

# Ядерные реакции, деление и структурные особенности деформированных ядер

Исполнитель темы

студент группы М23-114

Д. А. Ситьков

Научный руководитель

д-р физ.-мат. наук, доц.

А. Л. Барабанов

НИЯУ «МИФИ»

17 июня 2024 г.



## Реакции ядерного деления (2)

- Расчёт сечений может быть осуществлён в комплексе TALYS.
- При относительно высоких энергиях столкновения, комплекс описывает сечения реакций деления не очень надёжно.
- Сечение деления в реакциях  $^{241}\text{Pu}(n, f)$  и  $^{242}\text{Pu}(n, f)$  рассматривается на энергиях нейтронов до 5 МэВ и 12 МэВ соответственно.
- Исследуется деление компаунд-ядер  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Pu}$ .

# Модель ядерного деления

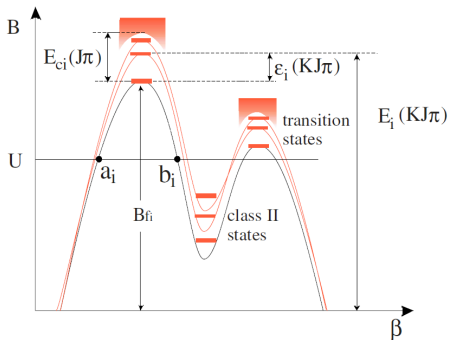


Рисунок 2 — Двугорбый барьер и его параметры [Carote R. et al. RIPL — Reference Input Parameter Library for Calculation of Nuclear Reactions and Nuclear Data Evaluations // Nuclear Data Sheets. — 2009. FIG. 46].

Дискретные барьеры описываются перевернутой параболой:

$$B_i(\beta) = B_{fi} - \frac{1}{2}\mu(\hbar\omega_i)^2(\beta - \beta_i)^2. \quad (1)$$

## Расчёты в комплексе TALYS-1.95

В комплекс TALYS включены шесть моделей плотности уровней:

- модель Гильберта-Камерона;
- модель ферми-газа с обратным смещением;
- **обобщённая сверхтекучая модель;**
- 3 модели, основанные на числовых файлах комбинаторных расчётов.

Изменялись *высоты, ширины барьеров*, а также параметры  $R_{tm}$  и  $K_{rc}$  рассматриваемых компаунд-ядер.

# Сечение деления $^{241}\text{Pu}$ нейтронами

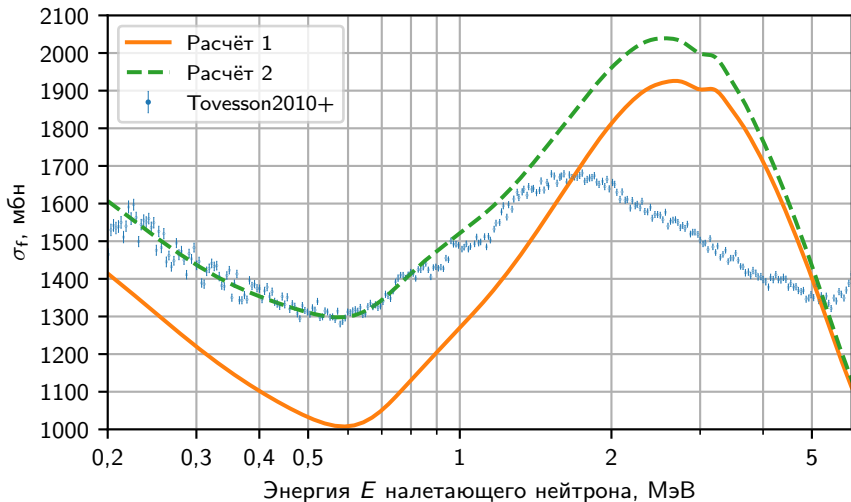


Рисунок 3 — Сечения деления изотопа  $^{241}\text{Pu}$  в зависимости от энергии налетающих нейтронов.

## Сечение деления $^{241}\text{Pu}$ нейтронами (2)

Таблица 1 — Изменённые параметры изотопа  $^{242}\text{Pu}$  для сечения деления в реакции  $^{241}\text{Pu}(n, f)$ . В круглых скобках указаны значения соответствующих величин, установленные по умолчанию, если их значение было подвергнуто изменению.

