

1.1.2 γ 辐射能量

刘梓航^{*}, 顾军[†]

南京大学 物理系, 南京 210093

【摘要】 本实验通过使用虚拟核仿真信号源 NEK0600-01G 和通用数据采集器 AV6012-GE, 进行 γ 能谱测量和吸收系数测定。实验分别测量了 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 的能谱, 通过不同计数时间取得结果并进行数据处理。实验结果表明, 能量刻度非常准确, 通过 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 确定的能量特性和吸收特性得以精确测定。

【关键词】 γ 辐射能谱, 能量刻度, 吸收系数测定

Experiments of Modern Physics in Nanjing University

Liu Zihang, Prof. Gu

Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Abstract: In this experiment, gamma-ray energy spectra and absorption coefficients were measured under different experimental conditions using the virtual nuclear simulation signal source NEK0600-01G and the general data collector AV6012-GE. The experimental methods included preheating equipment, peak position measurement of photoelectric peaks and backscatter peaks using multi-channel analyzer software, energy calibration, and calculation of absorption coefficients through experiments with absorbers. Data processing involved energy calibration calculations, estimation of energy resolution using full width at half maximum, and least squares fitting. Through these experiments and methods, the energy characteristics of radioactive sources and the absorption characteristics of different materials were accurately determined.

The radioactive sources measured were ^{137}Cs and ^{60}Co , with results obtained by averaging measurements taken at different counting times. After the measurements, data processing was carried out.

The experiment report detailed the experimental data and processing methods, providing important references for further research on the energy spectra and absorption characteristics of radioactive sources.

Key Words: gamma-ray energy spectra, energy calibration, absorption coefficient determination

1 引言

本次实验内容为 γ 能谱测量, 是一节以仿真数据和信号数据处理为核心的实验。

实验原理： γ 辐射

实验目的：

1. 掌握 $NaI\gamma$ 谱仪的原理及使用方法
2. 学会测量分析 γ 能谱测量
3. 学会测定 γ 谱仪的能量分辨率

应用场景：核反应与核结构、放射性同位素测量、高能物理、 γ 射线衍射、无损检测、天体物理

2 实验内容

在本次实验，通过使用虚拟核仿真信号源 NEK0600-01G 和通用数据采集器 AV6012-GE，在不同实验条件下进行 γ 能谱测量和吸收系数测定。实验方法包括预热设备、使用多道分析仪软件进行光电峰和背散射峰的峰位测量、能量刻度校准以及通过吸收片实验计算吸收系数。数据处理采用能量刻度计算、全宽半高估算能量分辨率和最小二乘法拟合等方法。通过这些实验和方法，可以精确测定放射源的能量特性及不同材料的吸收特性。

γ 能谱测量实验装置连接情况如图1所示。

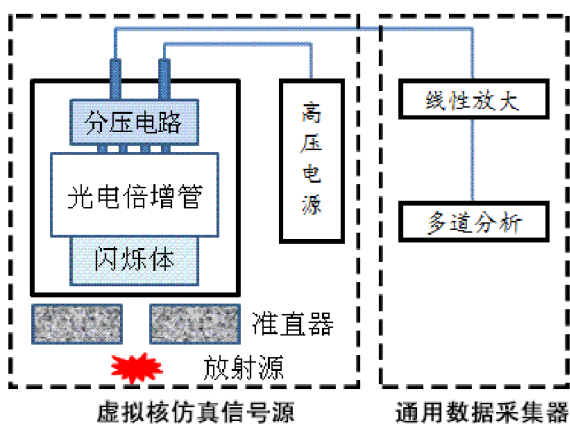


图 1 γ 能谱测量实验装置连接图

需要测量的放射源为 ^{137}Cs 和 ^{60}Co ，选用不同的计数时间取得结果取平均值。测量结束后，进行数据处理。

2.1 谱仪的探测效率

γ 谱仪的探测效率：

$$\eta = \frac{N}{St} \quad (1)$$

其中， N 为净计数， S 为强度， t 为测量时间。 ^{137}Cs 的 $S = 6.66 \times 10^3 Bq$

2.2 能量测量

能量测量：

$$E(X_p) = G(X_p) + E_0 \quad (2)$$

通过 ^{137}Cs 的 X_0 与 $E(X_0)$ 以及 ^{60}Co 的 X_1 与 $E(X_1)$ ，求得 ^{60}Co 的 $E(X_2)$ 。

已知：

$$\begin{aligned} E(X_0) &= 0.66 \text{ MeV} \\ E(X_1) &= 1.17 \text{ MeV} \\ E(X_2) &= 1.33 \text{ MeV} \end{aligned} \quad (3)$$

