



Dy靶中子俘获反应的实验测量

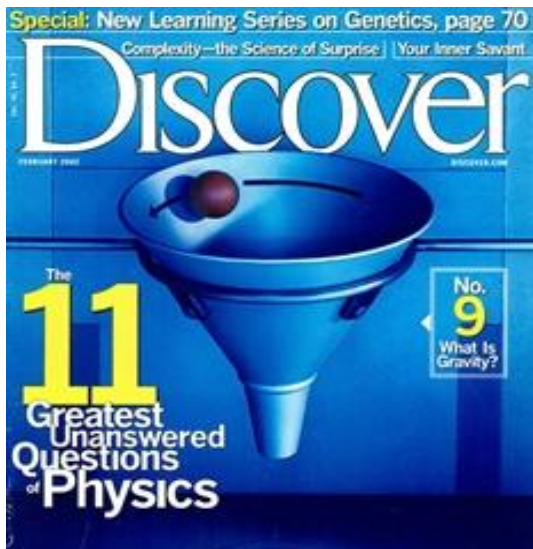
梅波

中山大学 中法核工程与技术学院

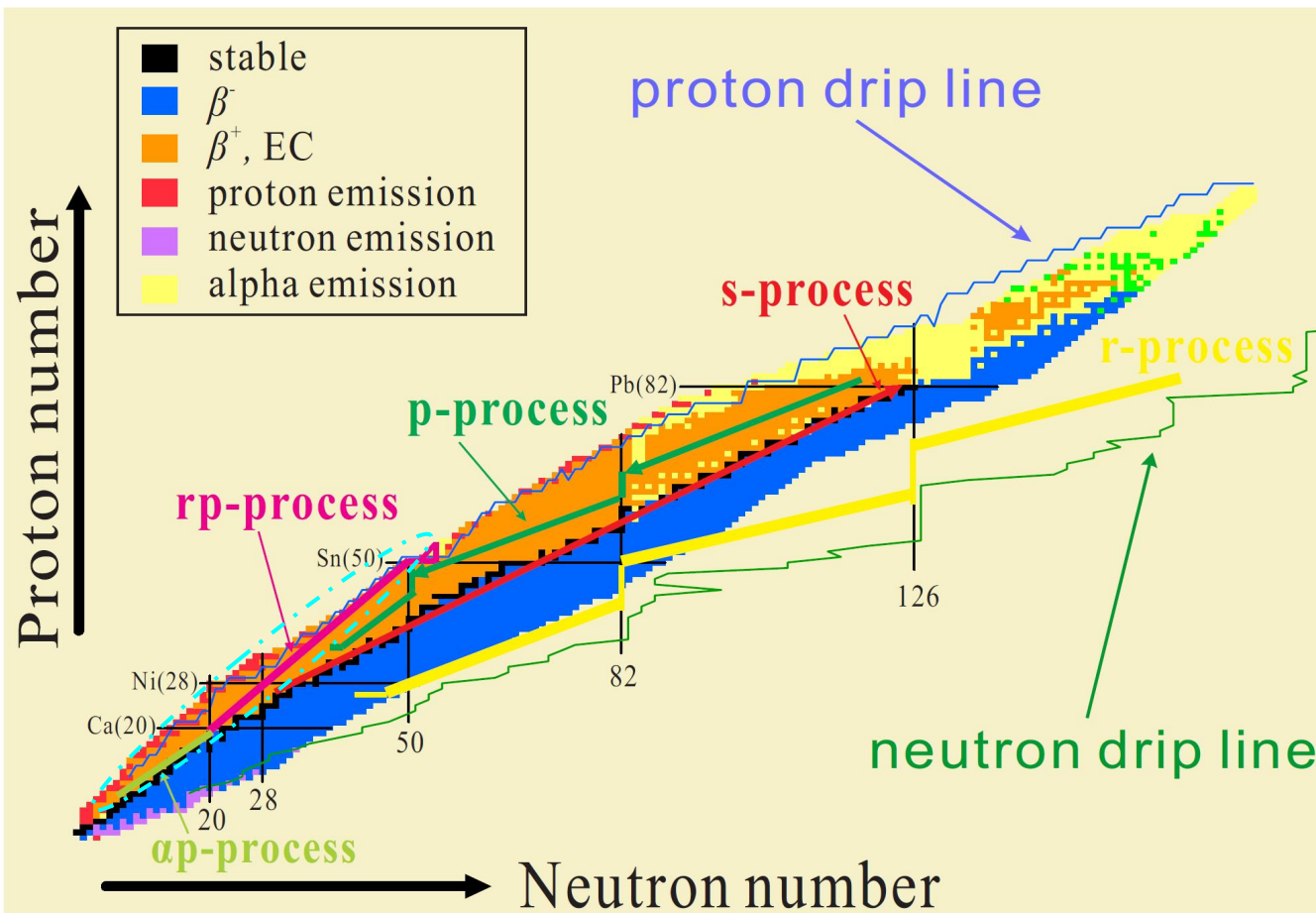
2025.7.24

- 一. 中子俘获反应的研究意义
- 二. 白光中子源实验
- 三. 实验结果分析
- 四. 总结与展望

研究意义：比铁重元素的起源

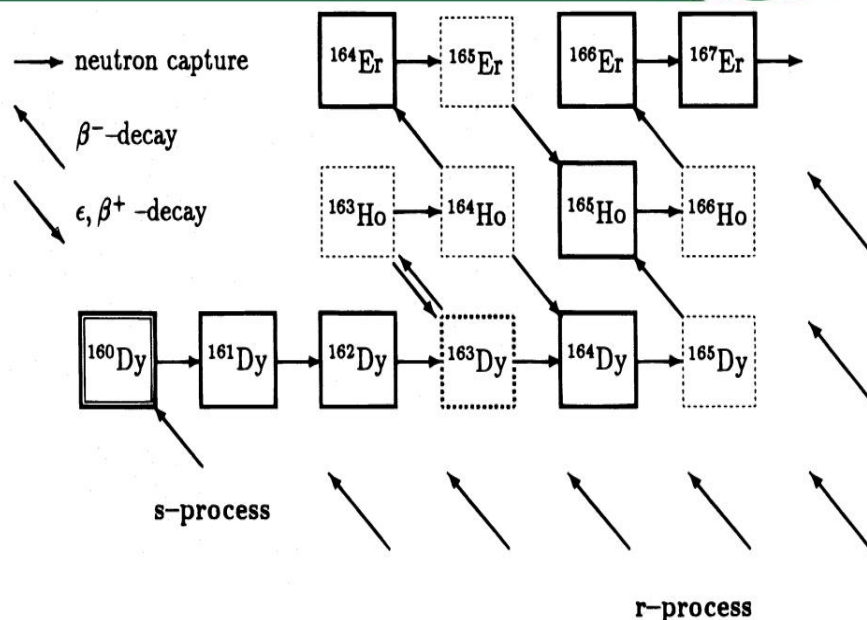
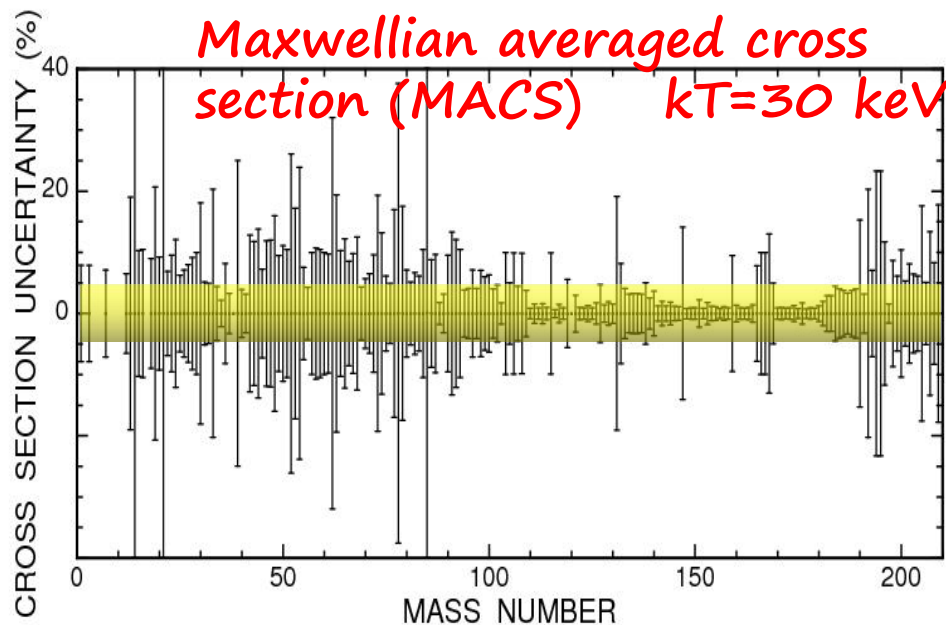


