

# $^{157}\text{Gd}$ 俘获截面测量数据初步分析

黄勃松, 胡继峰, 王小鹤

中国科学院上海应用物理研究所

2023-09-21



# Outline

 **实验目的**

 **实验测量**

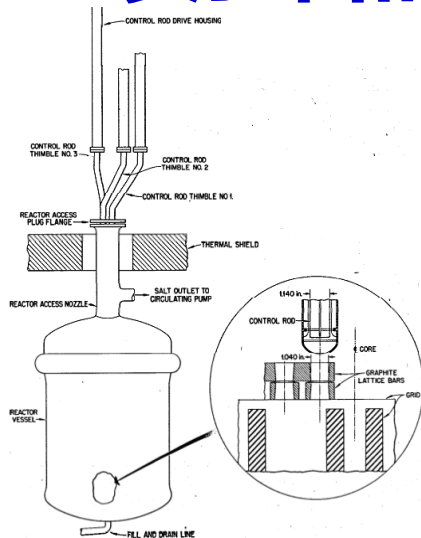
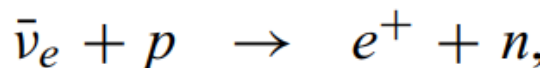
 **数据处理**

 **总结展望**

# 实验目的

## □ Gd的应用

- 反应堆控制棒重要毒物材料
- 热中子屏蔽材料
- 探测器转换材料：中微子测量

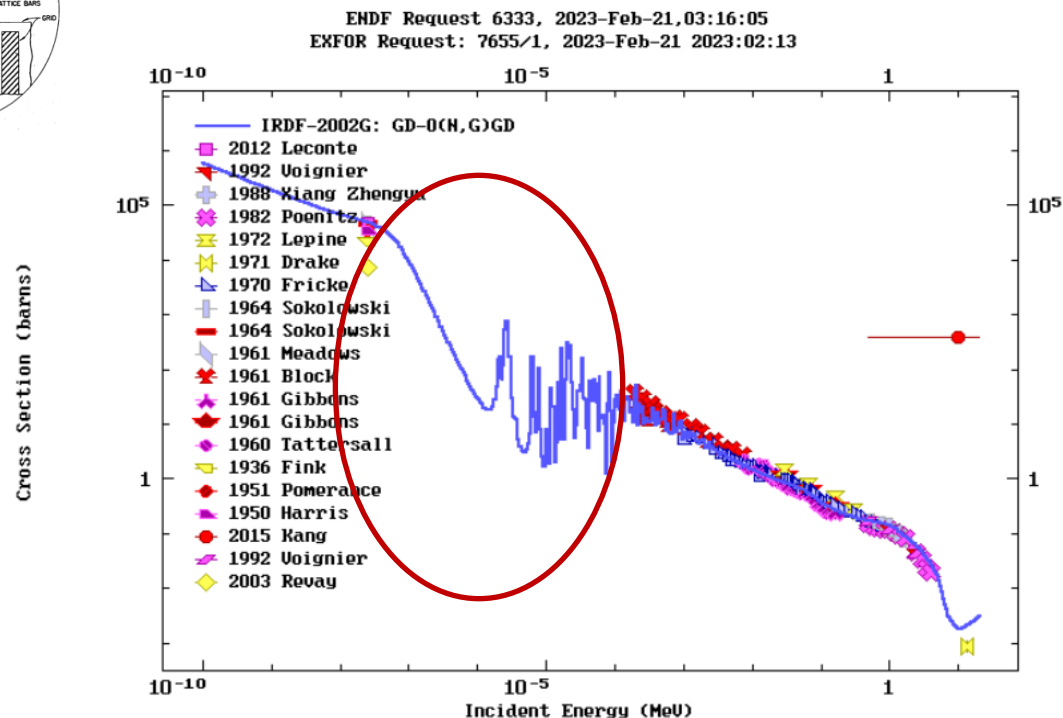


## □ Gd的实验数据

- 热区能点差异大
- 可分辨共振能区数据较少 (1-10<sup>3</sup>eV)

Table 3. Summary of the correlated uncertainties in the <sup>155</sup>Gd(n,γ) and <sup>157</sup>Gd(n,γ) cross section measurements.

Source of uncertainty	<sup>155</sup> Gd(n,γ)		<sup>157</sup> Gd(n,γ)	
	near thermal	resonance region	near thermal	resonance region
Normalization	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%
PHWT	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Background	1.4%	≈ 1%	1.0%	≈ 1%
BIF	1.5%		1.5%	
Flux	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Sample mass	1.0%	< 0.2%	2.1%	< 0.2%
Temperature		1%		1%
Total	3.2%	2.6%	3.5%	2.6%



