

ОТЧЁТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ И ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР ПРИ
НИЗКИХ И СРЕДНИХ ЭНЕРГИЯХ И ПРОБЛЕМА
ПЛОТНОСТИ ЯДЕРНЫХ УРОВНЕЙ**

Студент

Л. Е. Трофимов

Научный руководитель
д.ф-м.н., проф.

А. Л. Барабанов

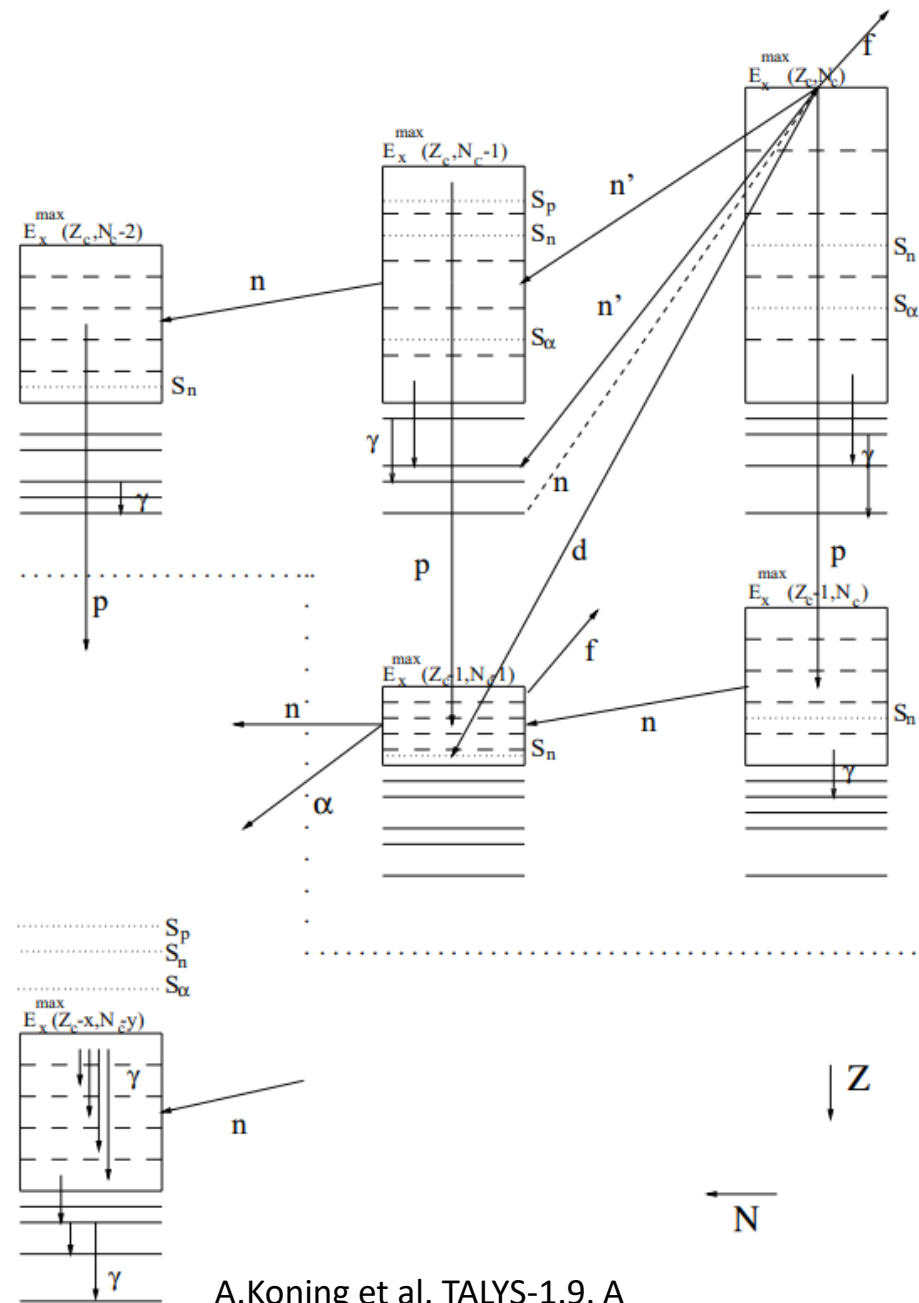
Цель работы

Плотность состояний
атомных ядер

$$\omega(U, M) = \frac{1}{12\sqrt{2g\langle m^2 \rangle}} \frac{\exp\left(2\sqrt{a\left(U - \frac{M^2}{2g\langle m^2 \rangle}\right)}\right)}{\left(U - \frac{M^2}{2g\langle m^2 \rangle}\right)^{3/2}}$$

$g(E_F)$ - плотность одночастичных состояний
вблизи энергии Ферми

$$a = \frac{\pi^2}{6} g(E_F)$$



A.Koning et al. TALYS-1.9. A
nuclear reaction program, 2017.

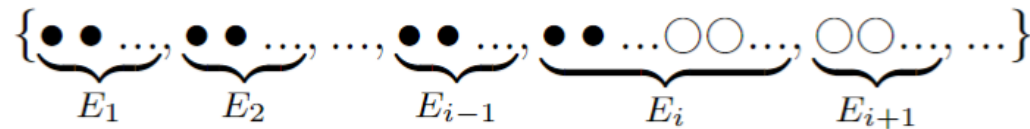
Цель работы

Моделирование возбуждённых состояний, сравнение с теоретическими формулами в модели идеального Ферми-газа. Учёт угловых моментов и чётности.

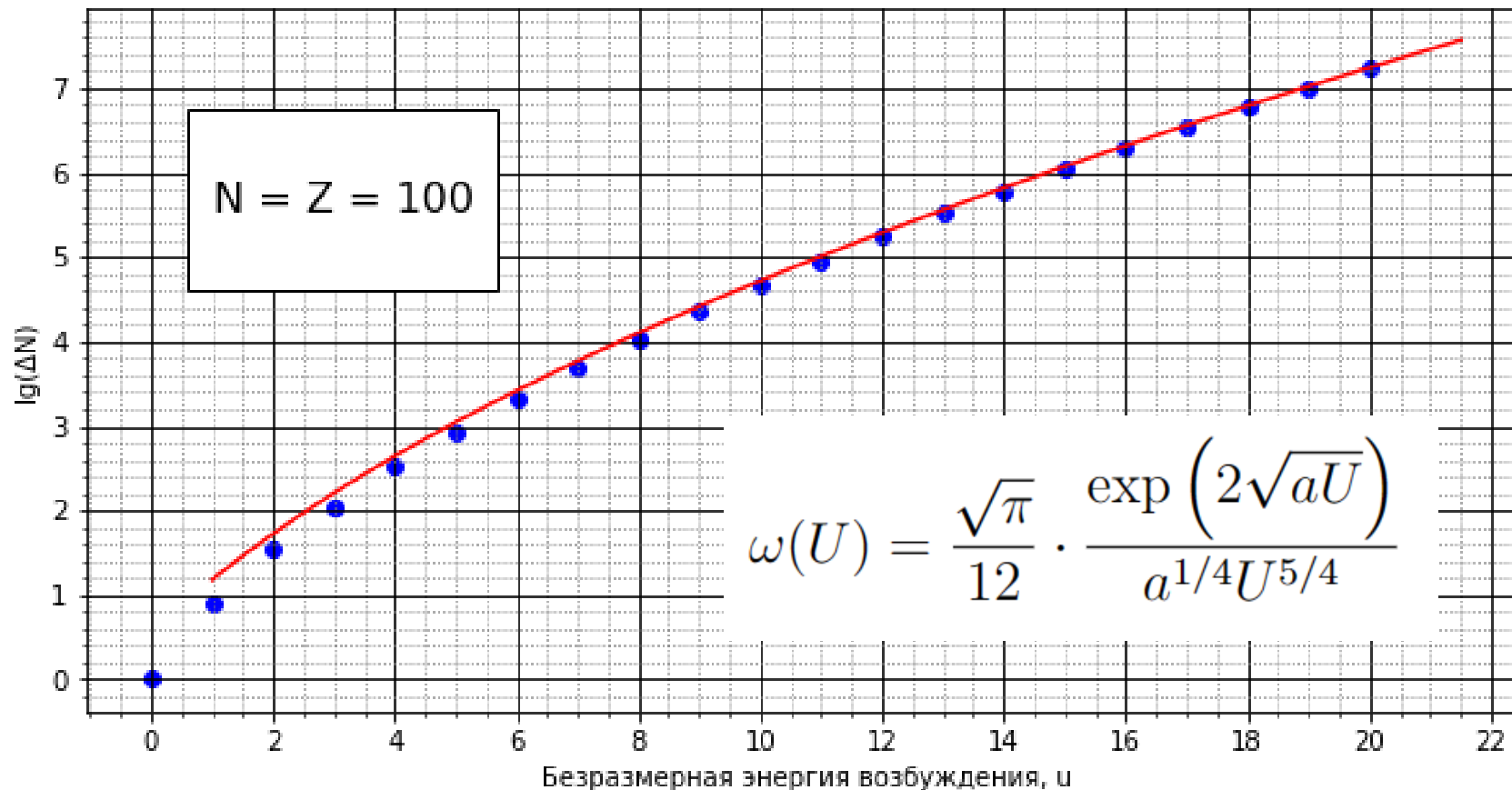
$$\rho(U, I) = \omega(U, M = I) - \omega(U, M = I + 1) \approx -\frac{\partial \omega}{\partial M} \Big|_{M=I+1/2}$$