3. How were heavy nuclei made?



➤ 比Fe重元素的起源 B²FH + Cameron:
天体中核合成过程 r-, s-, p-processes

慢中子过程(s-过程)：Dy中子俘获截面



F. Käppeler et al, Rev. Mod. Phys. 83, 157 (2011).

s-过程计算对中子俘获反应截面很灵敏：

- 1、需要截面精度约5%左右。实验数据误差太大(>10%)。
- 2、多数截面来源于理论计算，误差更大。需更多准确实验数据检验理论。

S. Jaag, F. Käppeler, APJ 464, 874 (1996).

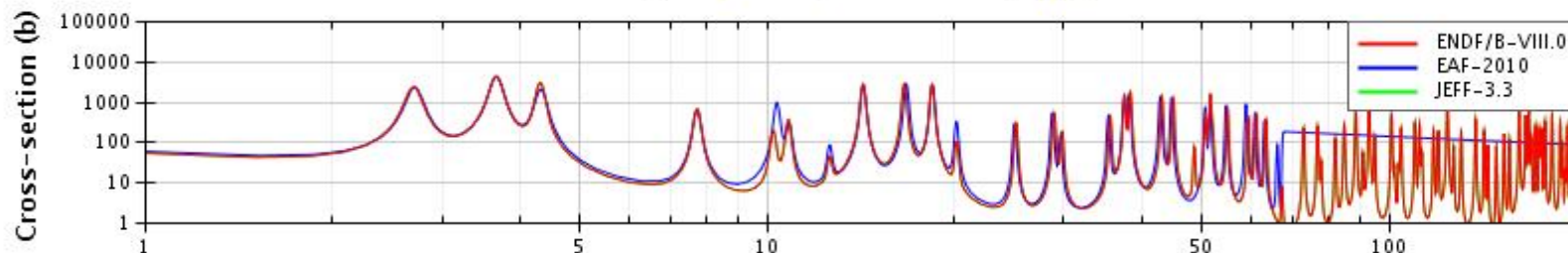
F. Voss *et al.*, Phys. Rev. C **59**, 1154 (1999)

Dy中子俘获反应截面 ($kT=8-100$ keV) 影响 ^{163}Dy 附近s过程路径以及元素丰度模拟计算

研究现状: 评价数据库^{161,162,163}Dy俘获截面

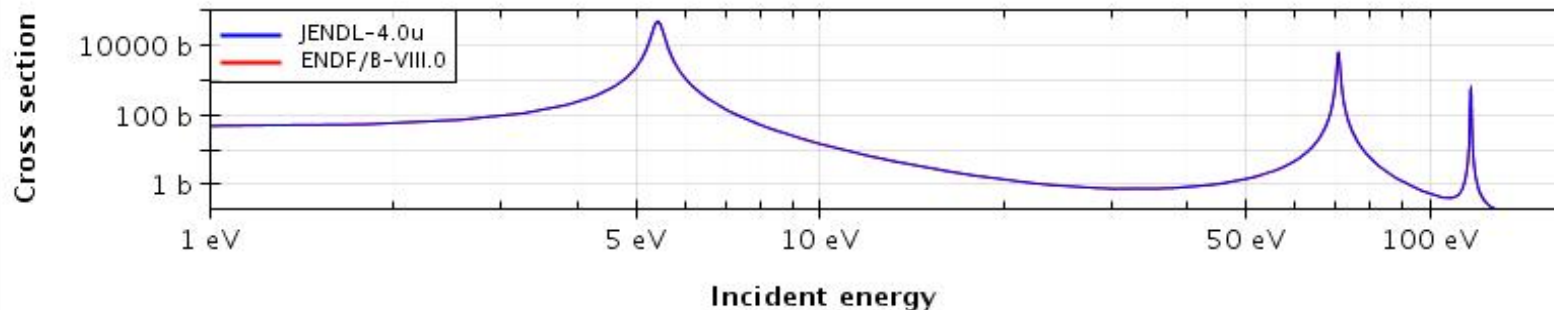


Incident neutron data // Dy161 / MT=102 : (z,y) / Cross section

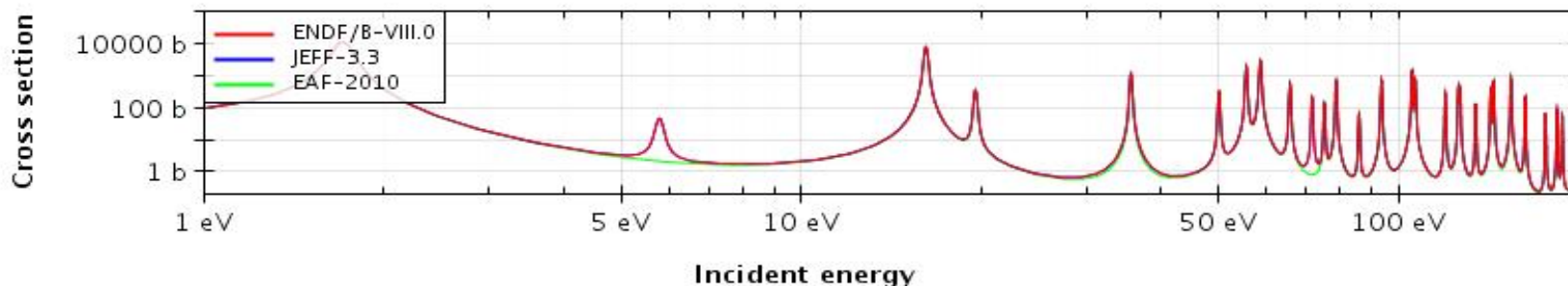


截面数据基本来源于理论评估, 不同数据库有差别!