# Gd的制靶

Eur. Phys. J. A (2019) 55: 9  
DOI 10.1140/epja/i2019-12692-7

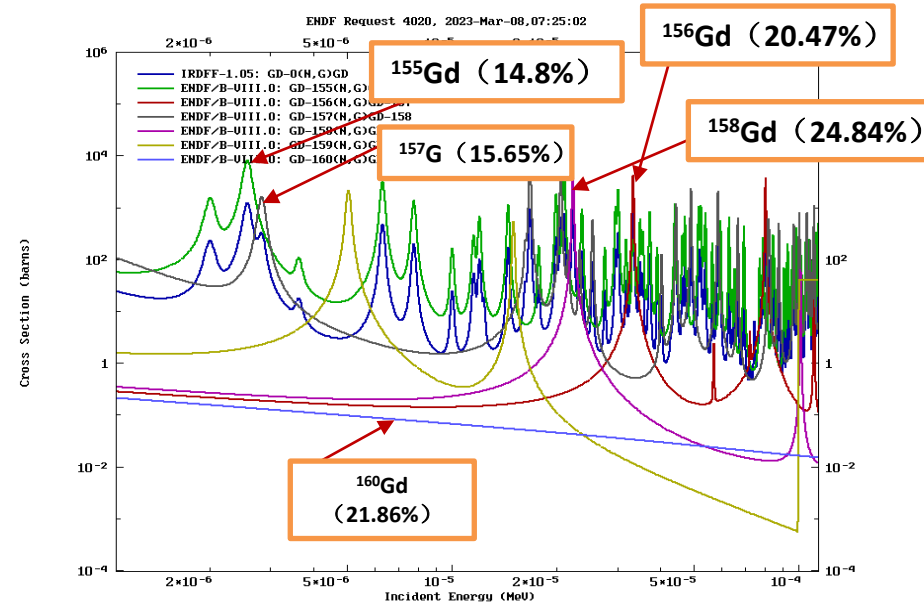
THE EUROPEAN  
PHYSICAL JOURNAL A

Regular Article – Experimental Physics

## Cross section measurements of $^{155,157}\text{Gd}(n, \gamma)$ induced by thermal and epithermal neutrons\*

Table 2. Features of the Gd samples with uncertainties declared by the provider.

Isotope	Abundance %	% contamination of $^{155}$ or $^{157}\text{Gd}$	% main contaminant	Weight mg	Areal density atoms/barn $\times 10^{-8}$
$^{155}\text{Gd}$	$91.74 \pm 0.18$	$1.14 \pm 0.01$	$5.12 \pm 0.18$ $^{156}\text{Gd}$	$100.6 \pm 0.1$	$12440 \pm 40$
$^{155}\text{Gd}$	$91.74 \pm 0.18$	$1.14 \pm 0.01$	$5.12 \pm 0.18$ $^{156}\text{Gd}$	$10.0 \pm 0.1$	$1236 \pm 12$
$^{157}\text{Gd}$	$88.32 \pm 0.01$	$0.29 \pm 0.01$	$9.10 \pm 0.01$ $^{158}\text{Gd}$	$191.6 \pm 0.1$	$23390 \pm 60$
$^{157}\text{Gd}$	$88.32 \pm 0.01$	$0.29 \pm 0.01$	$9.10 \pm 0.01$ $^{158}\text{Gd}$	$4.7 \pm 0.1$	$574 \pm 12$

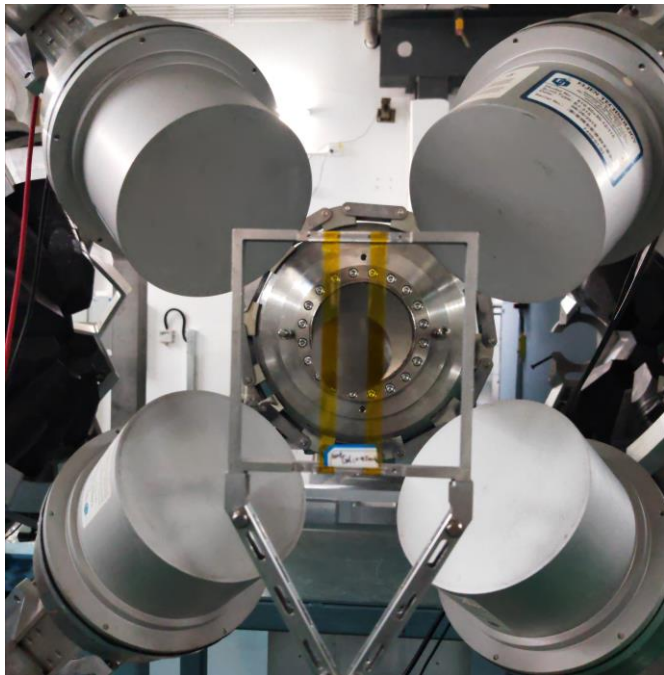


样品	直径: mm	厚度: mm
Gd-157金属靶	40	0.005
天然Gd金属靶	40	0.005
天然Gd金属靶	40	0.1
天然Gd金属靶	40	0.5
天然Gd金属靶	40	1
铅	40	2
金	40	0.1