$$\rho(U, I) \approx \frac{2I + 1}{12} \sqrt{a} \left(\frac{\hbar^2}{2J} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\exp \left(2\sqrt{a} \left(U - \frac{M^2 \hbar^2}{2J} \right) \right)}{\left(U - \frac{M^2 \hbar^2}{2J} \right)^2}$$

Алгоритм перебора состояний



Результаты прошлых семестров



- Основное состояние
- {1, 1, ..., 1, 1, 1, 0, 0, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 1, 1, 0, 1, 0, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 1, 0, 1, 1, 0, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 0, 1, 1, 1, 0, 0, ...}
 - ⋮
 - {1, 0, ..., 1, 1, 1, 1, 0, 0, ...}
 - {0, 1, ..., 1, 1, 1, 1, 0, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 1, 1, 0, 0, 1, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 1, 0, 1, 0, 1, 0, ...}
 - ⋮
 - {0, 1, ..., 1, 1, 1, 0, 1, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 1, 0, 0, 1, 1, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 0, 1, 0, 1, 1, 0, ...}
 - ⋮
 - {0, 1, ..., 1, 1, 0, 1, 1, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 0, 0, 1, 1, 1, 0, ...}
 - ⋮
 - {0, 0, ..., 1, 1, 1, 1, 1, 0, ...}
 - {1, 1, ..., 1, 1, 0, 0, 0, 1, ...}
 - ⋮

Учёт угловых моментов и чётности

$$\omega(U, M) = \frac{1}{12\sqrt{2g\langle m^2 \rangle}} \frac{\exp\left(2\sqrt{a\left(U - \frac{M^2}{2g\langle m^2 \rangle}\right)}\right)}{\left(U - \frac{M^2}{2g\langle m^2 \rangle}\right)^{3/2}}$$