3 实验结果与分析

3.1 测量 ^{137}Cs 的能谱

3.1.1 $t=100$

设置放射源为 ^{137}Cs ，计数时间 100 秒：

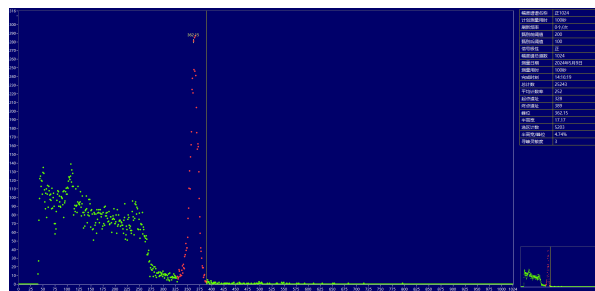


图 2 ^{137}Cs ，计数时间 100 秒

数据处理：

全能峰道址 $X_0 = 362.15$

半高宽左道址 $X' = 344.98$ 右道址 $X'' = 379.32$

全能峰左边界道址 $X_l = 328$ 右边界道址 $X_r = 389$

全能峰净计数 $N = 5203$

能量分辨率 $\varepsilon = \frac{X'' - X'}{X_0} = 9.48\%$

探测效率 $\eta = \frac{N}{St} = 0.78\%$

3.1.2 $t=200$

设置放射源为 ^{137}Cs ，计数时间 200 秒：

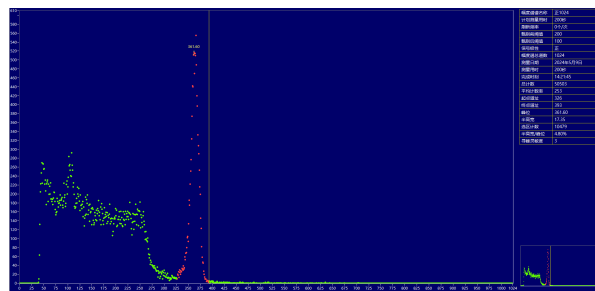


图 3 ^{137}Cs ，计数时间 200 秒

数据处理:

全能峰道址 $X_0 = 361.60$

半高宽左道址 $X' = 355.25$ 右道址 $X'' = 378.95$

全能峰左边界道址 $X_l = 326$ 右边界道址 $X_r = 393$

全能峰净计数 $N = 10479$

能量分辨率 $\varepsilon = \frac{X'' - X'}{X_0} = 9.60\%$

探测效率 $\eta = \frac{N}{St} = 0.79\%$

3.1.3 $t=300$

设置放射源为 ^{137}Cs , 计数时间 300 秒:

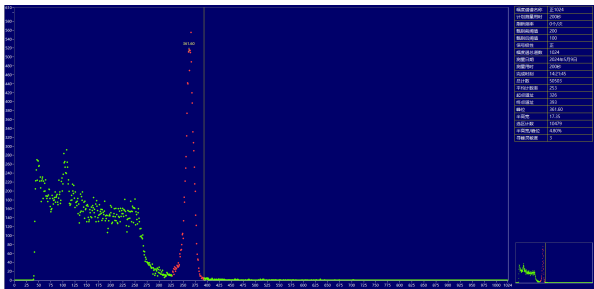


图 4 ^{137}Cs , 计数时间 300 秒

数据处理:

全能峰道址 $X_0 = 362.50$

半高宽左道址 $X' = 345.37$ 右道址 $X'' = 379.63$

全能峰左边界道址 $X_l = 333$ 右边界道址 $X_r = 391$

全能峰净计数 $N = 15768$

能量分辨率 $\varepsilon = \frac{X'' - X'}{X_0} = 9.45\%$

探测效率 $\eta = \frac{N}{St} = 0.79\%$

3.2 测量 ^{60}Co 的能谱

3.2.1 $t=600$ 左峰

设置放射源为 ^{60}Co , 计数时间 600 秒:

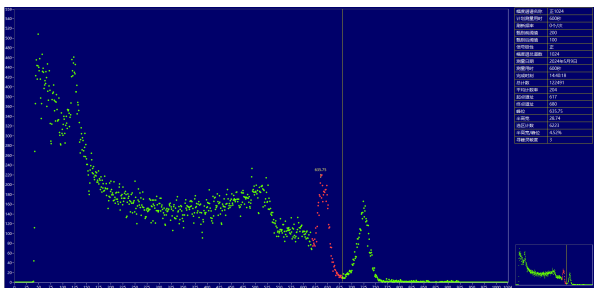


图 5 ^{60}Co 左峰, 计数时间 600 秒

3.2.2 $t=600$ 右峰

设置放射源为 ^{60}Co , 计数时间 600 秒:

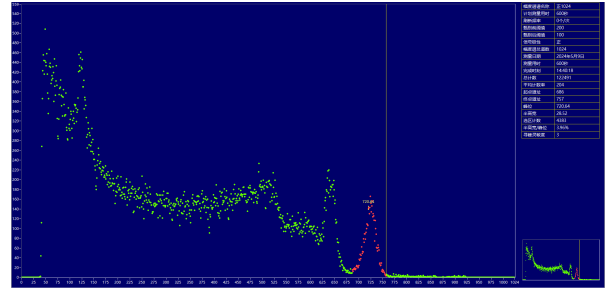


图 6 ^{60}Co 右峰, 计数时间 600 秒

数据处理:

左全能峰道址 $X_1 = 635.75$

右全能峰道址 $X_2 = 720.64$

左峰左边界道址 $X_l = 617$; 右边界 $X_r = 757$

左全能峰净计数 $N_0 = 6223$

3.3 对 ^{60}Co $E(X_2)$ 的计算

通过 ^{137}Cs 的 X_0 与 $E(X_0)$ 以及 ^{60}Co 的 X_1 与 $E(X_1)$, 可求 ^{60}Co 的 $E(X_2)$ 。

对 ^{137}Cs 的三次测量求平均: $X_0 = 362.08$, $E(X_0) = 0.66\text{MeV}$

对 ^{60}Co : $X_1 = 635.75$, $E(X_1) = 1.17\text{MeV}$

根据公式 $E_x = G \cdot x + E_0 = 1.86 \times 10^{-3} \cdot x - 0.0134(\text{MeV})$:

$E(X_2) = 1.33\text{MeV}$

与实际值相同。说明由 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 确定的能量刻度非常准确。