## Gd中子俘获截面测量

### □ 实验测量

- ✓ 谱仪：CSNS Back-n飞行时间谱仪
- ✓ 探测器：C6D6探测器阵列
- ✓ 测量方法与原理：基于脉冲高度权重技术的总能量型探测原理

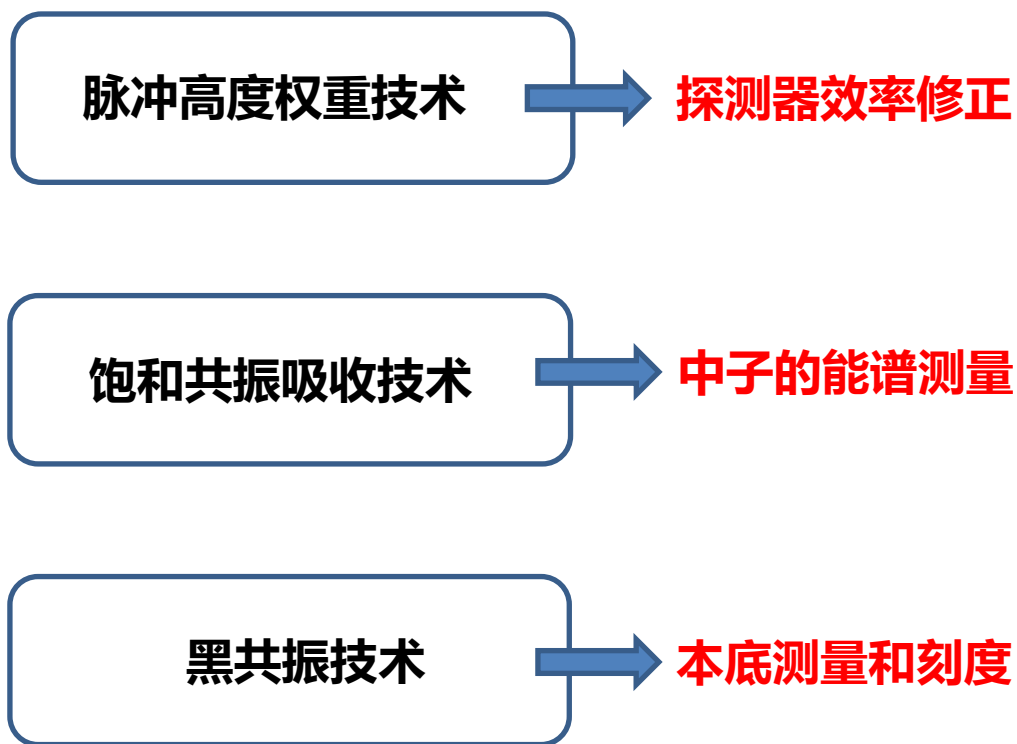


### □ 实验样品

- ✓  $^{197}\text{Au}$ : 标准截面, 验证数据处理程序
- ✓ natPb, : 中子散射及伽马本底
- ✓ Gd + 吸收片 : 定量本底
- ✓  $^{157}\text{Gd}$ : 俘获截面测量 ( $\phi=40\text{mm}$ ,  $4.75\mu\text{m}$ )
- ✓ natGd: 俘获截面测量 ( $\phi=40\text{mm}$ ,  $5\mu\text{m}/0.1\text{mm}/1\text{mm}$ )
- ✓ 空靶测量: 环境本底及样品的放射性测量

# Gd的测量实验

## □ 测量技术方法



## □ 实验安排 (5.24-6.02)

序号	样品	尺寸:mm	计划测量时间: h
1	157Gd+Ta+Co	40*0.00475	10
2	157Gd	40*0.00475	25
3	nat-Gd+Ta+Co	40*0.00498	10
4	nat-Gd	40*0.00498	25
5	nat-Gd+Ta+Co	40*0.0988	10
6	nat-Gd	40*0.0988	20
7	空靶		
8	nat-Au+Ta+Co	40*0.1035	10
9	nat-Au	40*0.1035	20
10	Pb+Ta+Co	40*1.95	10
11	Pb	40*1.95	10
12	nat-Gd+Ta+Co	40*1	4
13	nat-Gd	40*1	10