3-мерный осциллятор

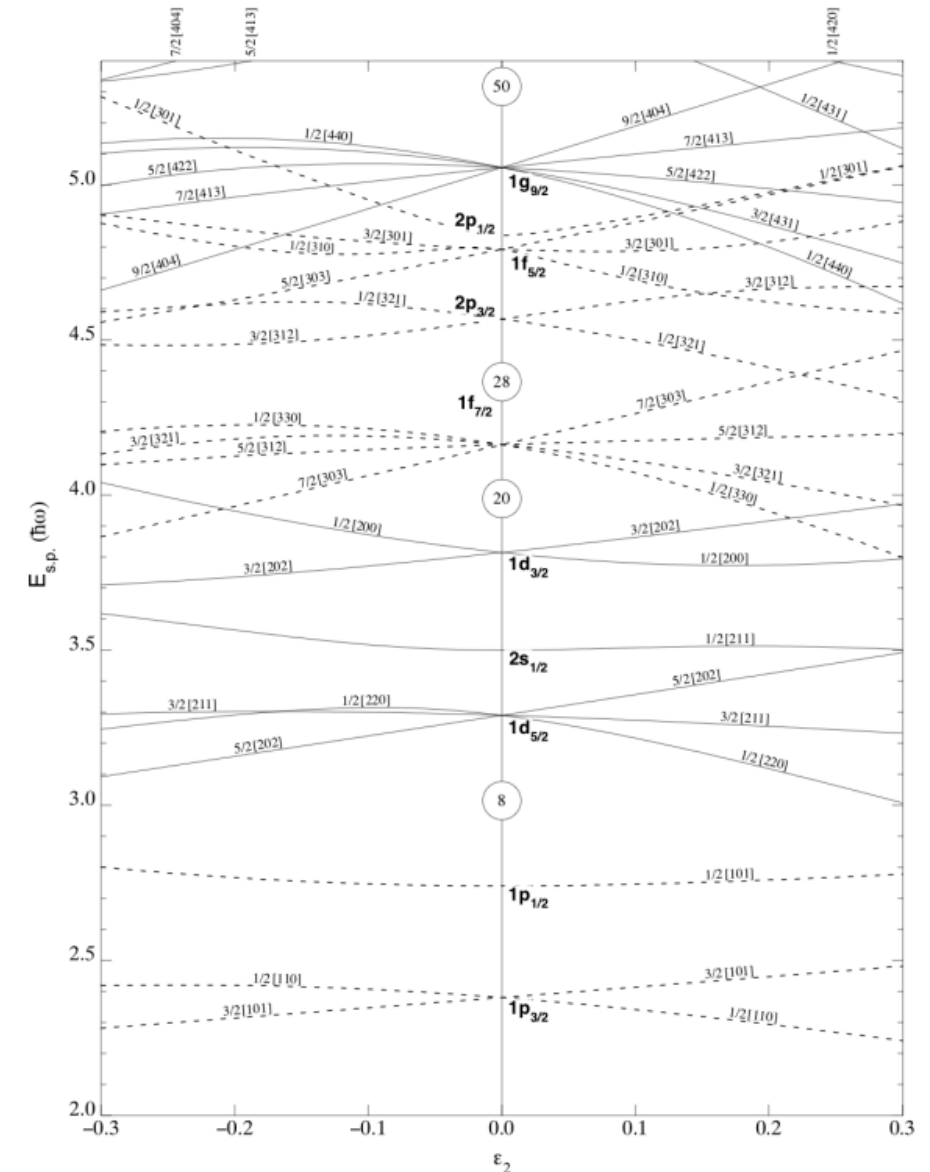
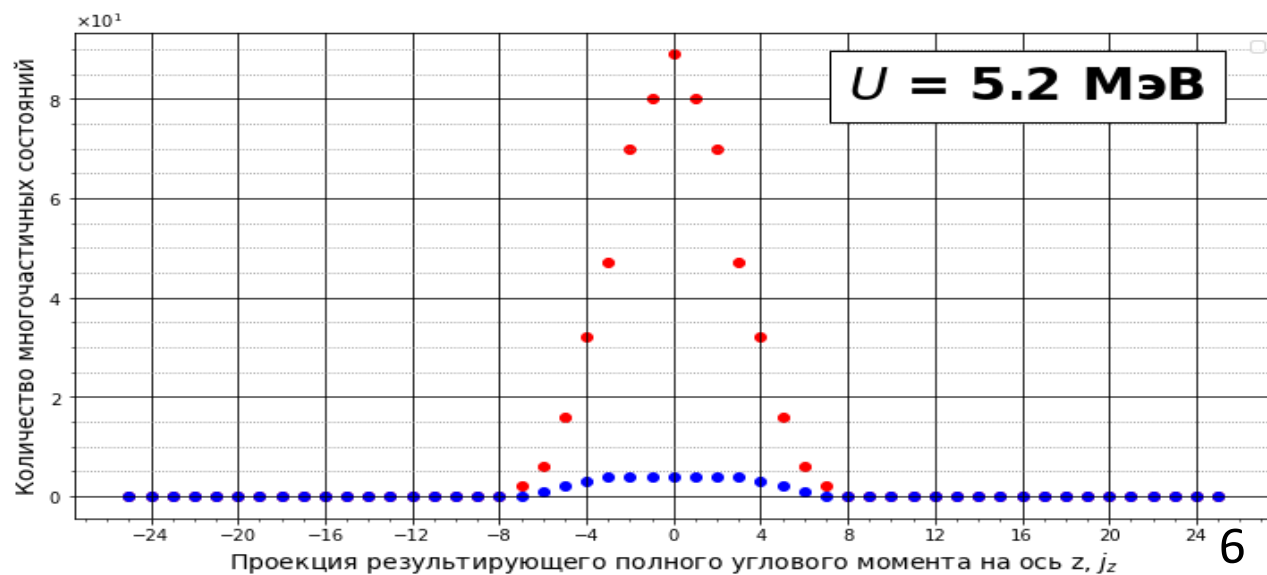
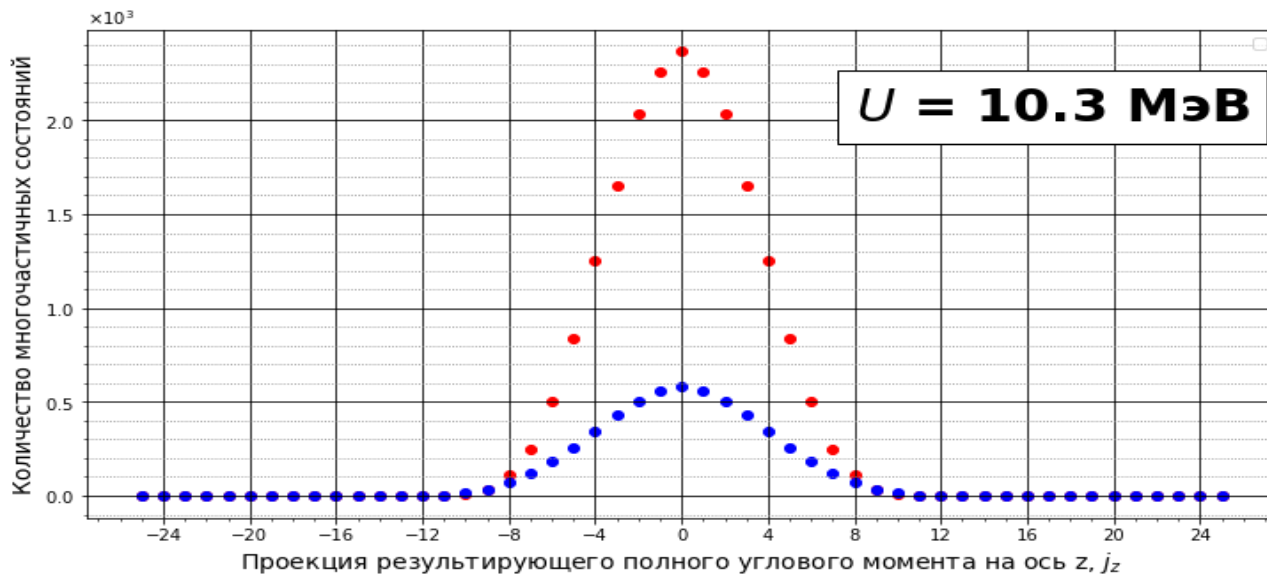
