбуждения ядра мала, и оно делится на два осколка, то это деление первого шанса. Образуются два возбужденных фрагмента F_1, F_2 . Осколки теряют свою энергию, испуская нейтроны и гамма-кванты. [1] В конце концов остаются два продукта деления P_1, P_2 .
- Если энергия возбуждения ядра достаточно высока, то ядро может испустить n нейтронов на первой стадии реакции, m нейтронов в процессе деления, и образуются два возбужденных фрагмента F'_1, F'_2 . $\xrightarrow{\text{испускание частиц}} P_1, P_2$

процесс первого шанса, и процесс с несколькими шансами

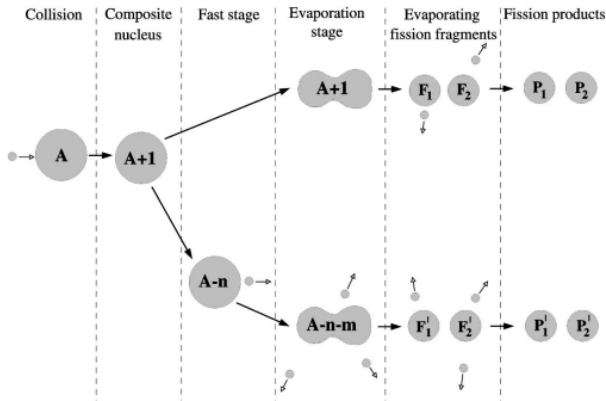


Рис.: Схематический рисунок, иллюстрирующий процесс деления.

- Модель BROSA состоит из двух элементов[2]: многоканальной эволюции к этапу разрыва ядра на осколки и модели случайного разрыва шейки между осколками.
- На этапе разрыва вытянутое ядро состоит из двух предварительно сформированных фрагментов, соединенных шейкой.
- Согласно модели RNRМ (Random Neck Rupture Model) разрыв шейки происходит в случайном месте. В результате образуются два фрагмента деления

Обобщенные формы Лоуренса

Модель BROSA использует обобщенные формы Лоуренса для параметризации деформирующего ядра[3]:

$$\rho^2(\xi) = (l^2 - \xi^2) \sum_{n=0}^N a_n (\xi - z)^n \quad (1)$$

Форма ядра задается формулой, определяющей зависимость параметра ρ от параметра ξ и пятью параметрами[4, 3]:

l - мера удлинения ядра

r - радиус шейки

z - положение самого тонкого места на шейке или самого толстого места, если шейки нет

c - кривизна шейки

s - положение центра масс.

пять степени свободы

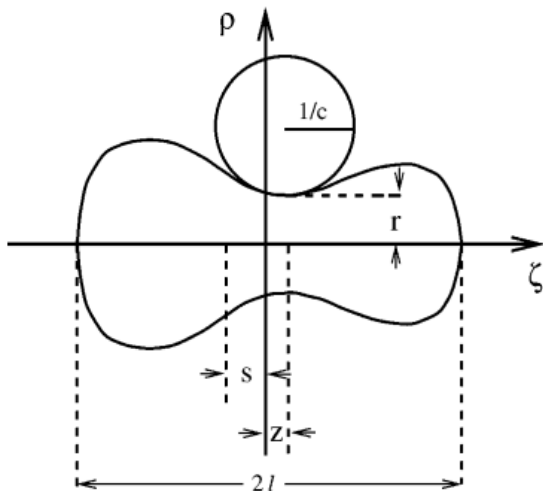


Рис.: Геометрический смысл пяти степеней свободы l , r , z , s , and c .

пять степени свободы

Пять коэффициентов выражены через пять параметров определяющих форму деформированного ядра.

$$\begin{aligned}a_0 &= \frac{r^2}{(l^2 - z^2)}; & a_1 &= \frac{2za_0}{(l^2 - z^2)} \\a_2 &= \frac{rc}{(l^2 - z^2)} + \frac{l^2 + 3z^2}{(l^2 - z^2)^2}a_0 \\a_4 &= \frac{35(l^2 - z^2) - 28l^2rc}{18l^4(l^2 - z^2)} - \frac{63l^4 + 14l^2z^2 + 35z^4}{18l^4(l^2 - z^2)^2}a_0 \\a_3 &= sa_4 + \frac{7s}{3l^2}a_2 - \frac{7}{3l^2}a_1 + \frac{35s}{3l^4}a_0\end{aligned}$$

Примеры

Вот несколько примеров, иллюстрирующих изменение формы ядра при различных значениях параметров степеней свободы.

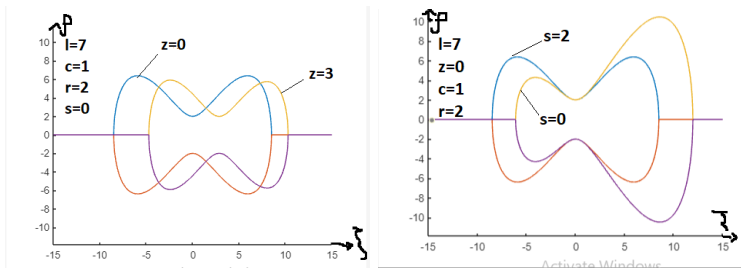


Рис.: Различные формы ядра на пути к делению: симметричный путь(слева) и асимметричный (справа)

- Изменяя значения параметров степеней свободы, мы можем увидеть, как меняется форма деформирующего ядра.
- Изменив значения некоторых параметров степеней свободы, в данном случае 's' (см. рис.3 справа) мы можем увидеть простой пример асимметричного деления ядра.

Заключение

- Изучен ряд современных статей по проблеме деления ядер.
- Выведены формулы для коэффициентов $a_0 — a_4$, входящие в формулу Лоуренса. Эти коэффициенты выражены через 5 параметров, задающих форму деформированного ядра.
- Для некоторых значений параметров, описывающих деформацию ядра, построены формы ядер.

Список литературы

- [1] Peter Möller и др. “Nuclear fission modes and fragment mass asymmetries in a five-dimensional deformation space”. В: *Nature* 409 (2001), с. 785—790.
- [2] Tieshuan Fan и др. “Study of five-dimensional potential-energy surfaces for actinide isotopes by the macroscopic-microscopic method”. В: *EPJ Web Conf.* 146 (2017), с. 04033.
- [3] Peter Möller и др. “Heavy-element fission barriers”. В: *Phys. Rev. C* 79 (6 июнь 2009), с. 064304.
- [4] M. Duijvestijn и Franz-Josef Hamsch. “Mass distributions in nucleon-induced fission at intermediate energies”. В: *Phys. Rev. C* 64 (июнь 2001).

СПАСИБО!!!