# C6D6探测效率修正

## C6D6探测效率的加权的修正方法

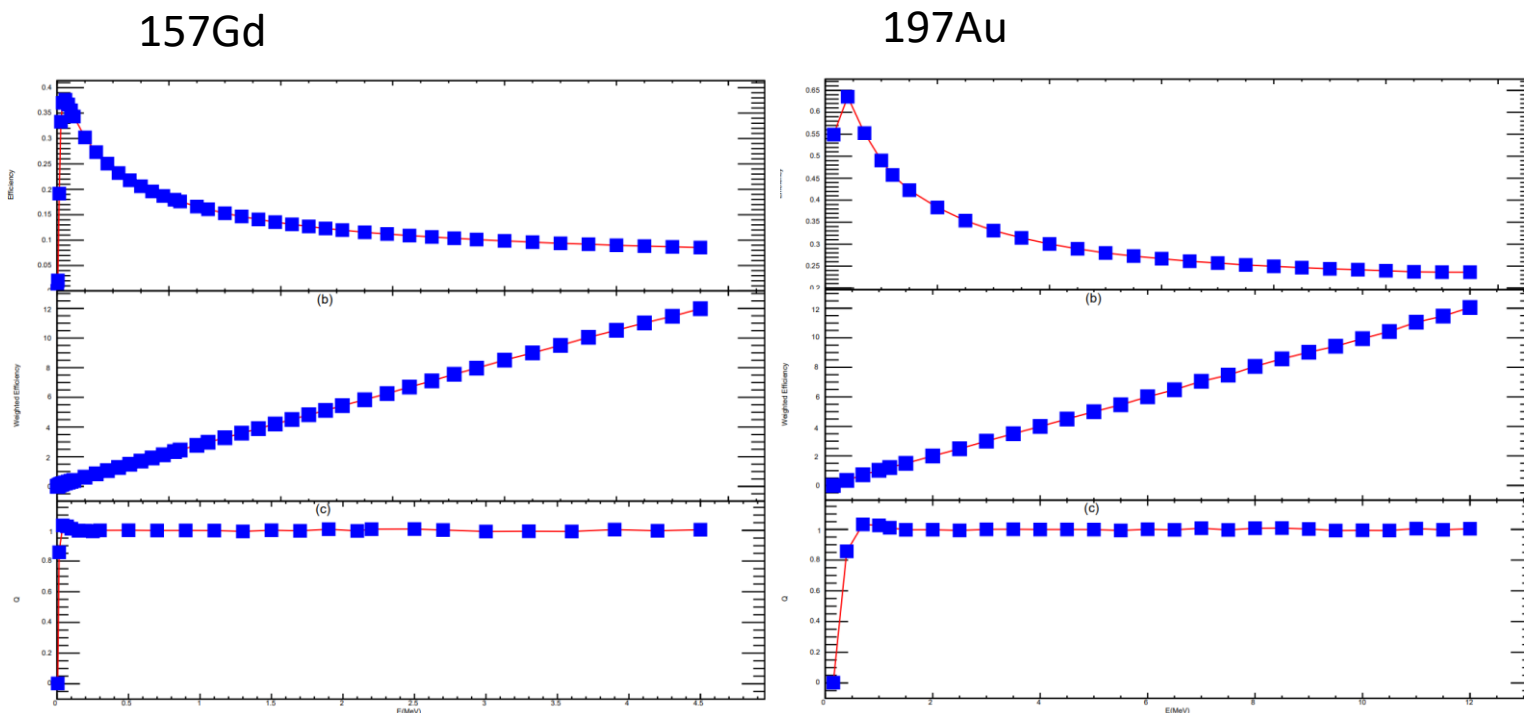
$$\varepsilon_{\gamma i} \ll 1$$

$$\varepsilon_C = 1 - \prod_i (1 - \varepsilon_{\gamma i}) \approx \sum_i \varepsilon_{\gamma i}$$

$$\varepsilon_{\gamma i} = kE_{\gamma i}$$

$$\varepsilon_C \approx k \sum_i E_{\gamma i} \approx kE_x = k(S_n + E_{n,c})$$

$$\varepsilon_{\gamma} = \int r_{\gamma}(E_d)WF(E_d) dE_d = kE_{\gamma}$$



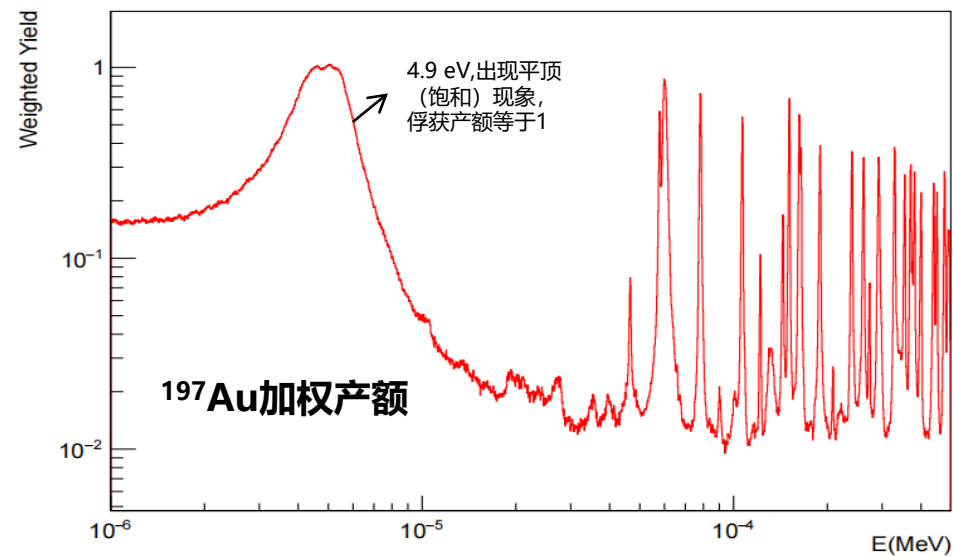
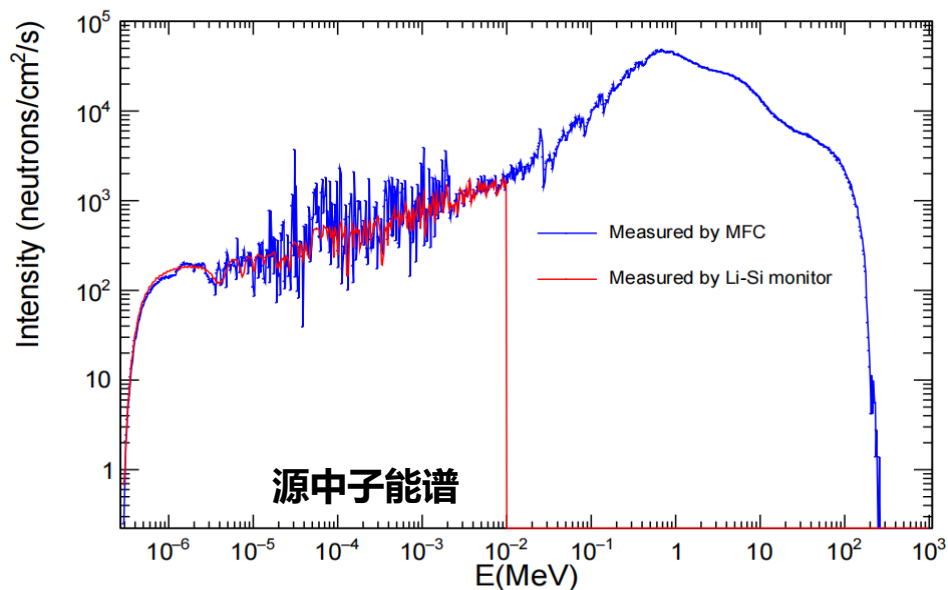
经过效率修正后的中子俘获产额计算不再与 $\gamma$ 射线级联过程相关，仅与靶核的中子结合能 $S_n$ 以及入射中子能量 $E_n$ 相关。