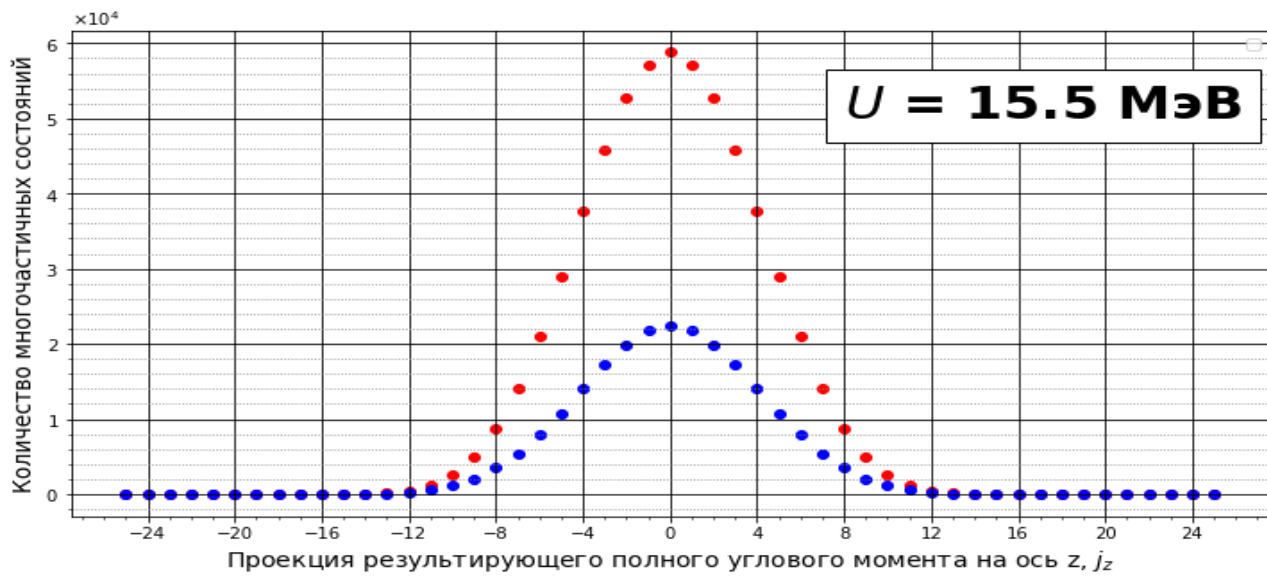
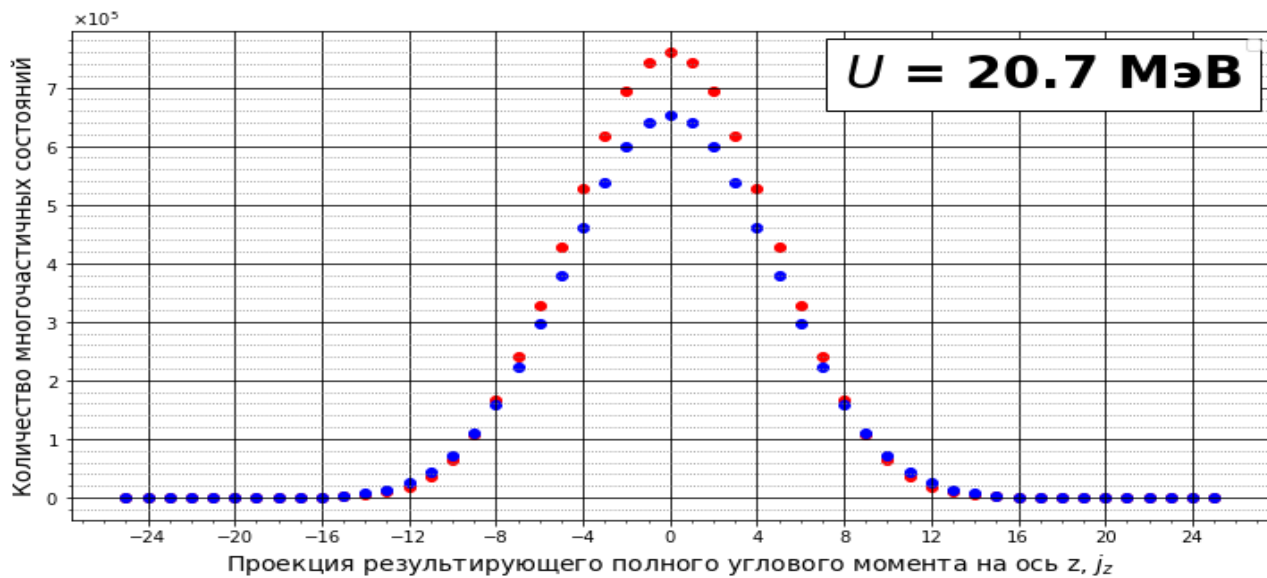
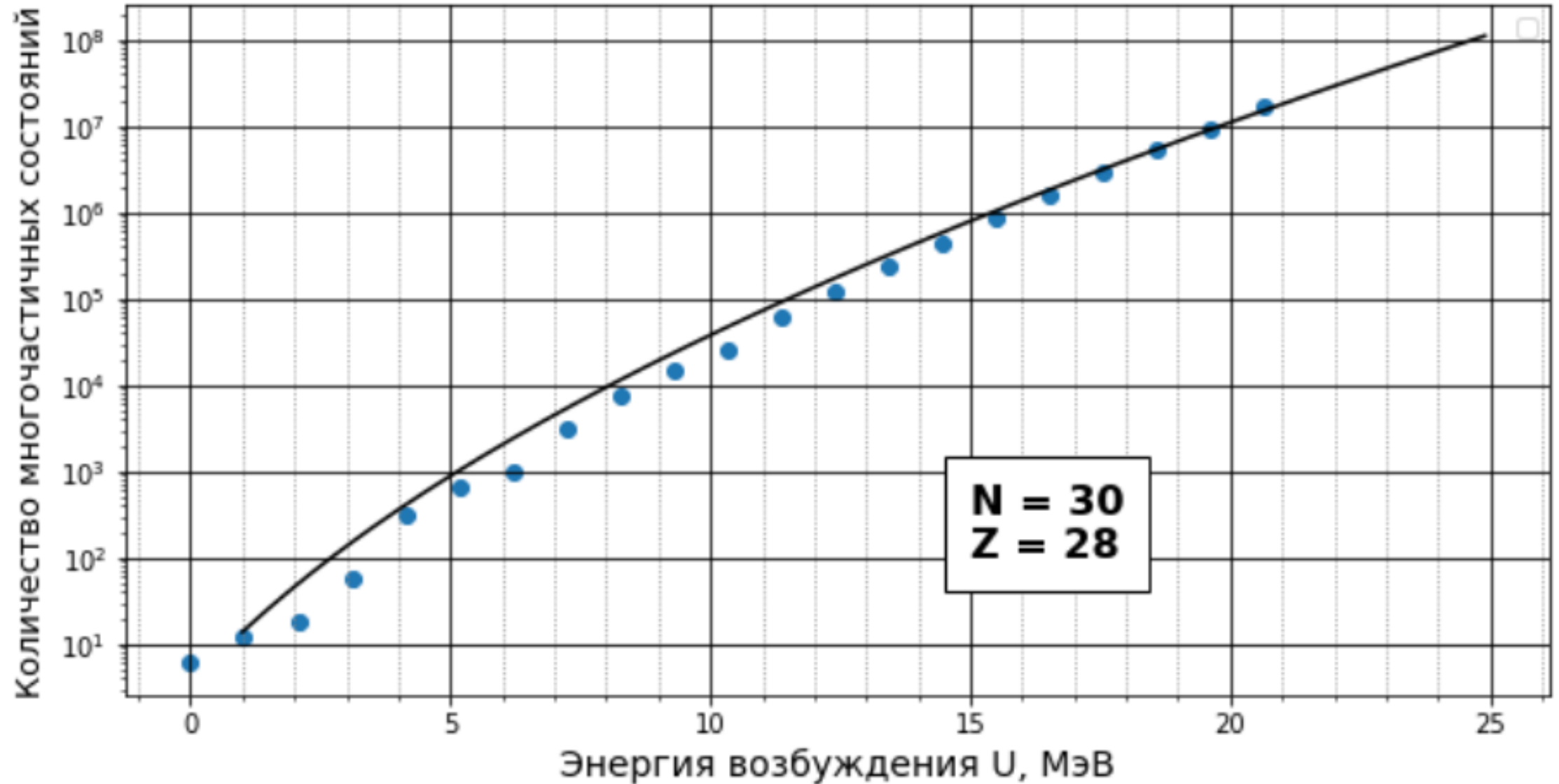