A	Барьер 1		Барьер 2	
	B, МэВ	$\hbar\omega$ , МэВ	B, МэВ	$\hbar\omega$ , МэВ
242	5.80 (5.85)	1.10 (0.90)	5.05	0.60

# Сечение деления $^{242}\text{Pu}$ нейтронами

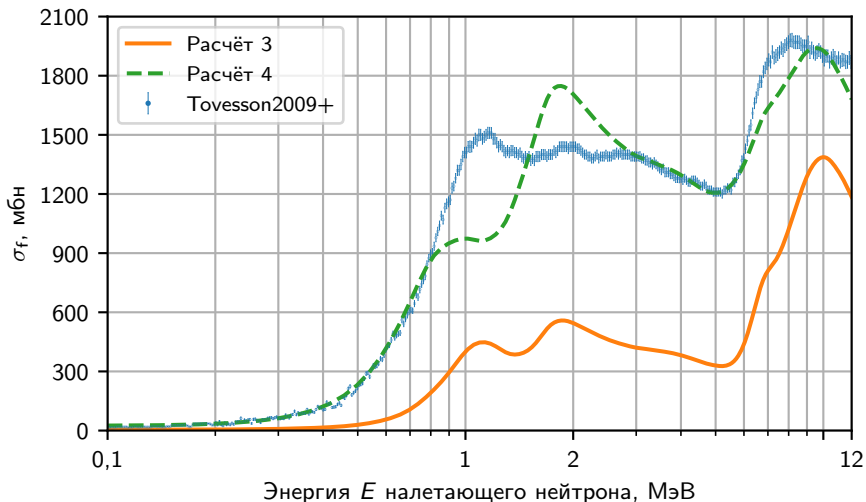


Рисунок 4 — Сечения деления изотопа  $^{242}\text{Pu}$  в зависимости от энергии налетающих нейтронов.



## Сечение деления $^{242}\text{Pu}$ нейтронами (2)

Таблица 2 — Изменённые параметры изотопов  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Pu}$  для сечения деления в реакции  $^{242}\text{Pu}(n, f)$ . Обозначения совпадают с обозначениями таблицы 1.

A	Барьер 1			Барьер 2		
	B, МэВ	$\hbar\omega$ , МэВ	$K_{rc}$	B, МэВ	$\hbar\omega$ , МэВ	$K_{rc}$
242	5.65 (5.85)	1.10 (0.90)	1.0	5.05	0.60	1.0
243	5.77 (6.05)	0.65 (0.70)	2.0 (1.0)	5.55 (5.45)	0.50	8.0 (1.0)

## Заключение

### В ходе работы

- в свёрхтекучей модели были найдены значения параметров компаунд-ядер  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Pu}$ , позволяющие описать ход сечения в диапазоне энергий нейтронов до 1 МэВ в реакции  $^{241}\text{Pu}(n, f)$  и в диапазонах до 0,8 МэВ, от 3 МэВ до 6 МэВ в реакции  $^{242}\text{Pu}(n, f)$ ;
- установлено, что, изменяя лишь рассматриваемые нами параметры ядер, достичь воспроизведения расчётами по комплексу TALYS-1.95 измеренных сечений деления в полных диапазонах рассматриваемых энергий не удаётся.

### В дальнейшем

- планируется продолжить поиск параметров ядер  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Pu}$ , изменение которых приблизит рассчитанные по комплексу TALYS-1.95 кривые сечений к экспериментальным данным.

## Дополнительные слайды

Модель Гильберта-Камерона:

- $\rho^{\text{tot}}(E_x) = \begin{cases} \exp([E_x - E_0]/T), & E_x < E_M, \\ \text{модель ферми-газа}, & E_x > E_M. \end{cases}$
- $E_0, T, E_M$  задаются условиями непрерывности и гладкости и количеством переходных уровней  $N_U - N_L$  с энергиями возбуждения  $E_L < E_x \leq E_U < E_M$ .

Обобщённая сверхтекучая модель:

- $\rho_{\text{GSM}}^{\text{tot}}(E_x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{\exp(S)}{\sqrt{D}}, & U' = U'(E_x) \leq U_c, \\ \text{модель ферми-газа}, & U' \geq U_c. \end{cases}$

## Дополнительные слайды (2)

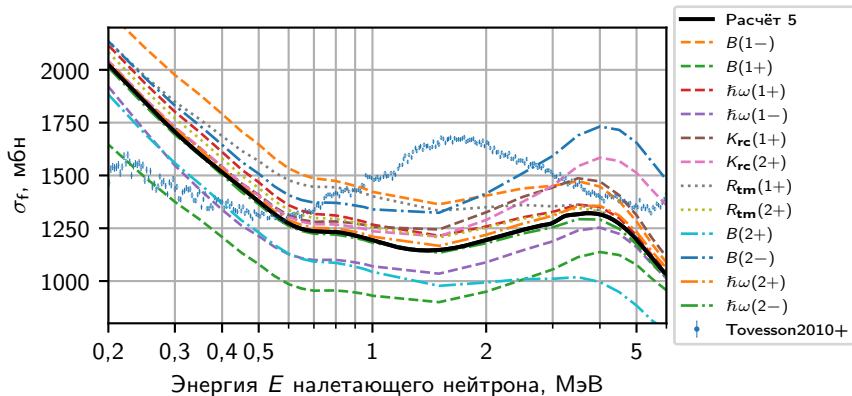


Рисунок 5 — Зависимости сечения деления в реакции  $^{241}\text{Pu}(n, f)$  от энергии налетающего нейтрона, рассчитанные при разных параметрах компаунд-ядра  $^{242}\text{Pu}$  в модели Гильберта-Камерона плотности уровней.