# 绝对中子注量率

结合中子能谱和金靶饱和共振峰确定绝对入射中子通量

数据初步分析中子能谱使用的是之前的版本

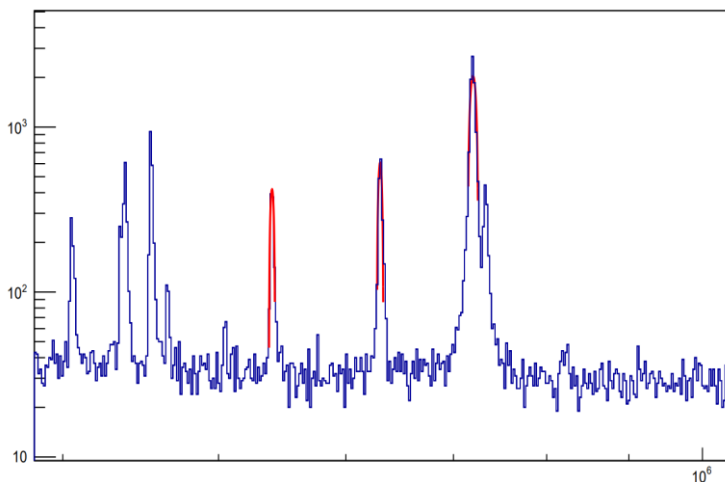
测量过程中绝对中子通量未知，利用 $^{197}\text{Au}$ 靶4.9 eV的共振峰的产额结合实验测量的源中子能谱来确定全能谱范围的产额。



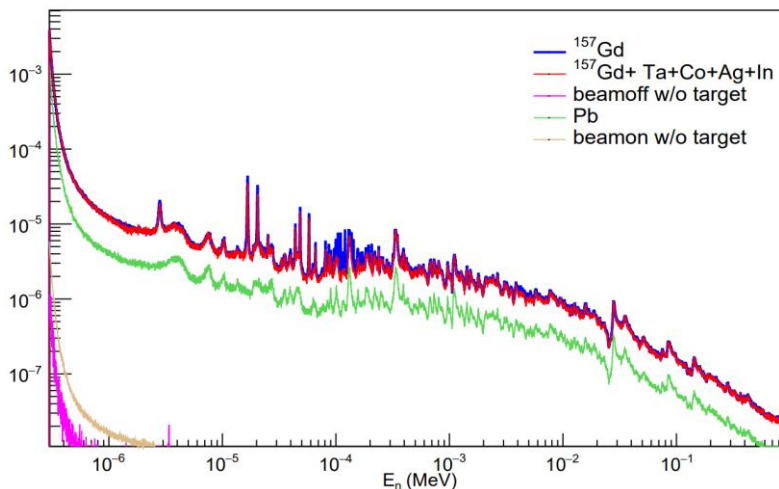


# 产额及本底测量

Au峰位拟合来刻度TOF



测量的本底



$$A = Y(^{157}\text{Gd}) - Y(^{157}\text{GdBeamoff})$$

$$B = Y(\text{Empty}) - Y(\text{Beamoff})$$

C 散射中子本底计算

D 束内  $\gamma$  本底

$$Y(\text{Sample}) = A - B - C - D$$

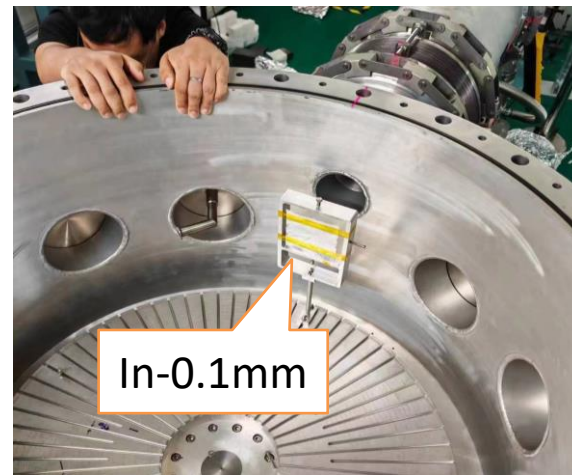
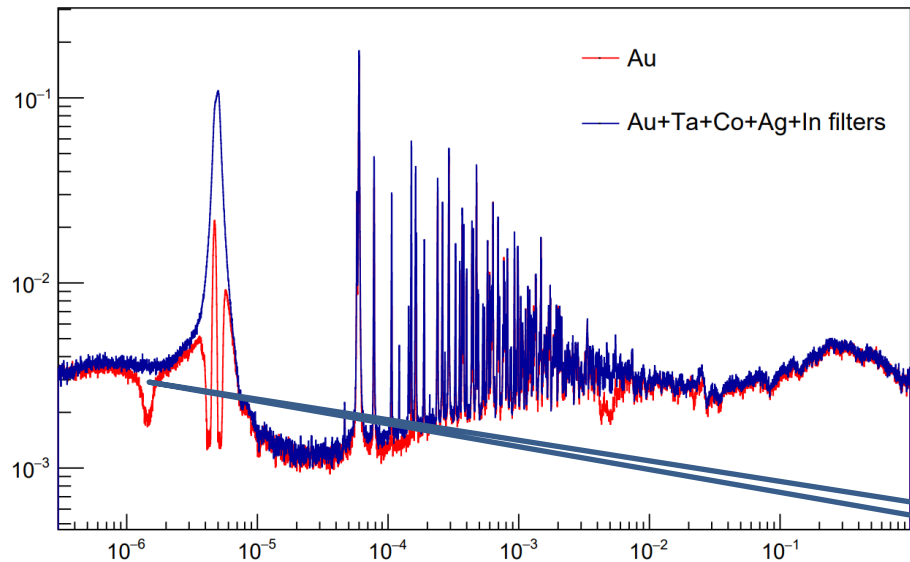
**既包含中子本底，又包含 $\gamma$ 本底，采用Pb的靶进行本底测量，吸收片本底校正**

