

课前作业 21 小结

一、 主观题

1) L21P7P8, 为什么 δ 电子的电离会对 Fano 因子构成影响?

参考答案: 带电粒子在物质中的各次碰撞不是完全独立的, 碰撞的后果也并不相同。有可能没有产生电子离子对, 也有可能产生了电子离子对, 但该电子离子对的动能不足以引起进一步电离。这两种情况都对总离子对数 n 的随机性有贡献, 即沉积能量 I 并不对应一个电子离子对的产生。而 δ 电子将引起进一步的电离, 相当于用确定性的能量 I 产生一个电子离子对后, 剩余能量重新参与电离, 因此对总离子对数 n 的确定性具有贡献, 降低了 n 的方差, 即对 Fano 因子构成了影响。

2) L21P17, 解释为什么答案是 D? (结合 L21P15)

参考答案: 如 L21P15 所示, 总离子对数的相对标准偏差为

$$v_N^2 = \frac{1}{\bar{n}_1} \left(1 + \frac{F}{\bar{n}_2} \right)$$

相对涨落主要由第一级随机变量的期望值 \bar{n}_1 决定, 而由于 \bar{n}_2 的值较大且 F 的变化范围有限, 法诺因子 F 对相对涨落的影响较小。而选项 A, B, C 均是影响 \bar{n}_1 的, 选项 D 则主要影响 F , 综上所述, 应选 D 选项。

3) L21P18, 应该选哪一项, 为什么? (结合后面的讨论)

参考答案: 应选 C 选项。源的活度的增加将引起更大的死时间计数率损失。

4) L21P30, 进位数越高的信号, 其时间间隔越趋近周期化, 对吗? 试解释原因。

参考答案: 是正确的, 进位信号时间间隔的相对标准偏差 $v_{T_s}^2 = 1/\sqrt{S}$, 因此随着

进位率 S 的增大，相对标准偏差下降，进位信号时间间隔的随机性降低，确定性增大，越来越像一个周期信号。

5) L21P36~42，如何理解在精度（相对涨落）的表达式中，测量时间并不出现？

参考答案：相对涨落本身是无量纲的，测量时间 t 仅仅是中间变量，而非决定性因素，起到影响总计数的效果。

6、判断题

在雪崩效应中，一个电子通过碰撞电离可以制造 M (例如 100) 对的电子离子对，使得气体中的总电子离子对数目增多 (例如原来是 N 对，现在变成了 $N \cdot M$ 对)。因此，雪崩效应会使得载流子数目的统计性改善？

参考答案：

并没有改善。假设总电子离子对数目为 $I = N \times M$ 。则相对标准偏差

$$\nu_I^2 = \nu_N^2 + \frac{1}{N} \nu_M^2 = \frac{F}{N} + \frac{1}{N} \nu_M^2$$

若场强不足以发生雪崩，则总电子离子对数目为 $I = N$ ，此时

$$\nu_I^2 = \nu_N^2 = \frac{F}{N}$$

因此雪崩效应实际上是不利于载流子数目的统计性改善的。同学千万不能直接认为雪崩后的总电子离子对数目服从简单的泊松分布，于是相对标准偏差正比于 $1/\sqrt{I}$ ，这样会得到统计性改善的错误结论。