Dy162 (n, γ) or Dy163 production

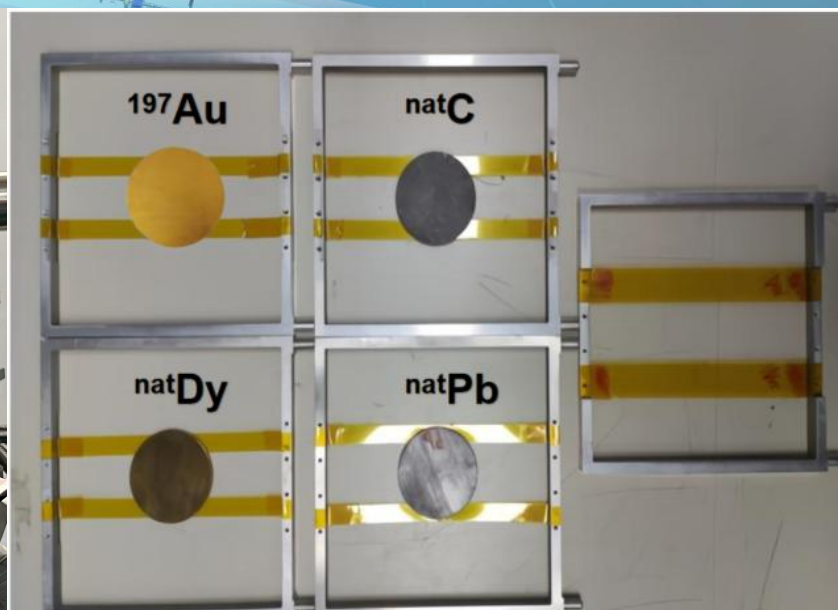
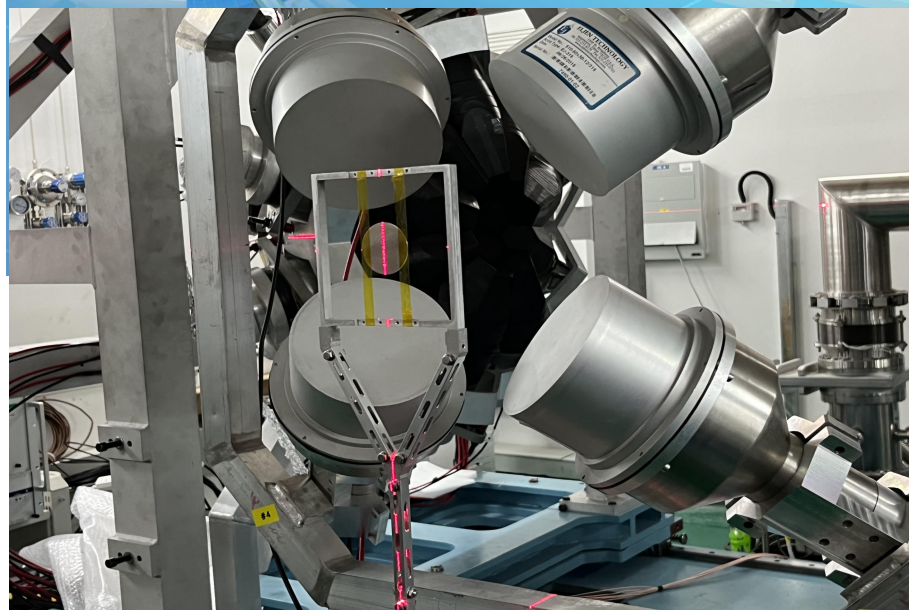
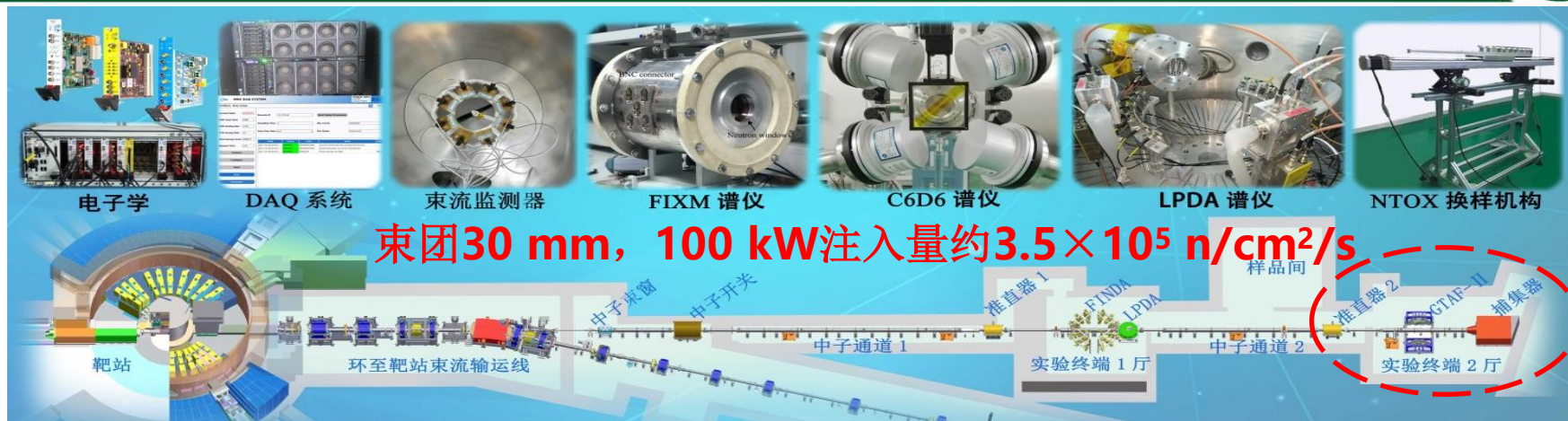


Dy163 (n, γ) or Dy164 production



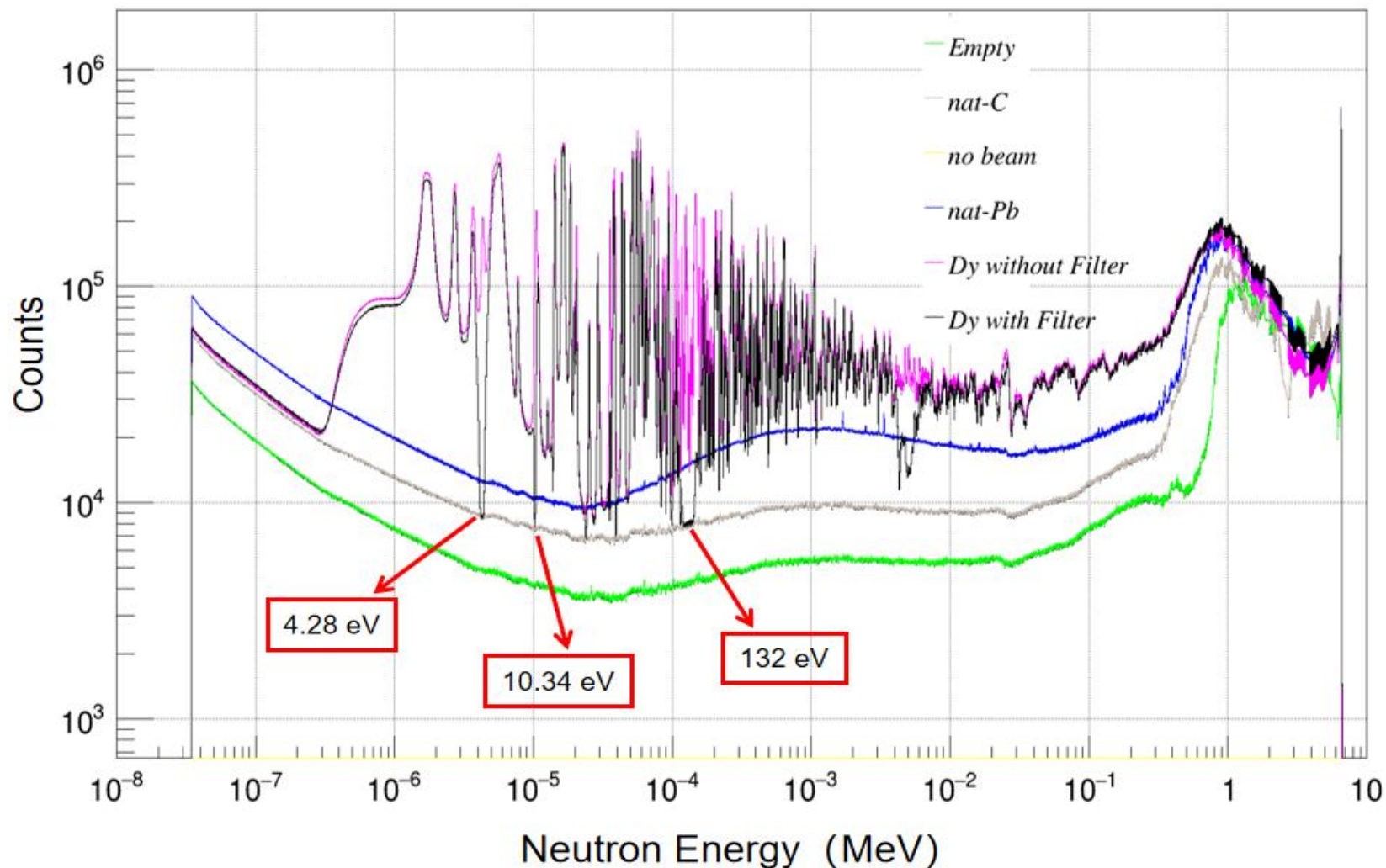
Dy-161	18.889%
Dy-162	25.475%
Dy-163	24.896%
Dy-164	28.260%