## 不同成分的本底归一方式

- 有中子束流情况下的本底，用Li-Si探测器的积分计数来归一。
- 无中子束流情况下的本底：用测量时间来进行归一。



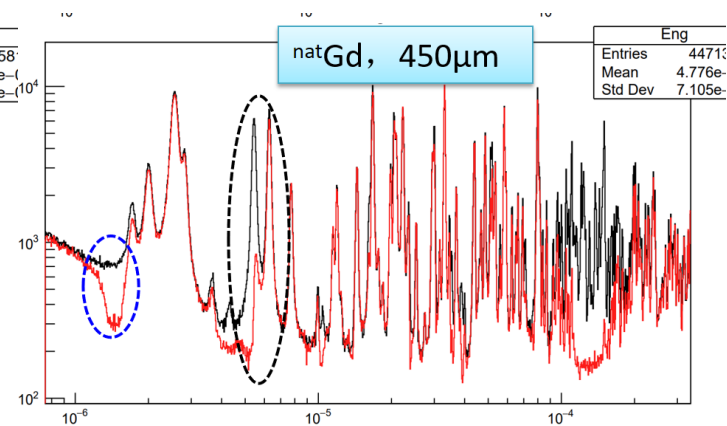
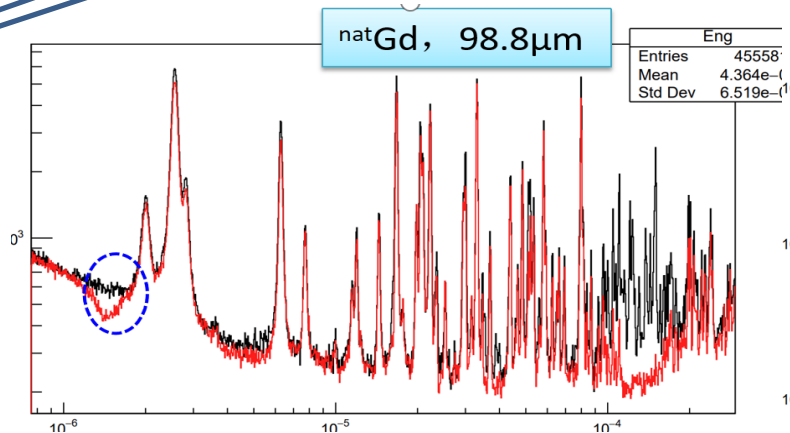
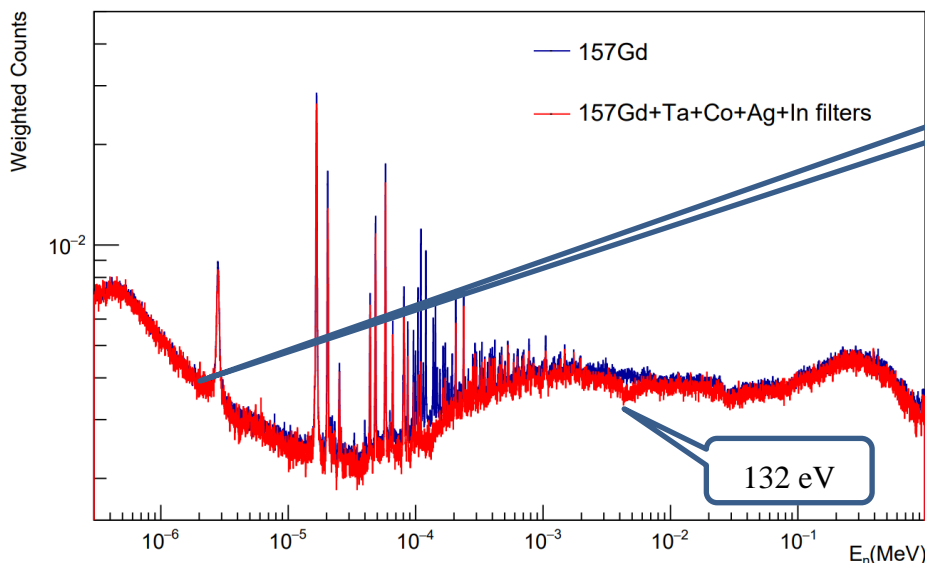
# 样品 + 吸收片



吸收片材料    强吸收峰能量

Ta/钽	4.28 eV, 10.34 eV
<sup>59</sup> Co/钴	132 eV
Ag/银	5.2 eV
<sup>115</sup> In/铟	1.457 eV