Figure 4. Nilsson diagram for protons or neutrons, Z or $N = 50$ ($\epsilon_4 = 0$).

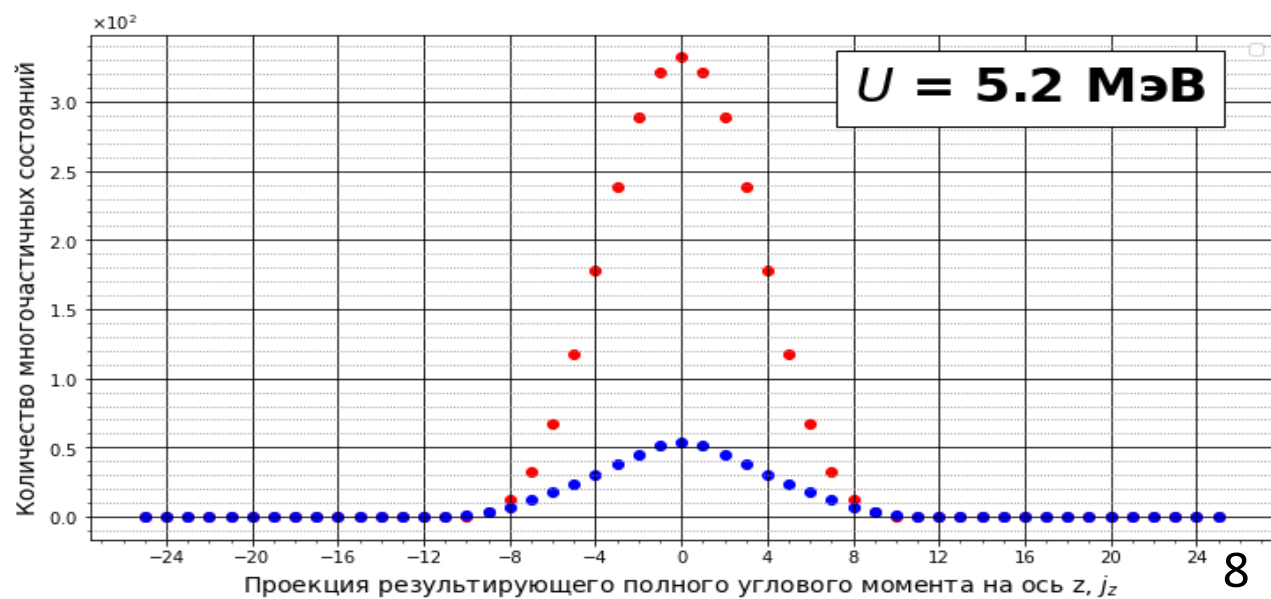
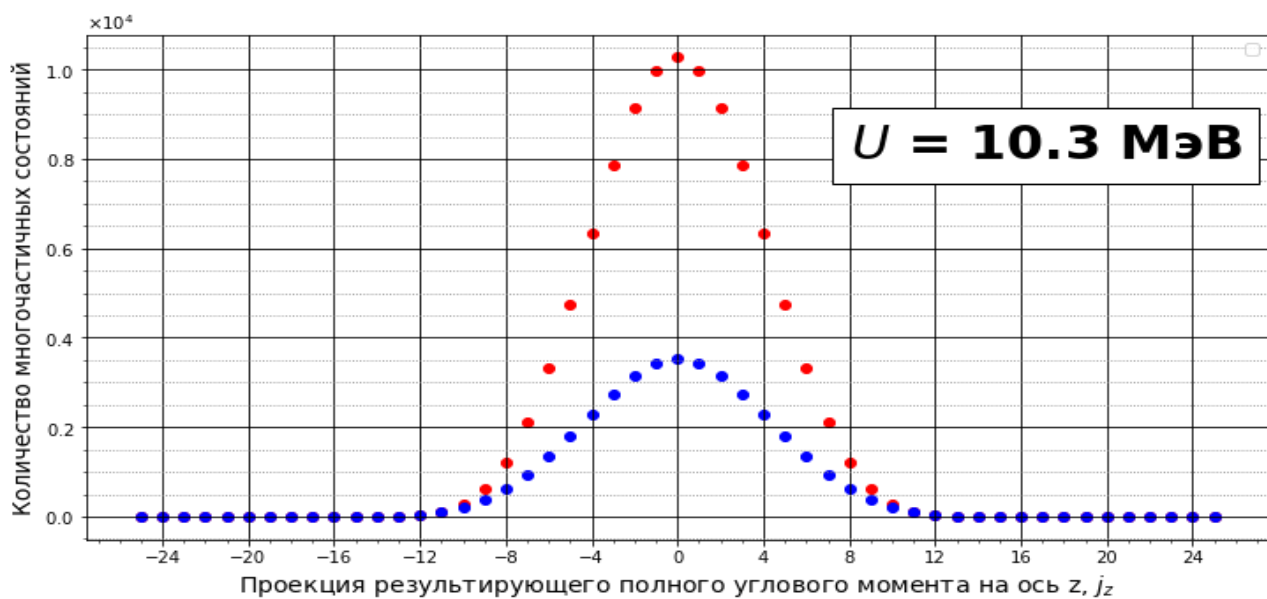
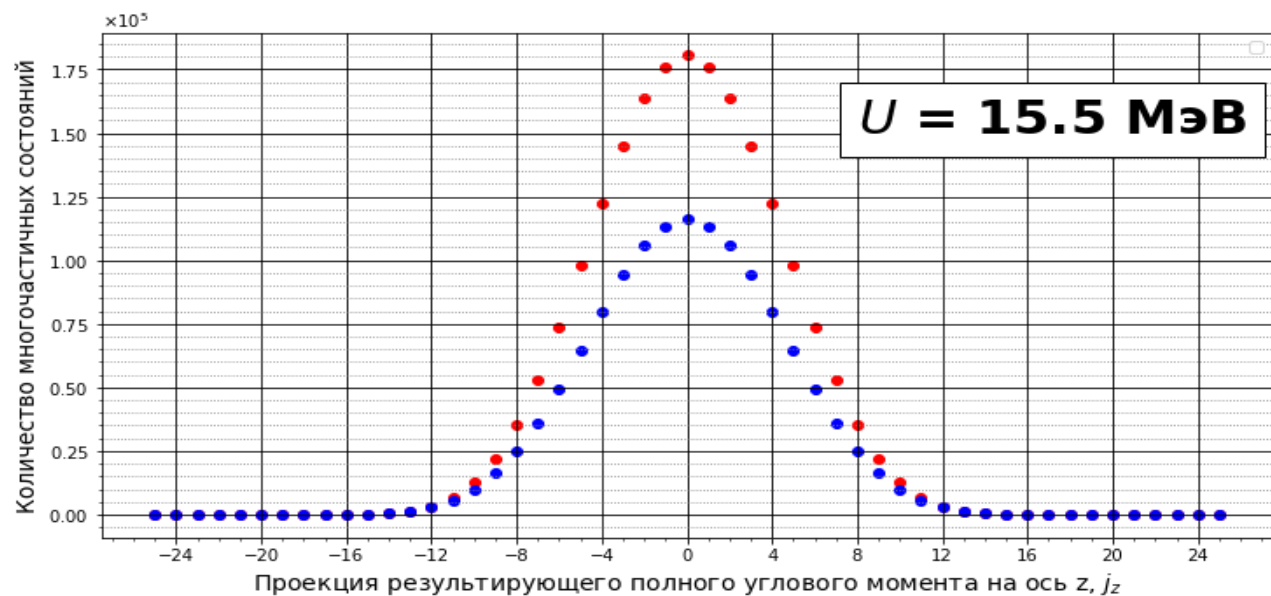
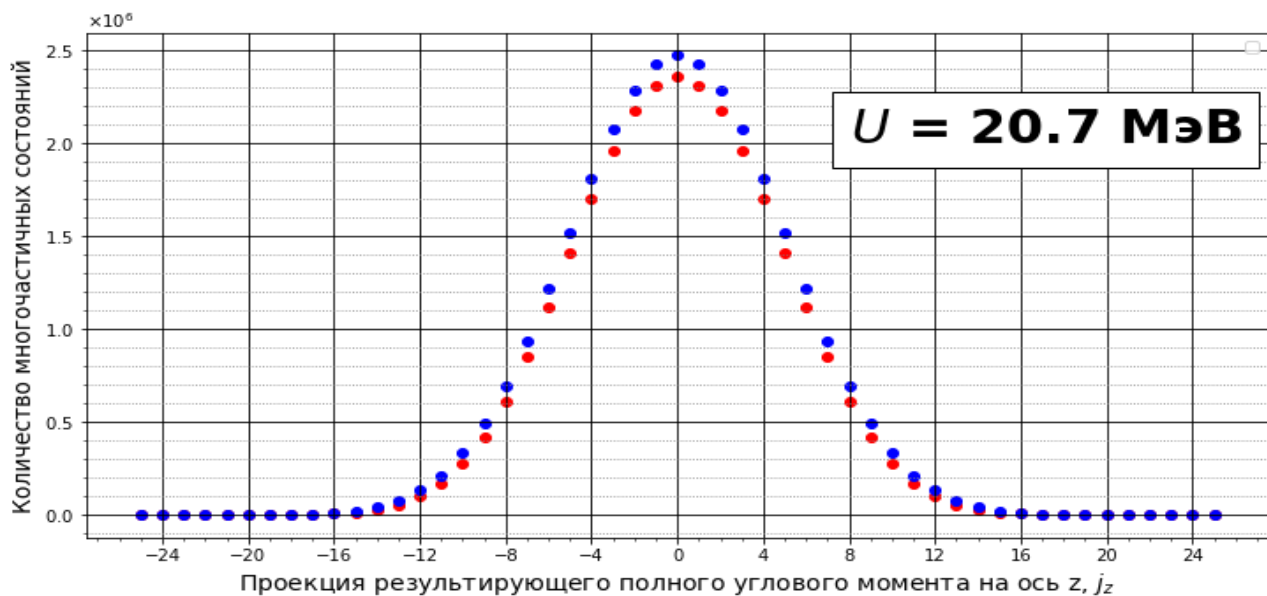
Результаты для $Z = 28$, $N = 30$ (^{58}Ni)