散裂白光中子源实验



natDy 靶: $\phi 40$ mm, 厚 1 mm

实验结果：原始计数谱



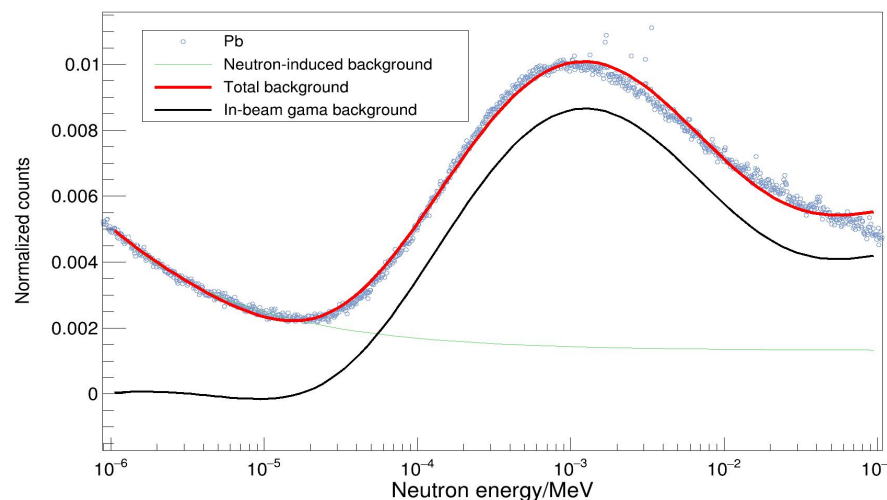
实验结果：本底扣除



$$B_{sn}(E_n) = a_0 + \frac{a_1}{\sqrt{E_n}}$$

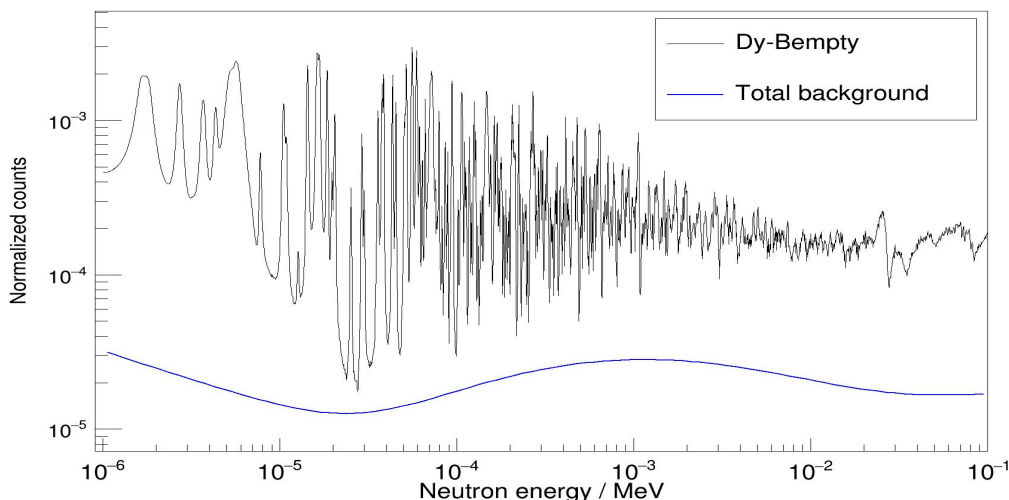
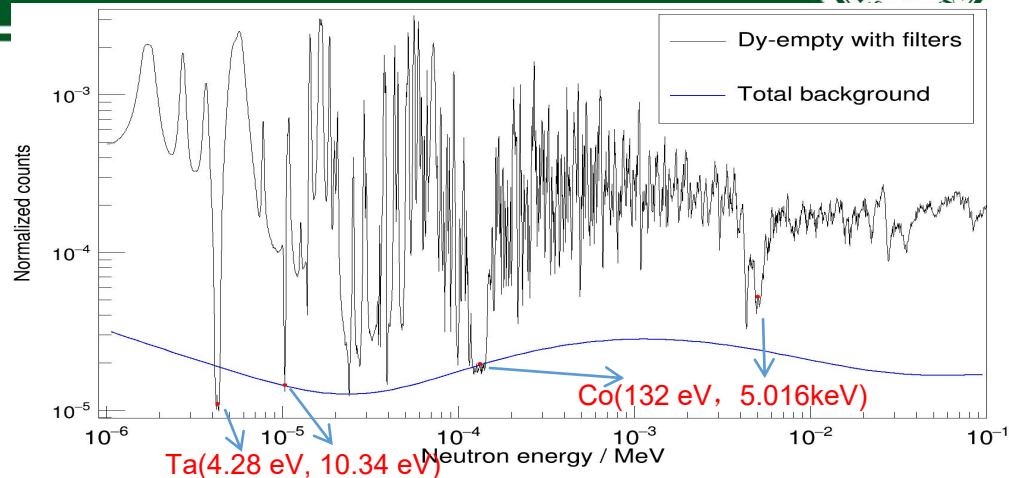
$$B_{sy}(E_n) = a_2 \times e^{\frac{a_3}{\sqrt{E_n}}} + a_4 \times e^{a_5 \times \sqrt{E_n}} + a_6$$

