

辐射防护及保健物理

司书屹 2022011090

2025 年 3 月 28 日

第五次作业

1. 伽马射线质量衰减系数与能量计算

伽马射线通过铅吸收体后，计数率 I 与初始计数率 I_0 的衰减关系为：

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

其中 μ 为线衰减系数，单位 cm^{-1} ， x 为铅厚度，单位 cm 。质量衰减系数定义为：

$$\frac{\mu}{\rho}$$

其中 ρ 为铅的密度，取 $\rho = 11.34 \text{ g/cm}^3$ 。

已知数据（铅厚度单位转换为 cm ）：

- 厚度 x (cm): 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5
- 计数率 I (cpm): 1000, 880, 770, 680, 600, 530, 390, 285, 210

取自然对数：

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\mu x$$

对数据进行最小二乘拟合，计算 $\ln(I/I_0)$ ：

- $x = 0, \ln(1000/1000) = 0$
- $x = 0.2, \ln(880/1000) \approx -0.1278$
- $x = 0.4, \ln(770/1000) \approx -0.2614$
- $x = 0.6, \ln(680/1000) \approx -0.3857$
- $x = 0.8, \ln(600/1000) \approx -0.5108$

- $x = 1.0, \ln(530/1000) \approx -0.6349$
- $x = 1.5, \ln(390/1000) \approx -0.9416$
- $x = 2.0, \ln(285/1000) \approx -1.2556$
- $x = 2.5, \ln(210/1000) \approx -1.5606$

拟合直线斜率为 $-\mu$ 。通过最小二乘法计算斜率：

$$\mu \approx 0.626 \text{ cm}^{-1}$$

质量衰减系数：

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{0.626}{11.34} \approx 0.0552 \text{ cm}^2/\text{g}$$

根据质量衰减系数 $\mu/\rho \approx 0.0552 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，查[铅的衰减系数表](#)，该伽马射线的能量范围在 1.25-1.5MeV 和 10-15MeV

2. 康普顿边沿计算

康普顿边沿对应散射电子的最大能量：

$$E_e(\text{max}) = h\nu \frac{2\alpha}{1 + 2\alpha}$$

其中 $\alpha = \frac{h\nu}{m_e c^2}$, $m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}$ 。

(1) ^{137}Cs 衰变, $h\nu = 662 \text{ keV} = 0.662 \text{ MeV}$ ：

$$\alpha = \frac{0.662}{0.511} \approx 1.295$$

$$E_e(\text{max}) = 0.662 \cdot \frac{2 \cdot 1.295}{1 + 2 \cdot 1.295} = 0.662 \cdot \frac{2.59}{3.59} \approx 0.477 \text{ MeV}$$

(2) ^{60}Co 衰变, $h\nu = 1332 \text{ keV} = 1.332 \text{ MeV}$ ：

$$\alpha = \frac{1.332}{0.511} \approx 2.606$$

$$E_e(\text{max}) = 1.332 \cdot \frac{2 \cdot 2.606}{1 + 2 \cdot 2.606} = 1.332 \cdot \frac{5.212}{6.212} \approx 1.118 \text{ MeV}$$

康普顿边沿：

- ^{137}Cs : 0.477 MeV
- ^{60}Co : 1.118 MeV

3. 快中子能量衰减估计

中子在石墨中通过弹性散射损失能量，平均对数能降为：

$$\xi = 1 - \frac{(A-1)^2}{2A} \ln \left(\frac{A+1}{A-1} \right)$$

石墨 (^{12}C), $A = 12$:

$$\xi = 1 - \frac{(12-1)^2}{2 \cdot 12} \ln \left(\frac{12+1}{12-1} \right) = 1 - \frac{121}{24} \ln \left(\frac{13}{11} \right)$$

$$\ln \left(\frac{13}{11} \right) \approx 0.1671$$

$$\xi = 1 - \frac{121}{24} \cdot 0.1671 \approx 1 - 0.842 \approx 0.158$$

初始能量 $E_0 = 2.5 \text{ MeV}$ ，目标能量 $E_n = 0.001 \cdot E_0 = 0.0025 \text{ MeV}$ 。散射次数 n ：

$$\ln \left(\frac{E_0}{E_n} \right) = n\xi$$

$$\ln \left(\frac{2.5}{0.0025} \right) = \ln 1000 \approx 6.908$$

$$n = \frac{6.908}{0.158} \approx 43.7$$

约需 44 次弹性散射。