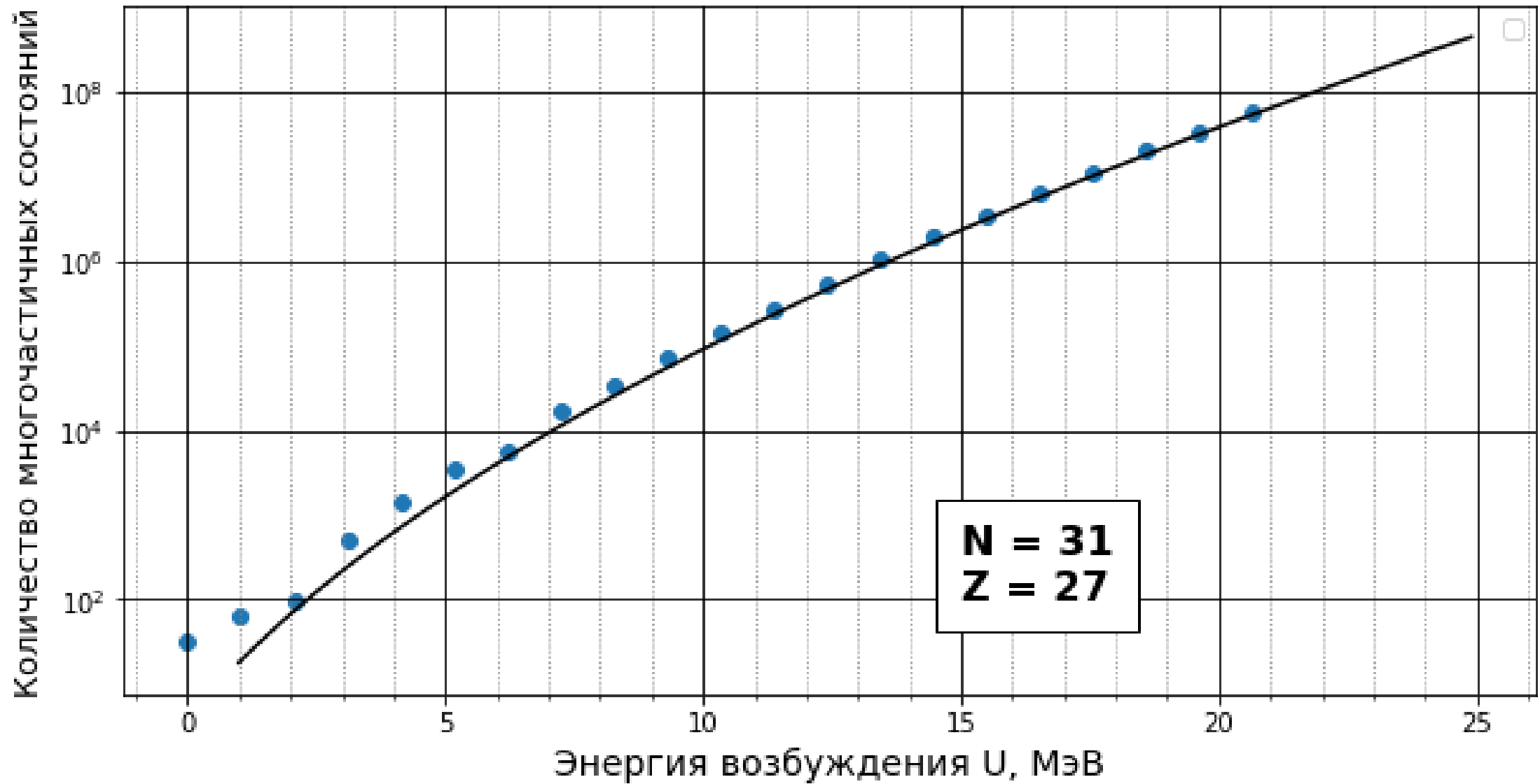
Сравнение с моделью Ферми-газа



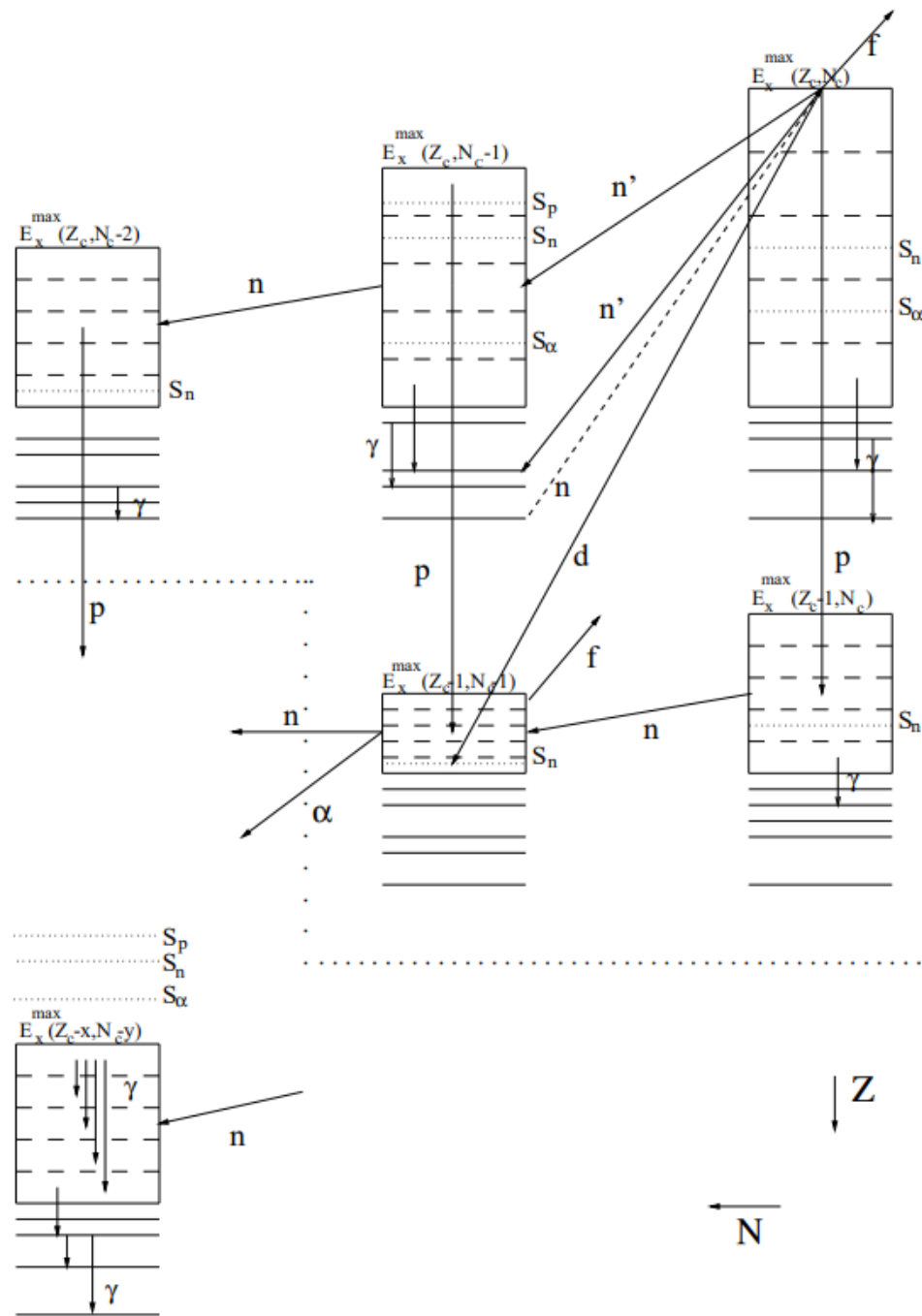
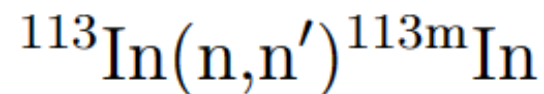
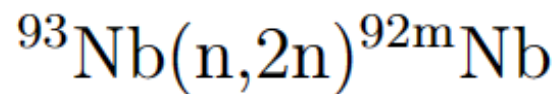
Результаты для $Z = 27, N = 31$ (^{58}Co)



Сравнение с моделью Ферми-газа. ^{58}Co



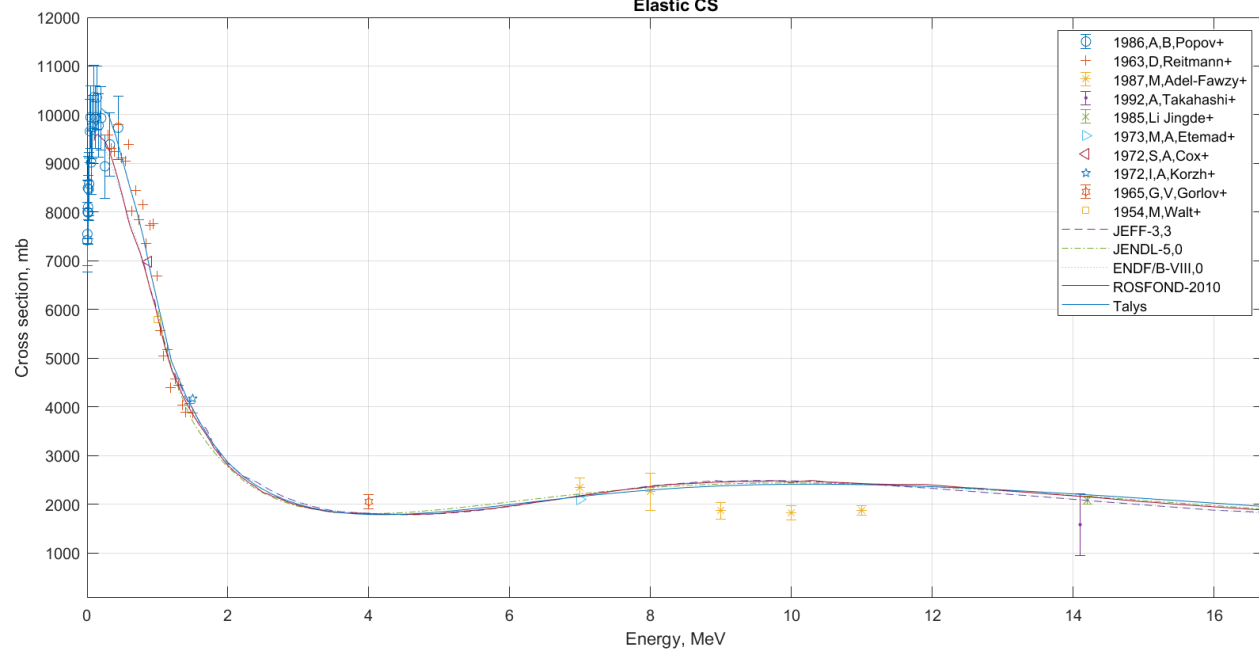
Моделирование ядерных реакций в программном комплексе Talys



