

一、实验目的

1. 掌握符合分辨时间的测量方法。
2. 利用 beta-gamma 符合法测定 ^{60}Co 源的活度。

二、实验原理

1. 符合分辨时间

任何符合电路都有一定的分辨时间，即，当两个脉冲信号的起始时间相差甚微，以至在符合电路的分辨时间之内被当作两个完全同时发生的信号而使符合电路有输出。符合电路所能分辨的最小时间间隔，为符合分辨时间。

2. 偶然符合法测符合分辨时间的原理

偶然符合计数率与符合分辨时间有一定的关系，可以利用这一关系来测定符合分辨时间。设探测器 1 和源 S_1 ，探测器 2 和源 S_2 ，各自进行独立测量，两个源之间有充分屏蔽，使得探测器基本上无法同时接受另一个源发出的粒子。若符合道有输出，即为偶然符合。设两通输出均为宽 τ 的矩形脉冲，1 道和 2 道的平均计数率分别为 n_1 、 n_2 ，则偶然符合计数率为 $n_{rc} = 2\tau n_1 n_2$ 。加上本底后偶然符合计数率为： $n_{rc}' = n_{rc} + n_{b,rc}$ 。若本底符合计数率基本为常数，则偶然符合计数率与 $n_1 n_2$ 基本成正比，斜率为 2τ 。

3. 利用瞬时符合曲线法测量符合分辨时间

若 n_1, n_2 很小，则 τ 难以测量准确，这时可以用瞬时符合曲线法测量。

在符合测量装置中，人为改变两个符合道的相对延迟时间 c_d ，符合计数率会随 c_d 的改变产生一个分布，利用这一个分布可以测量符合分辨率。

若输入理想矩形脉冲，则分布曲线为矩形；若用探测器信号作为脉冲信号，由于粒子进入探测器的时间与输出脉冲前沿之间的间距不固定，脉冲前沿存在统计性的离散，所以曲线将呈钟罩型。对于前者，其半高宽为电子学分辨率；对于后者，半高宽为符合分辨率。

4. beta-gamma 符合法测量放射源的活度

设放射源活度为 A ，探测效率分别为 $\epsilon_\beta, \epsilon_\gamma$ ，则 $n_\beta = A\epsilon_\beta$ ， $n_\gamma = A\epsilon_\gamma$ ，由于本底的存在，本底符合计数和射线进入探测器引起计数等因素，对上述关系需要进行修正，修正后的结果

$$A = \frac{[n_\beta(\beta) - n_\beta(b) - n_\beta(\gamma)][n_\gamma(\gamma) - n_\gamma(b)]}{n_{\beta\gamma}(\beta, \gamma) - 2\tau n_\beta n_\gamma - n_{\beta\gamma}(\gamma, \gamma)}$$

三、实验内容：

1. 用示波器观察符合装置的各级信号；调节符合延迟时间，观察各级信号。
2. 用偶然符合法测量符合分辨率。
3. 用瞬时符合曲线法测量符合分辨率。
4. 用 beta-gamma 符合法测定 ^{60}Co 源的放射性活度。

四、实验步骤:

1. 连接好仪器。用精密脉冲发生器的输出脉冲微信号, 调节放大器放大倍数及成形时间, 调节单道的阈值及符合电路的延迟时间, 使符合电路有符合输出。
2. 把一路的延迟固定, 连续调节另一路的延迟时间, 从示波器上观察符合输出波形的变化, 在有符合输出的延迟内选择2-3点测量符合计数, 观察符合计数是否有变化。
3. 以探测器信号代替脉冲发生器信号, 细测瞬态符合曲线。将一路的延迟时间固定另一路以延迟 $0.1\mu s$ 为步长调整, 测量个点符合计数, 直至测出整个曲线。
4. 将延迟时间调整到符合曲线中间, 测量源的绝对活度。
5. 用 ^{137}Cs 作为偶然符合源, 测量 n_1 、 n_2 、 n_c 、 $n_{b(1,2)}$, 算出符合分辨率并与符合分辨曲线的分辨率相比较。

苗立扬

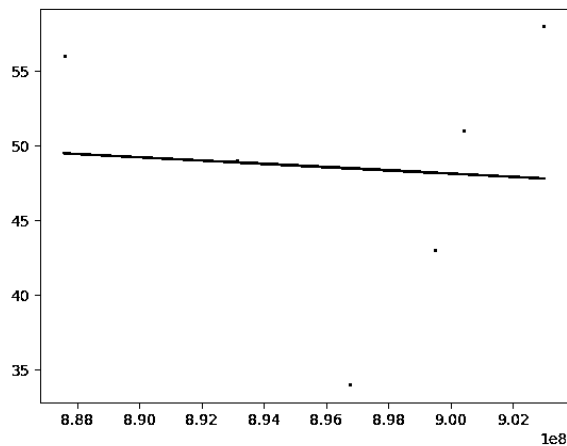
PB19000132

五、数据分析处理:

