

课前作业 20 小结

一、 主观题

1) L20P6, 如何理解 Knoll 的描述中, 积累因子 B 会随着被测物体厚度的变大而变大? 由于 B 因子的存在, 我们对于被测量物体厚度的分析会显得变大还是变小?

参考答案:随着被测物体厚度的变大, 散射光子相较于直射光子的比例逐渐增大, 散射光子的贡献增加, 因此积累因子变大。由于 B 因子的存在, 透射光子强度的测量值是偏大的, 于是我们对于被测量物体厚度的分析会偏小。

2) L20P14P16, 根据本节课的内容, 为什么第一组的数据是更加合理的?

参考答案:一般情况下, 放射源的计数服从泊松分布, 第一组数据的均值 50.4 与方差 48.7204 近似相等, 满足泊松分布的特征。而第二组数据的标准差太小, 结果过分一致, 很有可能测量的并不是感兴趣的信号; 第三组数据的标准差又太大了, 可能在测量中仪器不稳定, 没有抑制住噪声。

3) L20P15, 为何 B 同学的精度更高?

参考答案:对于核测量而言, 总计数多就代表精度好, 探测器计数 N 的相对标准偏差

$$\nu_N = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

而 B 同学的探测器计数更大, 因此 B 同学的精度更高。本题很多同学讨论了计数率或测量时间, 实际上是没必要的, 看总计数即可。

4) L20P20, 此页中的系统误差来源是什么?

参考答案：系统误差来源的来源为图中 c 的反散射峰，受外界环境（如探测器外壳）的影响。此外，a 为全能峰（662 keV），b 是全能峰对应的康普顿边沿，d 则为 ^{137}Ba 的 K_{α} X 射线峰（32 keV）。

5) 泊松串级伯努利是泊松分布，对吗？反过来，如果伯努利过程串级泊松，还是泊松分布吗？

参考答案：泊松串级伯努利是泊松分布，而伯努利过程串级泊松，并不是泊松分布。排除后者可代入 P32 的期望值和方差公式，发现伯努利过程串级泊松后的期望值和方差不相等。

6) 什么情况下，级联变量的精度主要由第一级变量的精度贡献？

参考答案：参考 P34 的公式可知，当第一级变量的期望值很大（且各级随机变量的乘积也很大）时，级联变量的精度主要由第一级变量的精度贡献。

7) 如果某放射源由单一放射性核素 A 构成，A 的半衰期为 10 分钟，则在 1 分钟内的时长内测量得到的该放射源的计数服从什么分布？1 秒钟内呢？

参考答案：

放射源在某个时间段内发生的衰变数，一定严格服从二项分布，而是否服从泊松分布得看是否满足两个条件，即 N_0 大 p 小是否成立。而放射源的计数与放射源的衰变数满足同一类型的分布，本题中 N_0 大的条件可满足，关键便在 p 小的条件是否成立。

在 1 分钟内的时长内，每个原子核发生衰变的可能性为

$$P_1 = 1 - e^{-\frac{\ln(2)}{T}t} = 1 - e^{-\frac{\ln(2)}{10 \times 60} \times 60} = 0.067$$

不满足远小于 1，因此该放射源的计数满足二项分布。

而在 1 秒钟的时长内，每个原子核发生衰变的可能性为

$$P_2 = 1 - e^{-\frac{\ln(2)}{T}t} = 1 - e^{-\frac{\ln(2)}{10 \times 60} \times 1} \approx 1.15 \times 10^{-3} \ll 1$$

满足泊松分布。

三、填空题

忽略探测系统的分辨时间 τ (假设 $\tau=0$)，放射源产生的射线每秒钟有 10000 个进入探测器并形成了能量沉积，请问与探测器连接的计数器的“万位数”发生进位的时间差的标准偏差是多少？[填空 1] (秒)

参考答案：

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{S}{m^2}} = \sqrt{\frac{10000}{10000^2}} = 0.01$$

四、填空题

若粗估知道源的净计数率为 3cps，而本底的计数率为 1cps，现有 1 小时的时间来对源的活度进行精测，请问应为源测量留出多少时间？[填空 1]分钟

参考答案：

$$t_s = \frac{\sqrt{n_s / n_b}}{1 + \sqrt{n_s / n_b}} T = \frac{\sqrt{4/1}}{1 + \sqrt{4/1}} \times 60 = 40$$

注意公式中的 n_s 是源加本底的计数。很多同学代成源的净计数了。