$$B(E_n) = f_y B_{sy}(E_n) + f_n B_{sn}(E_n)$$

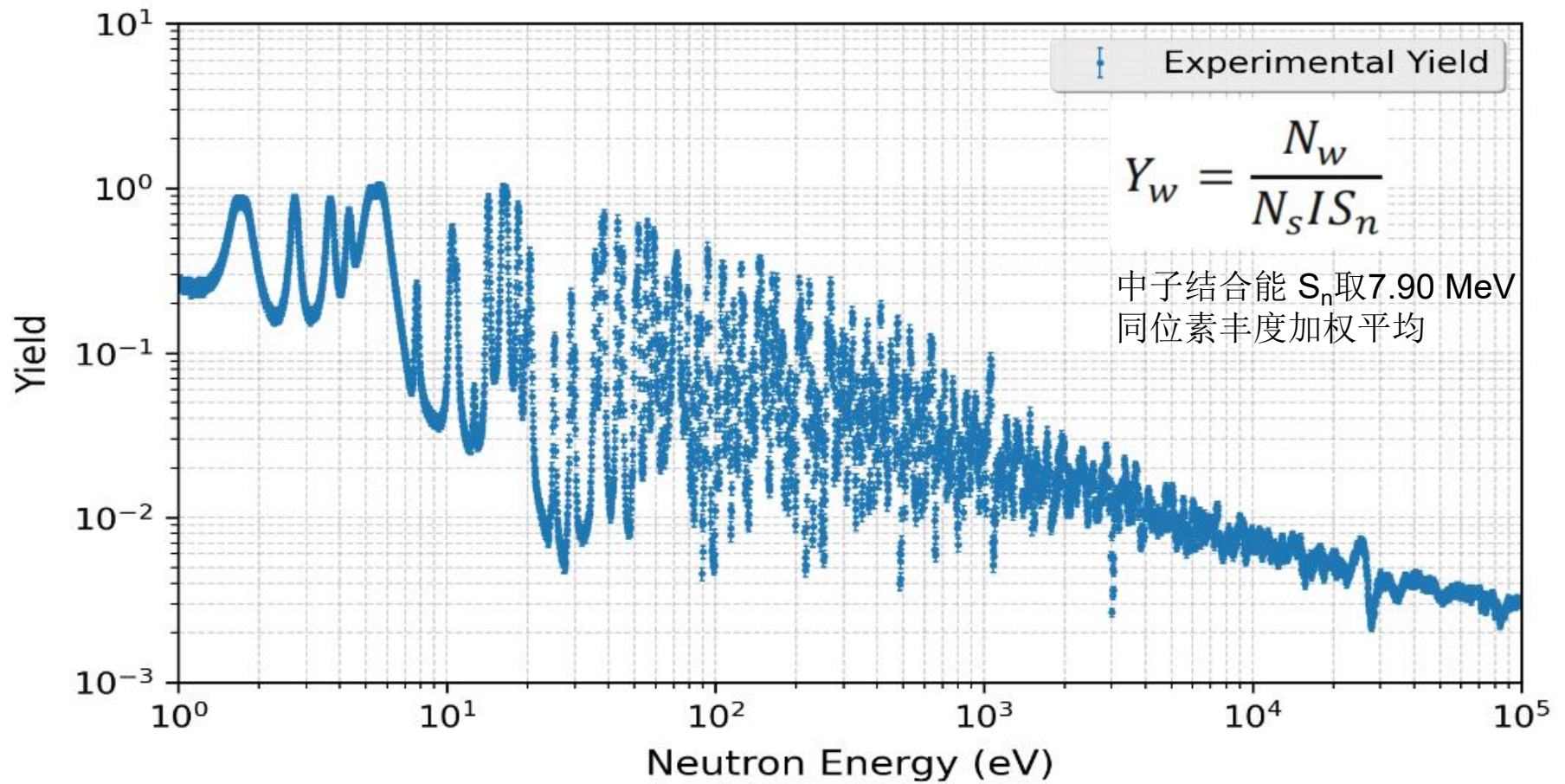


中子散射本底谱和束内伽马本底谱

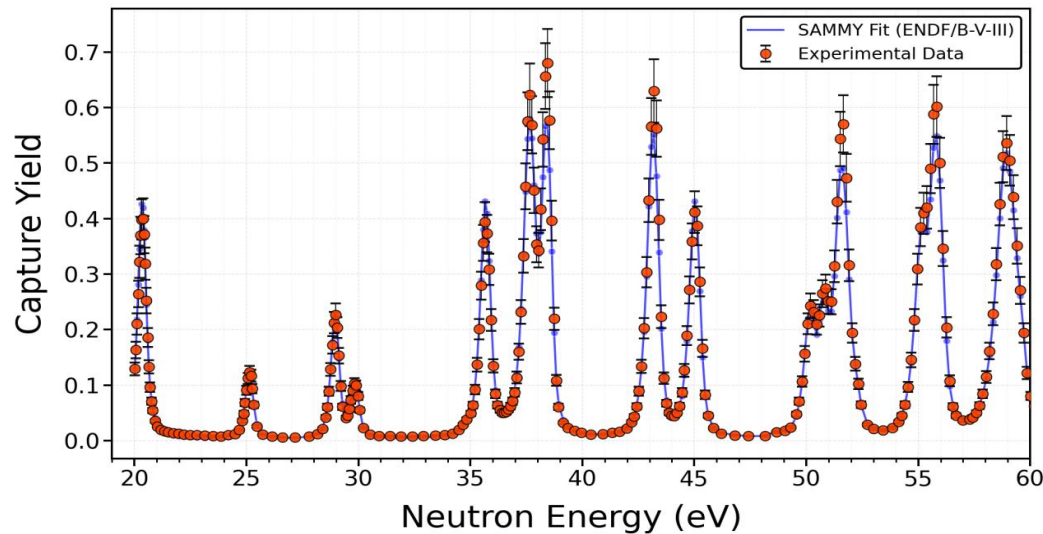
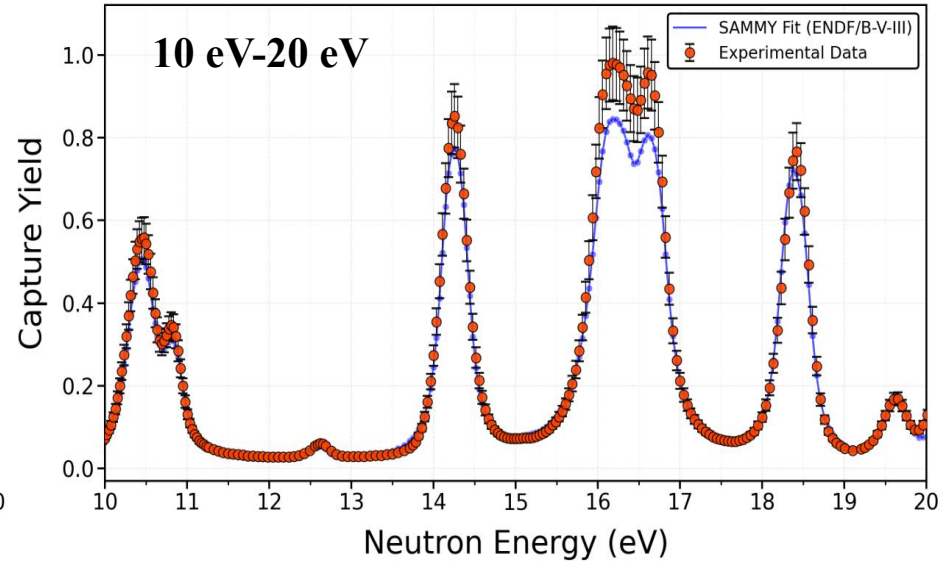
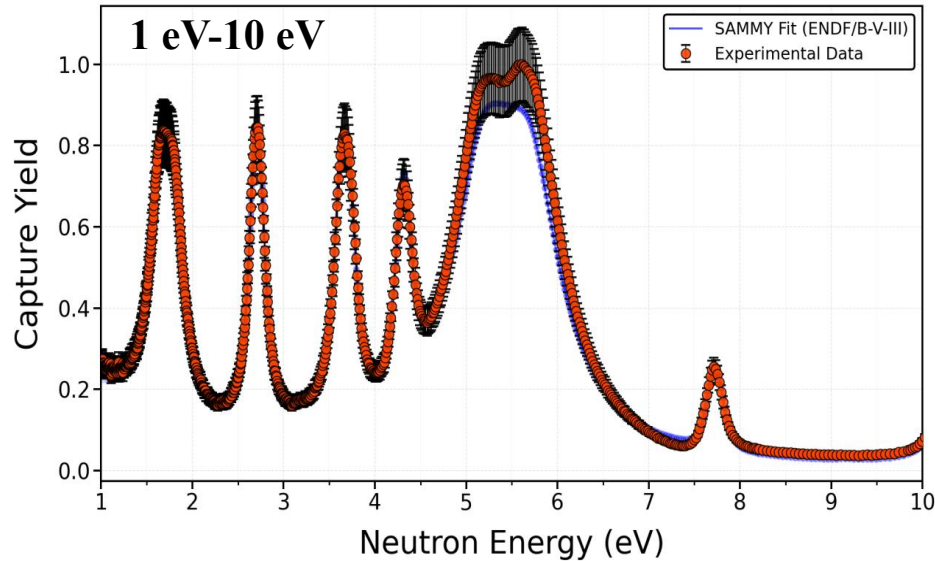
$a_0 = 6.58 \times 10^{-4}$, $a_1 = 3.06 \times 10^{-6}$, $a_2 = 2.85 \times 10^{-2}$, $a_3 = -1.51 \times 10^{-2}$, $a_4 = 2.41 \times 10^{-2}$, $a_5 = -1.71 \times 10^1$, $a_6 = -2.24 \times 10^{-2}$; f_y 为 0.010, f_n 为 0.023



Dy靶及总本底计数谱

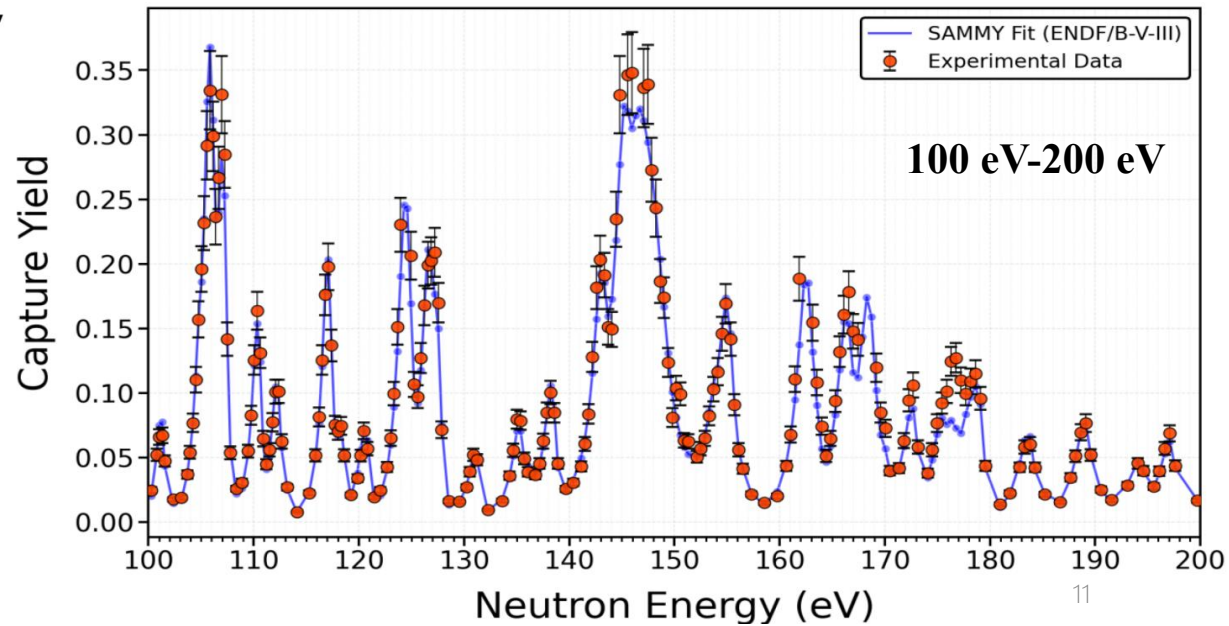
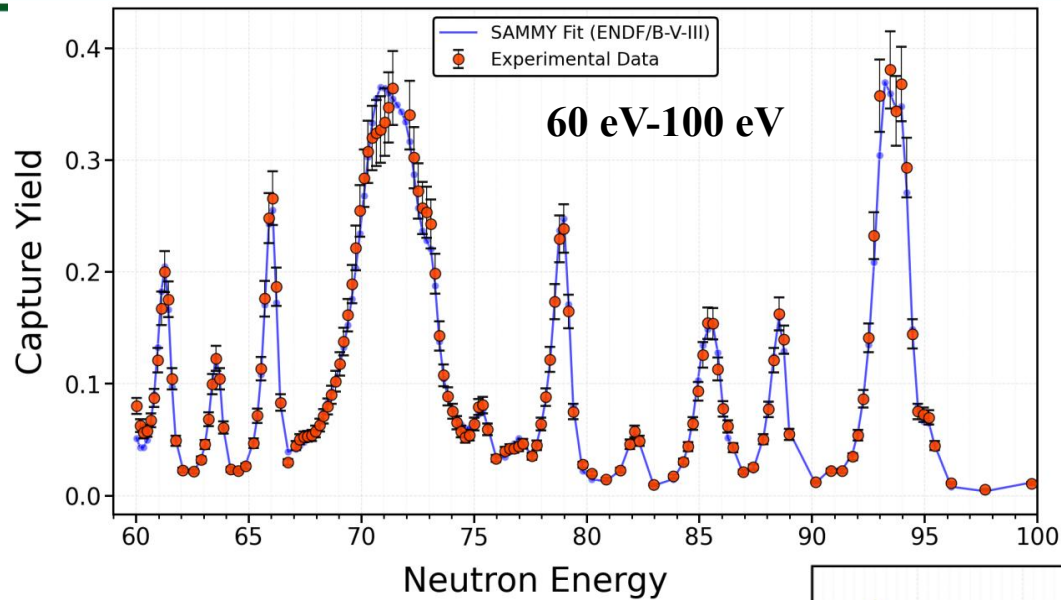