1、用偶然符合法测量符合分辨时间:

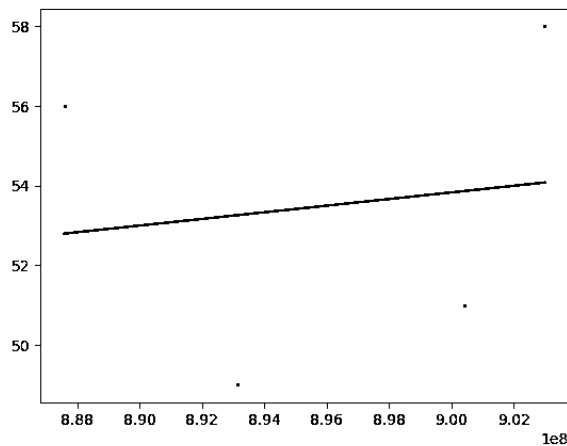
原始数据见附纸

实验得到 n_b , n_n , n_{rc} 按照给定公式拟合后结果如图:



拟合得到 $2\tau = -0.11\mu s$, 不确定度 $0.78\mu s$, 拟合优度 0.004 , 结果不是很理想。

剔除个别点后, 得到拟合优度最大的拟合结果:



拟合得到 $2\tau = 0.083\mu\text{s}$, 不确定度 $0.42\mu\text{s}$, 拟合优度 0.019 , 结果不是很理想。

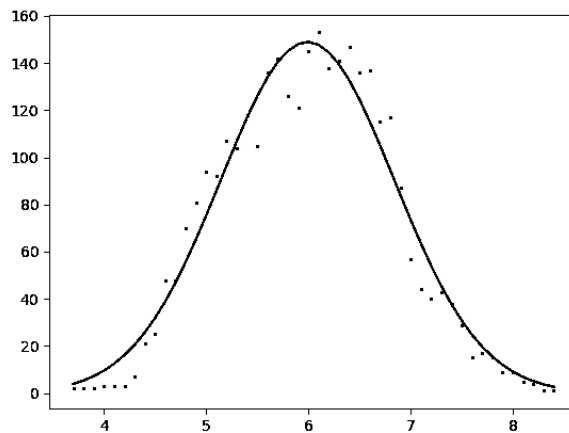
我们可以发现与使用瞬态符合曲线的结果相差较大, 推测是因为 n_{rc} 较小, 导致测量不够准确。

2、用瞬态符合法测量符合分辨率:

我们拟合得到结果如图:

苗立扬

PB19000132



拟合得到 $b = 1.20 \mu s$

故计算得到 $2\sigma = 2b * 0.833 = 1.99 \mu s$ 。

拟合优度为 0.96, 拟合结果较好, 符合我们的期望。

3、测量源的绝对活度

测量结果求均值后, 如下表所示

只有源

苗立揚

PB19000132

n_b	3960
n_r	21506
n_{br}	277
源和铝片	
n_b	1026
n_r	22332
n_{br}	68
空白本底	
n_b	250

n_r	4195
n_{br}	3

代入公式并采用瞬时法测得的可信度较高的 c 值, 我们有源的绝对活度为:

$$A = \frac{[n_\beta(\beta + \gamma + b) - n_\beta(\gamma + b)] \cdot [n_\gamma(\gamma + b) - n_\gamma(b)]}{n_{\beta\gamma}(\beta + \gamma + b, \gamma + b) - n_{\beta\gamma}(\gamma + b, \gamma + b) - 2\tau[n_\beta(\beta + \gamma + b) - n_\beta(\gamma + b)]n_\gamma(\gamma + b)}$$

$$A = 6.77 \times 10^5$$

六、思考题:

1、理论上是可以的, 只需要将 b 探头和 r 探头分别换为 r_1 和 r_2 探头, 并选择适当的吸收片过滤掉 r_1 光子即可。

$r-r$ 符合法有着比较大的局限性, 需要要求 r_2 探头不能探测 r_1 光子, 需要将其滤掉, 并且由于 r_1 和 r_2 光子的能量接近, 滤掉 r_1 的同时也可能影响 r_2 的测量。

2、是偶然符合。因为 r_1 与 r_2 光子并不是级联衰变, 而 $b-r$ 是级联衰变, 在 $r-r$ 符合时, r_1 与 r_2 光子并不能符合, 因此测得的 $r-r$ 符合是偶然符合。本底符合也是偶然符合。

3、 ^{137}Cs 是 b 和 r 的级联衰变, 但是二者的时间间隔为 2.6min , 而实验采用的装置, 符合分辨率远小于这个时间间隔, 因此真符合的概率远小于偶然符合, 所以可以将其看作两个独立的放射, 可以用同样的方法测量其活性。