1.45eV

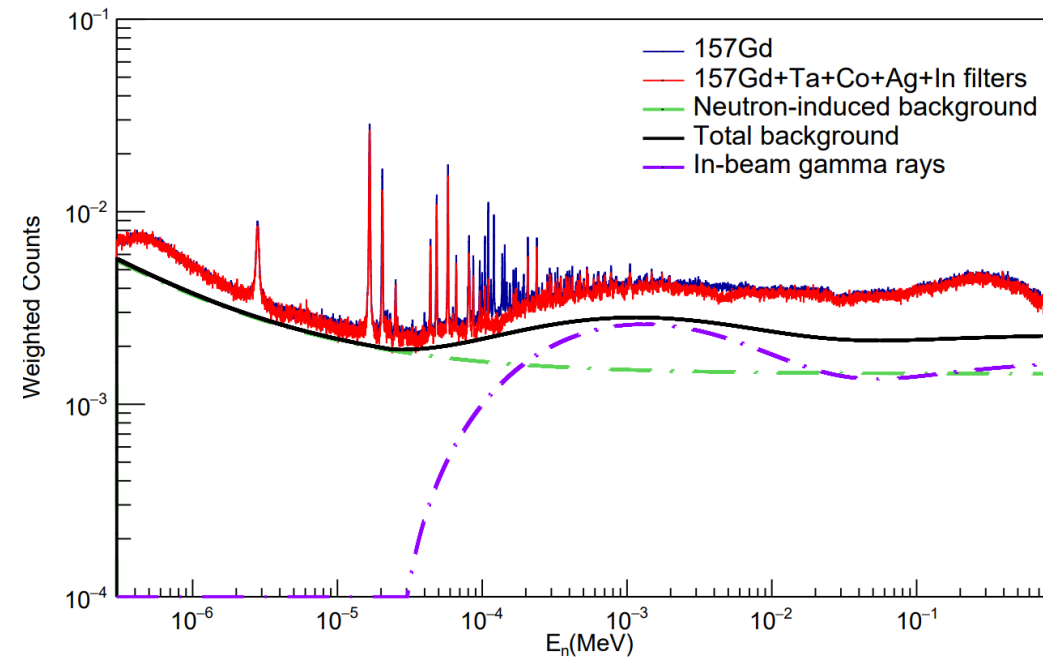
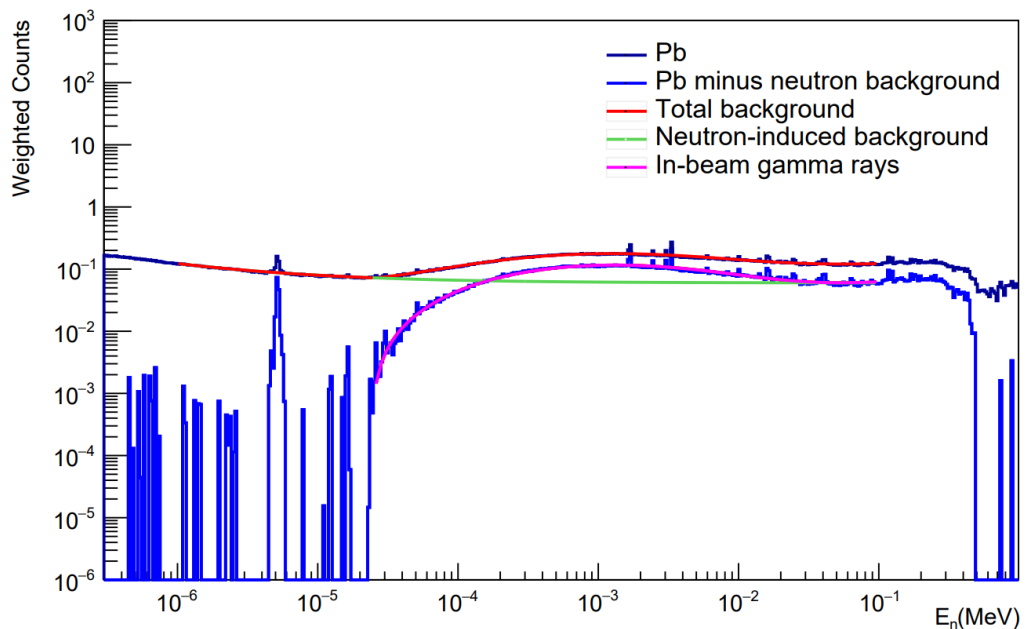