实验产额的SAMMY拟合

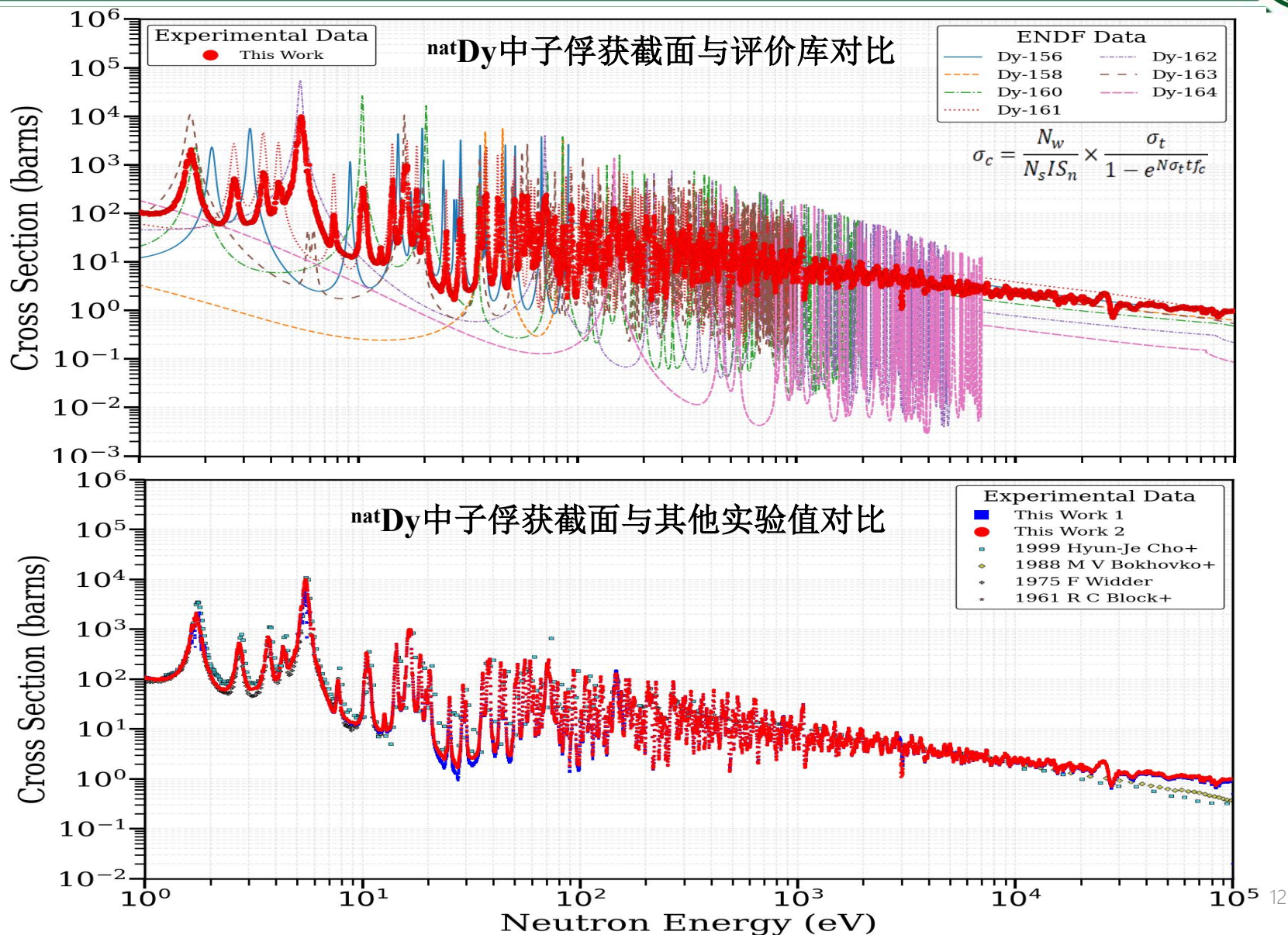


**20 eV-60 eV
SAMMY拟合**

实验产额的SAMMY拟合



实验截面对比： ENDF库 + 其他实验



- 针对s过程中Dy的中子俘获反应截面 ($kT=8-100$ keV), 在散裂白光中子源用C6D6成功开展 ^{nat}Dy 中子俘获反应实验。
- 扣除本底后得到了准确的产额, SAMMY拟合了实验结果。分析得到了Dy中子俘获截面, 与ENDF-B-VIII库以及一些其他实验值进行了初步的对比。

展望:

完成数据分析, 与更多实验结果对比, 分析实验截面对s过程的影响, 发表实验结果。



谢谢！

权重函数

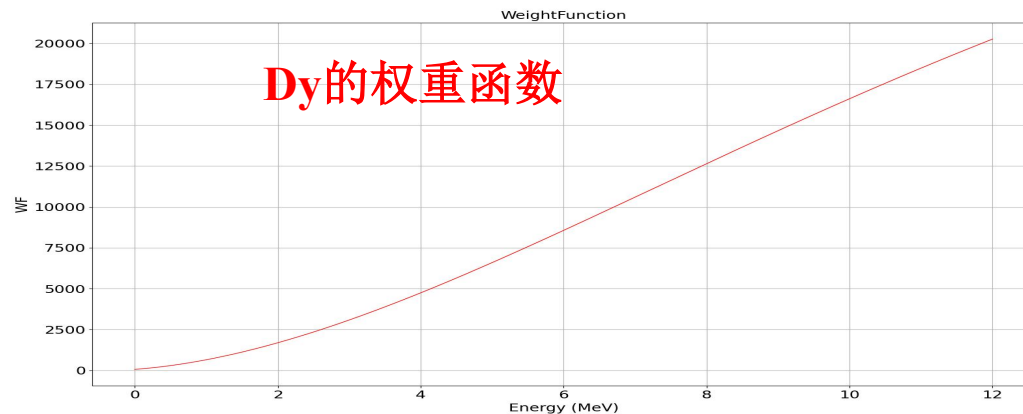


权重函数 WF

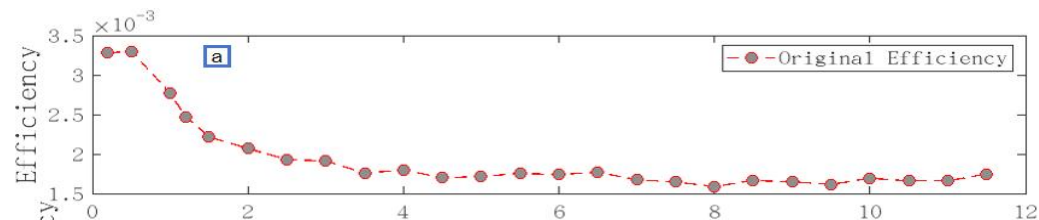
$$WF(E_d) = \sum_{i=0}^4 a_i E_d^i$$

$$\varepsilon_\gamma = \int r_\gamma(E_d) WF(E_d) dE_d = k E_\gamma$$

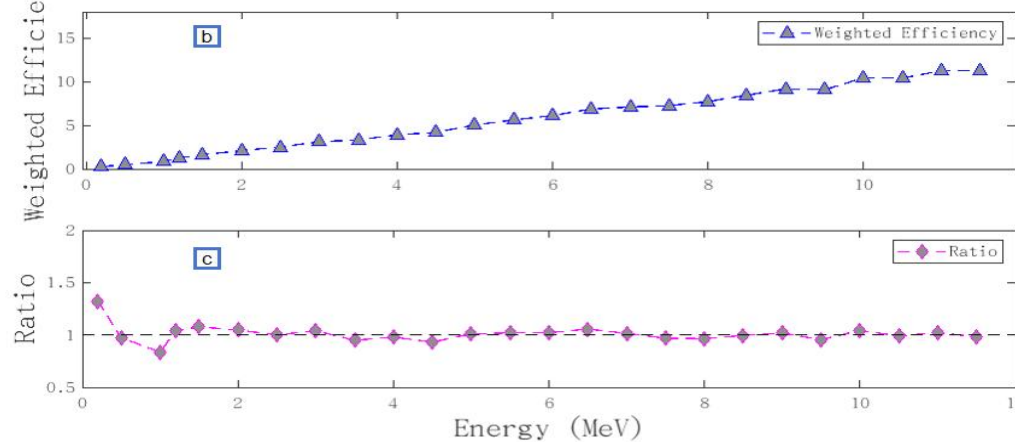
Dy的权重函数



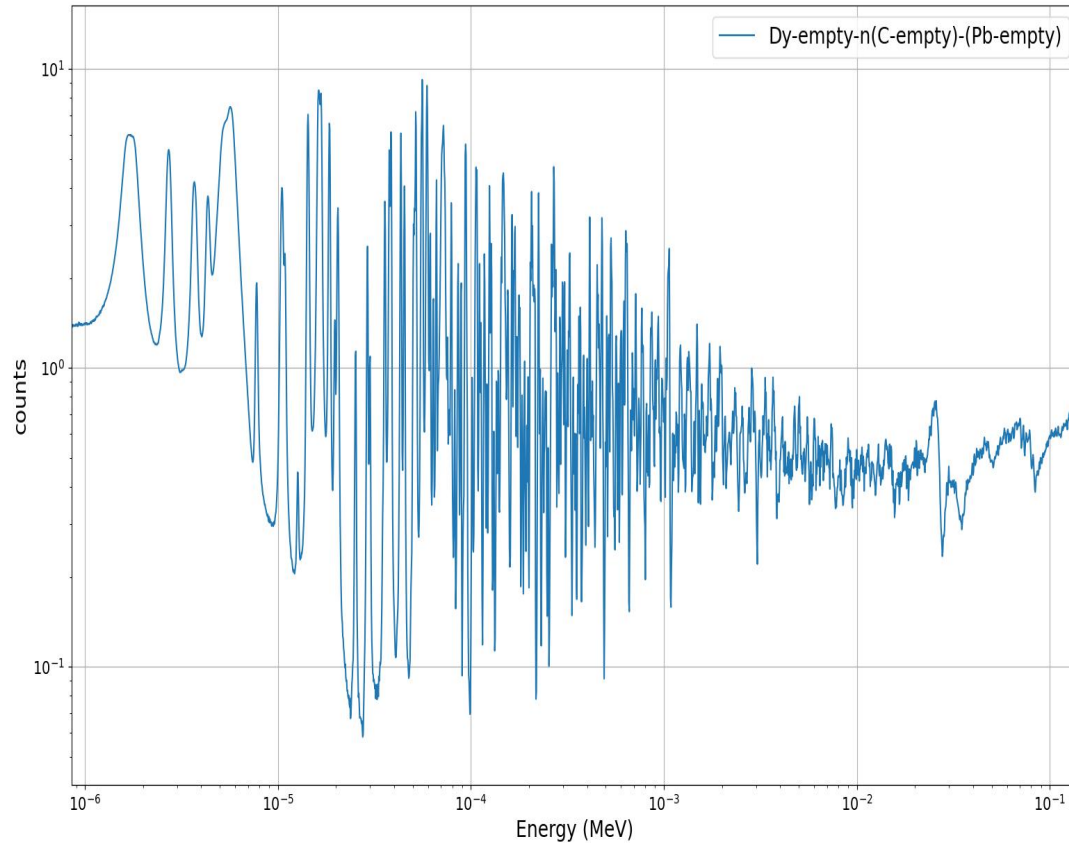
探测器的原始效率



加权后的效率

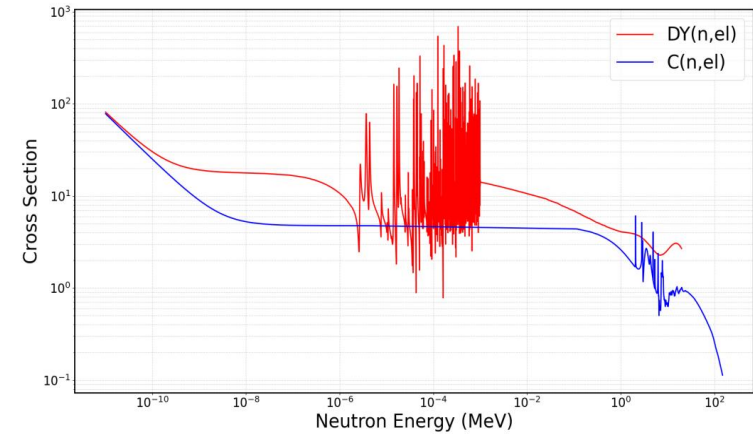


用Pb靶和C靶扣本底

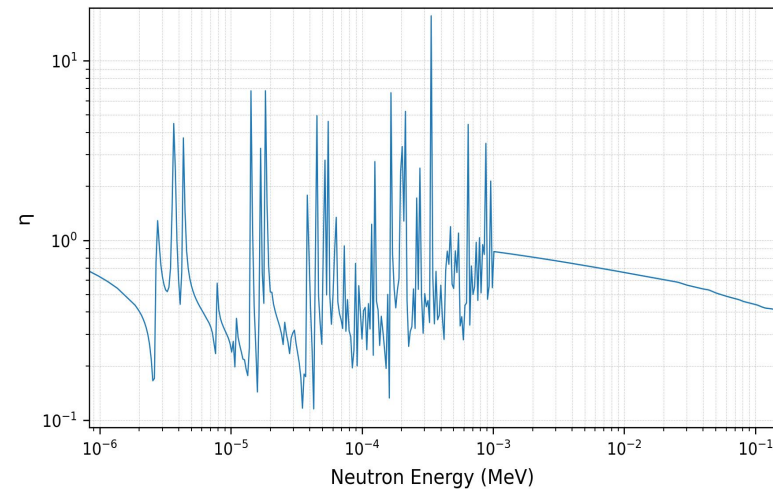


Dy靶扣除本底后的计数

$$N_W = N_{net} \cdot WF = [N_{sample} - N_{empty} - \eta(N_C - N_{empty}) - (N_{Pb} - N_{empty})] \cdot WF$$