Elastic: $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92}\text{Nb}$

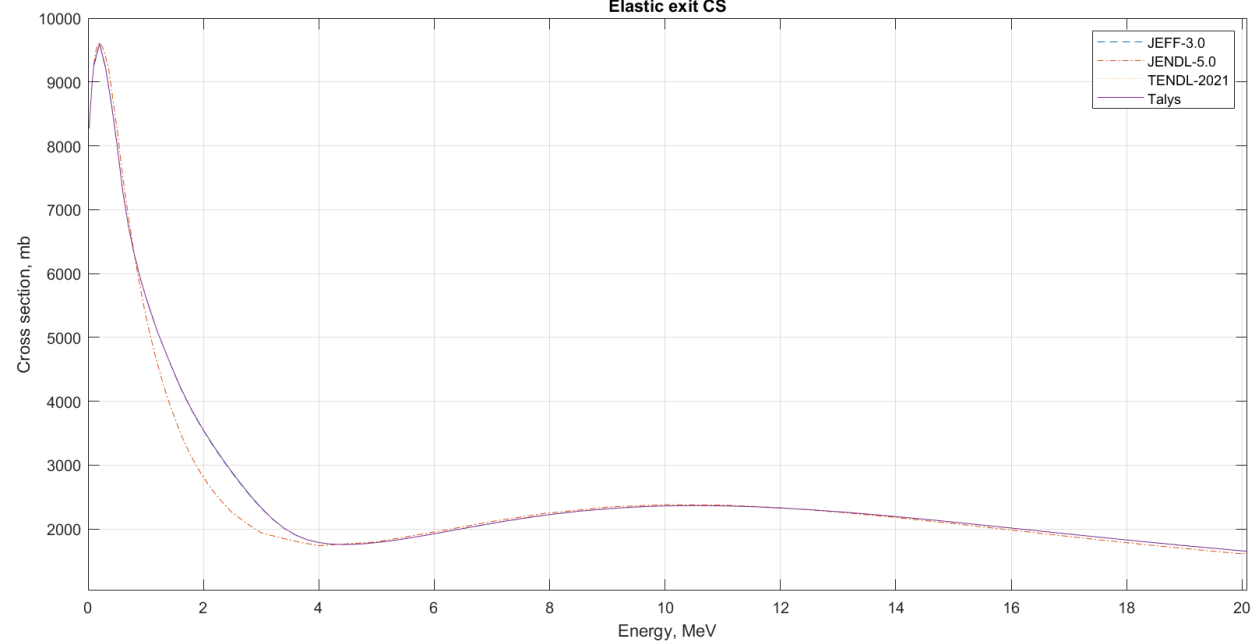
Entrance

Elastic CS



Exit

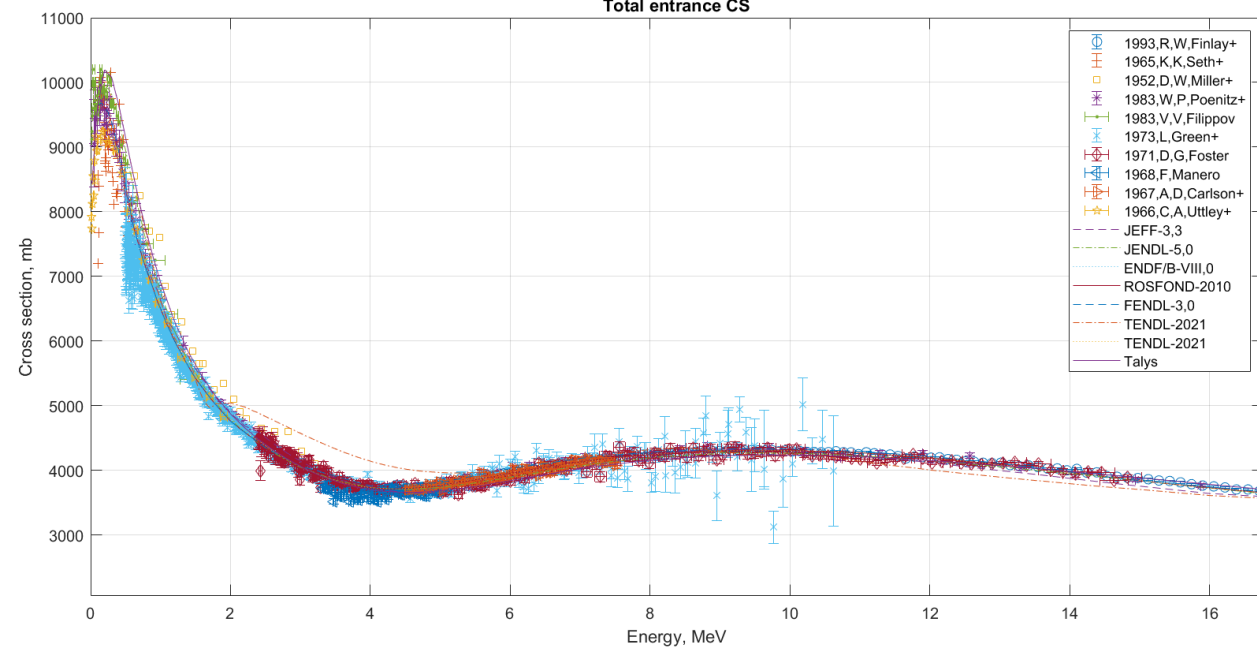
Elastic exit CS



Total: $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92}\text{Nb}$

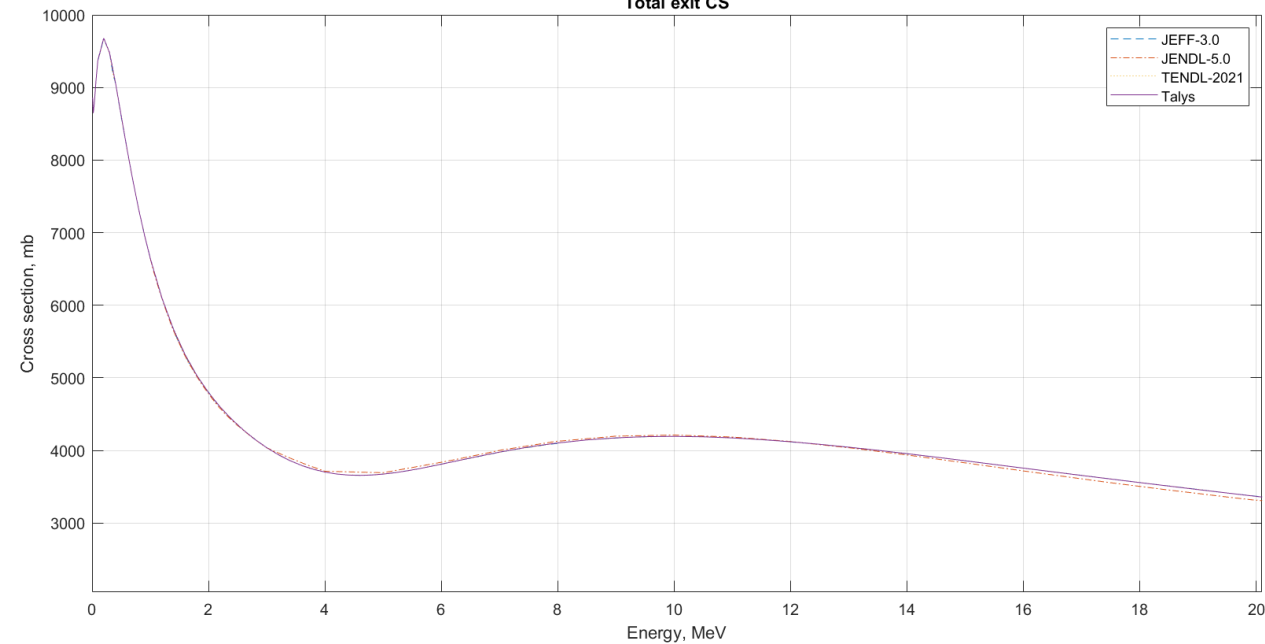
Entrance

Total entrance CS



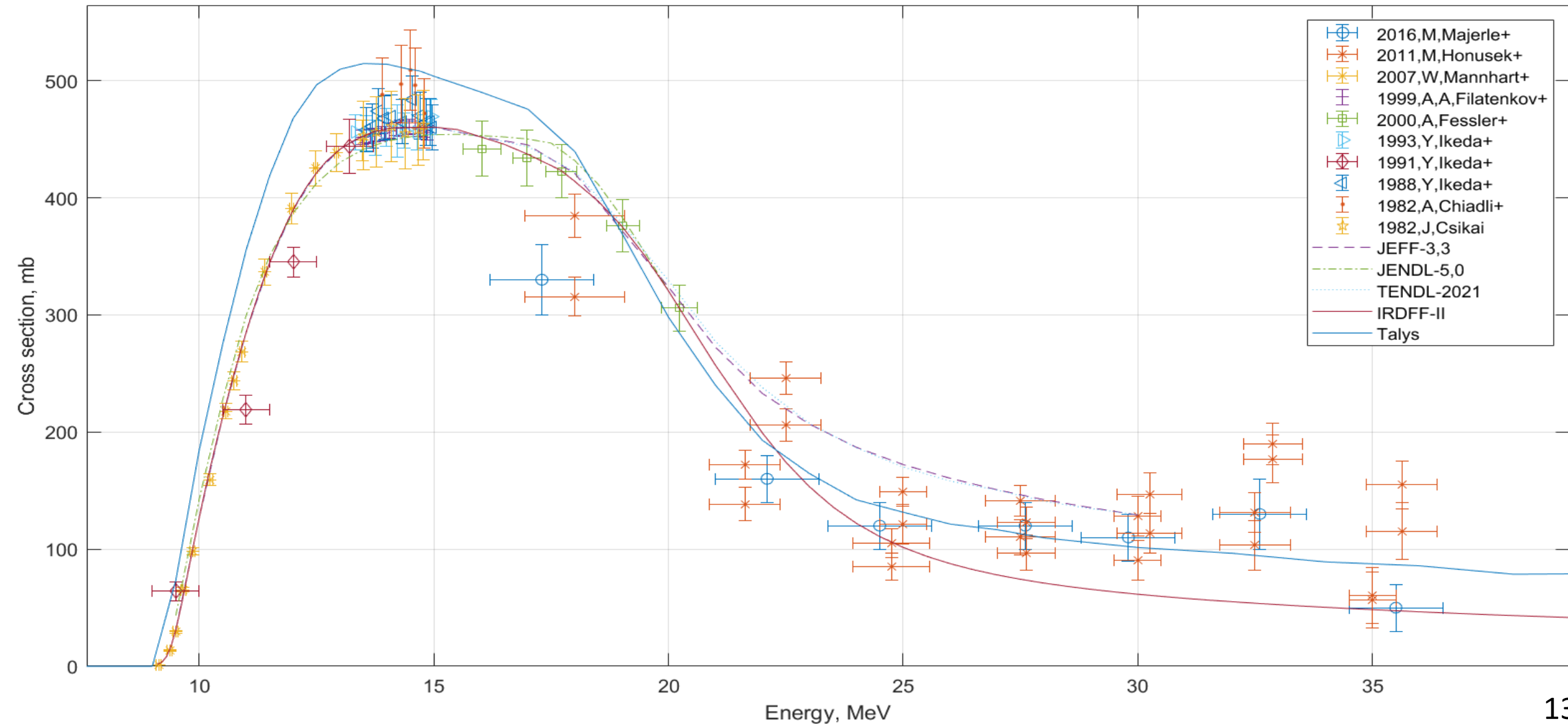
Exit

Total exit CS

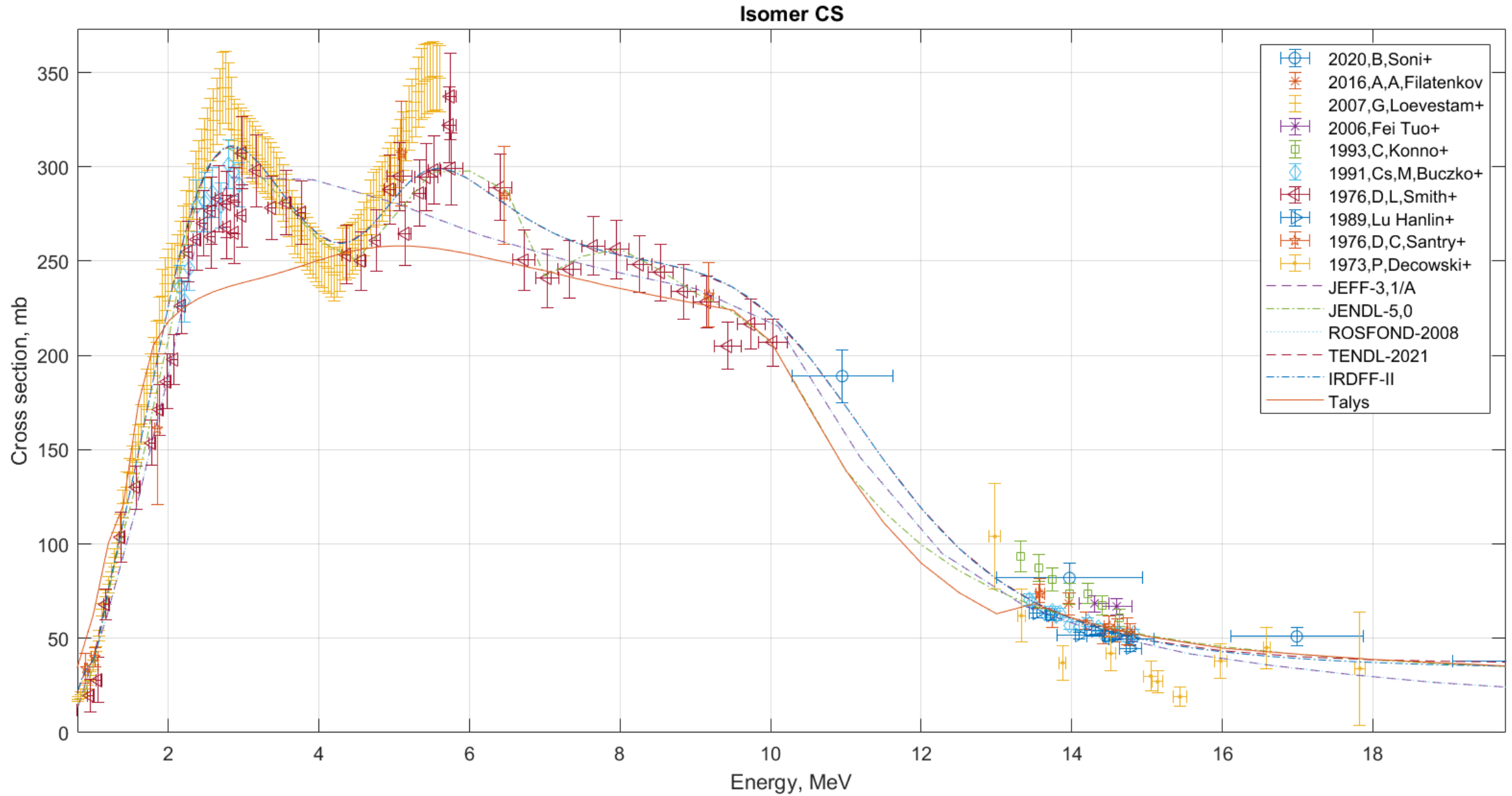


Isomeric state: $^{93}\text{Nb}(n,2n)^{92\text{m}}\text{Nb}$

Isomer CS



Isomeric state: $^{113}\text{In}(n,n')^{113m}\text{In}$



Результаты

1. Произведён вывод аналитических формул.
2. Модифицирован алгоритм перебора многочастичных состояний.
3. Выполнены вычисления плотности уровней для 3-мерного осциллятора.
Возникает чувствительность к чётности.
4. Смоделированы реакции в программном комплексе Talys.

Планы на будущее

1. Рассмотрение других моделей ядра.
2. Рассмотрение деформированных ядер.
3. Встроить алгоритм в программу Talys.