# 散射中子束内伽马本底处理

$$B_n(E_n) = a + b/\sqrt{E_n}$$

$$B_\gamma(E_n) = c + d \exp(-e/\sqrt{E_n}) + f \exp(g/\sqrt{E_n})$$

$$B(E_n) = f_n B_n(E_n) + f_{att} f_\gamma B_\gamma(E_n)$$



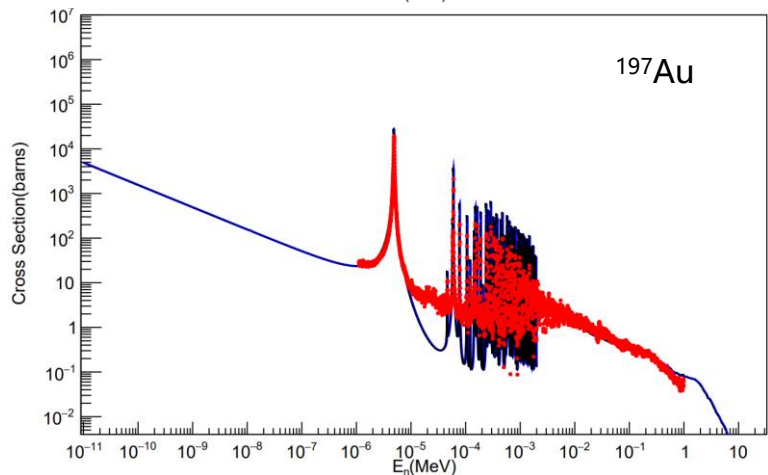
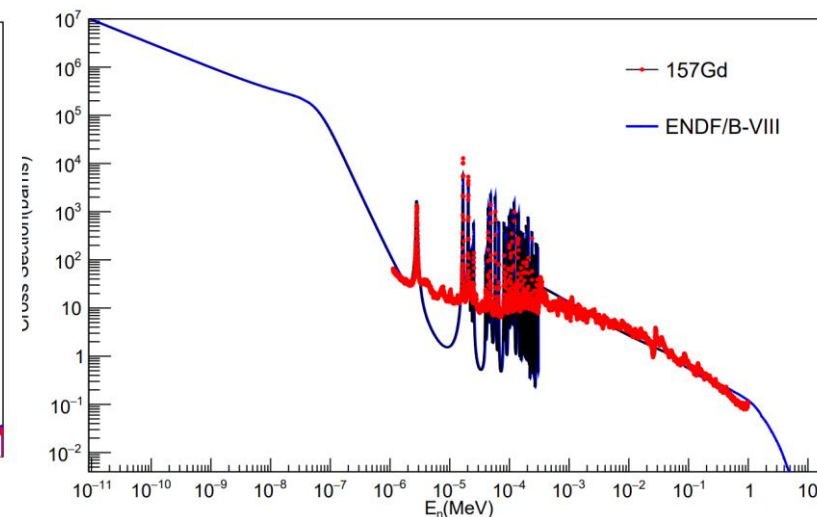
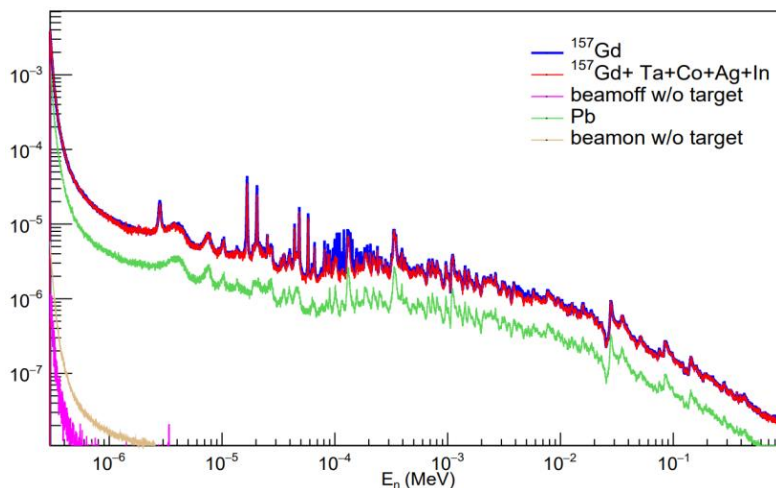
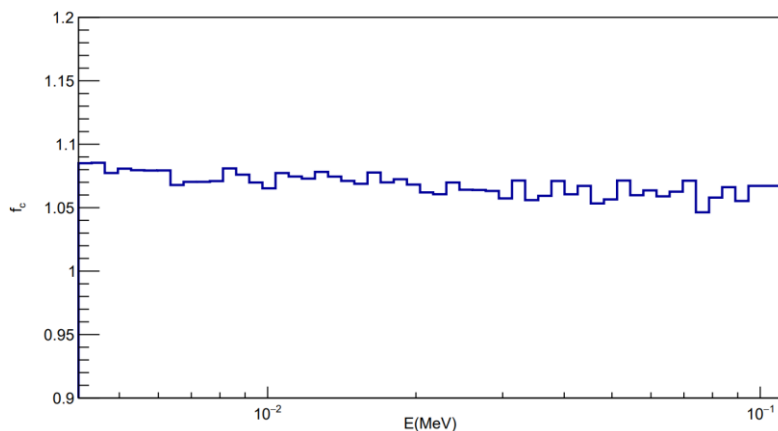
利用吸收片计数的谷底，来拟合束内伽马本底

# 截面分析初步结果

<sup>197</sup>Au的俘获截面用来验证数据处理流程

$$Y(E_n) = (1 - e^{-Nd\sigma_t(E_n)}) \frac{\sigma_c(E_n)}{\sigma_t(E_n)} f_c(E_n)$$

<sup>157</sup>Gd俘获截面




- 实验误差主要来源于中子能谱和本底扣除，放射性等忽略
- 1ev左右In吸收峰不太明显
- 在可分辨共振区实验截面高于评价值，需进一步分析

## 实验小结

 我们开展了 $^{157}\text{Gd}$ 和不同厚度 $\text{natGd}$ 俘获截面的测量，并初步的分析了 $^{157}\text{Gd}$ 的数据，共振能区本底扣除尚存在问题

## 后续工作

 热区本底还需通过模拟手段进行进一步扣除，对处理的 $\text{natGd}$ 数据，结合 $^{157}\text{Gd}$ 截面和ENDF给出 $\text{Gd155}$ 等其它同位素的截面

**谢谢！！**