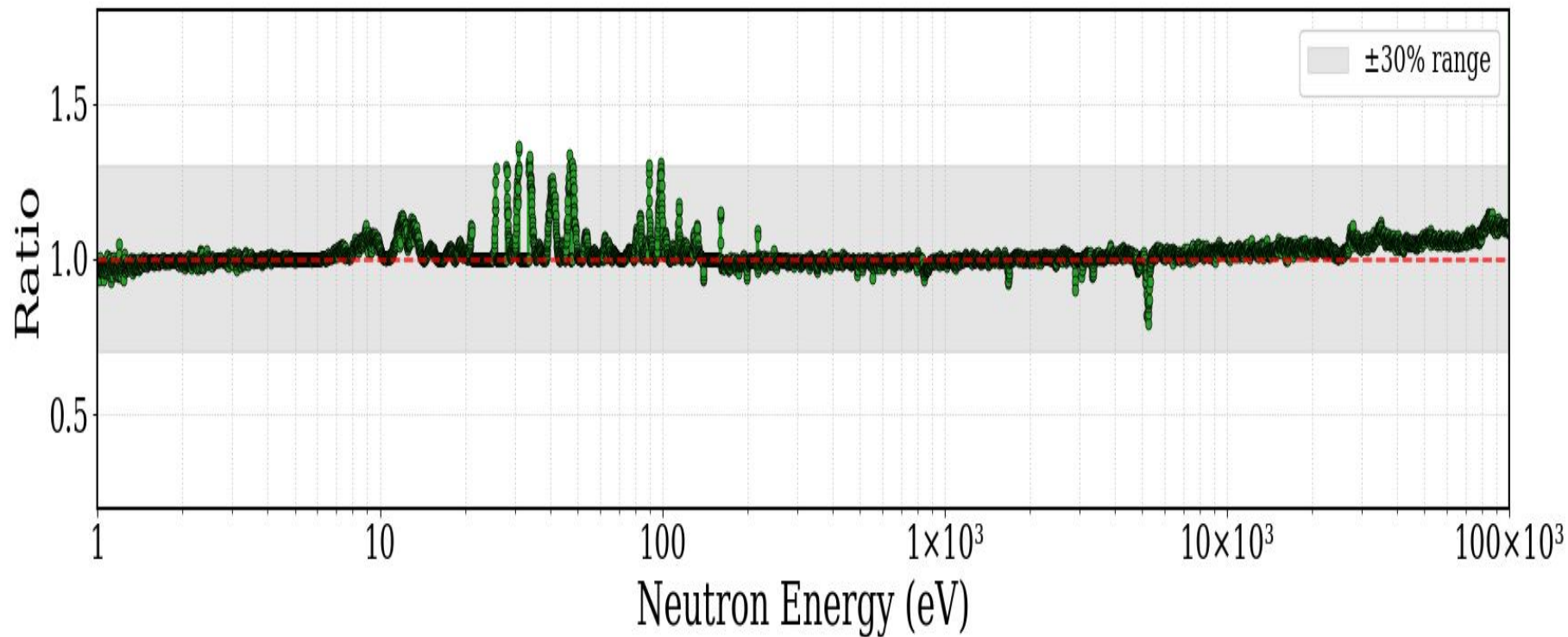


Dy和C的中子弹性散射截面

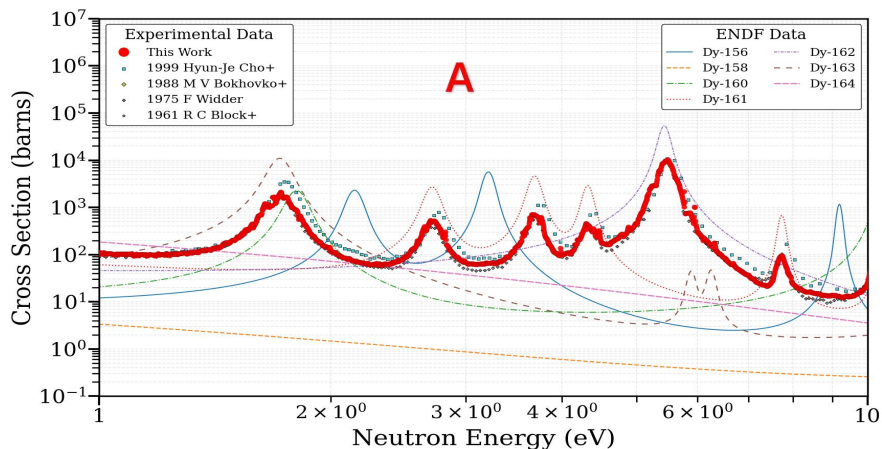


比例系数随中子能量变化关系

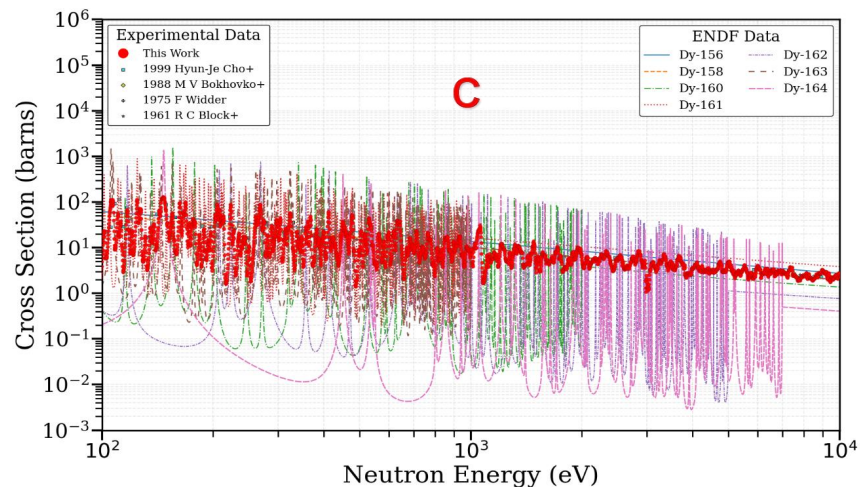
两种本底扣除方法截面比



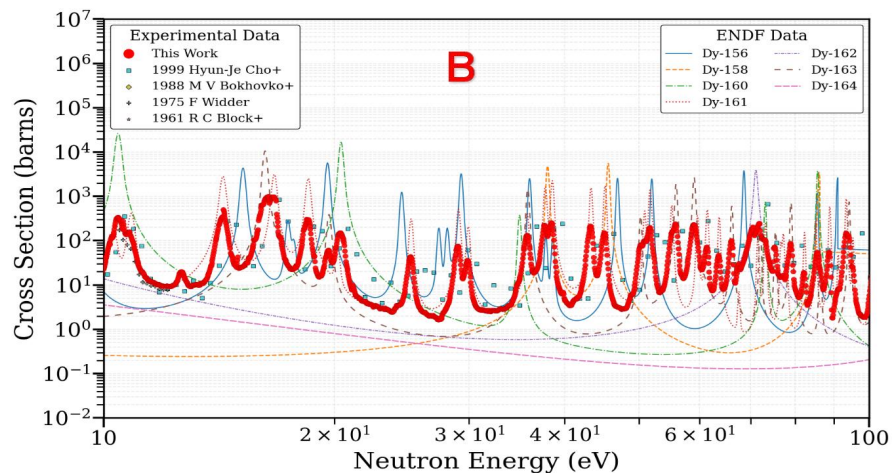
Dy同位素截面对比



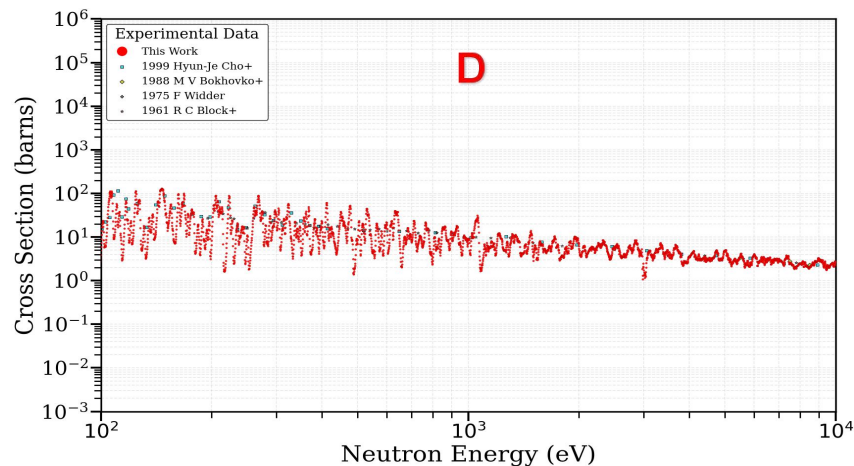
1 eV至10 eV ^{nat}Dy 的中子俘获截面结果



100 eV至10 keV ^{nat}Dy 的中子俘获截面结果



10 eV至100 eV ^{nat}Dy 的中子俘获截面结果



100 eV至10 keV (仅画出实验数据库的数据)

中子俘获截面测量实验误差

误差分类	误差来源	误差
实验条件误差	1 eV-2 keV的中子能谱误差	$\approx 8.00\%$
	2 keV-1 MeV的中子能谱误差	$\approx 4.00\%$
	质子束流功率的误差	$< 1.50\%$
	样品参数的误差	$< 0.51\%$
数据处理误差	脉冲高度权重技术引入的误差	$< 3.00\%$
	双束团解谱引入的误差	$< 2.00\%$
统计误差	原始计数的统计误差	$< 3.48\%$
实验总误差	误差传递得到的总误差	$< 11.8\%$

中子能谱

