

## 符合测试

符合测试是指：要求两个（或多个）独立探测器在极短时间窗口内**同时**产生信号，才记录为一个有效事例。只有两路信号都触发，才认为是真实粒子穿过。

单个探测器的噪声、热激发、宇宙线等会产生假信号。符合要求双层都响应，大幅压制随机噪声触发。如 PPT 第 10 页的 $\beta$ 望远镜，用 Reference LGAD + DUT 的符合来筛选真实的 $\beta$ 粒子事例。

时间分辨率的定义是测量"同一粒子到达两个探测器的时间差  $\Delta T$ "的分布宽度，即：

$$\sigma_{system}^2 = \sigma_{Ref}^2 + \sigma_{DUT}^2$$

必须是**同一粒子**在两层上触发，才能形成有意义的时间差。没有符合约束，你无法确认两个信号是否来自同一粒子， $\Delta T$ 就没有物理意义。

## 朗道效应与消除方法

带电粒子（MIP）穿过探测器的能量沉积量不是固定值，而是服从**朗道分布**——这是一个长尾分布，大部分事例沉积能量集中在最可几值附近，但有一条向高能量延伸的长尾（来自产生高能 $\delta$ 射线的少数碰撞）。

这导致每次粒子穿过，电离产生的电荷量有随机涨落：信号幅度  $A$  是随机变量，分布宽、非高斯。

问题本质是 **time walk 效应**：触发阈值固定时，幅度大的信号更早过阈，幅度小的更晚过阈，即使粒子到达时间相同，记录的时间戳也不同。

$$\sigma_{timewalk} \propto \frac{\Delta A}{dV/dt}$$

### 标准解决方法：恒比定时

不用固定阈值触发，而是在信号幅度的固定**比例**（如 20%）处取时间戳。这样幅度大小不影响触发时刻，消除了 time walk。

### 实验上的做法——事后软件修正：

由于实验中常用示波器直接采波形，可以：

1. 记录每个事例的信号幅度  $A$  (或电荷量  $Q$ ) 和原始时间戳  $t$
2. 画出  $t$  vs  $A$  的散点图, 拟合出 time walk 曲线  $t_{walk}(A)$
3. 对每个事例做修正:  $t_{corrected} = t - t_{walk}(A)$
4. 用修正后的  $\Delta T$  分布来提取时间分辨率

此外, 还可以加**幅度选择**: 只保留幅度落在朗道分布最可几值附近窄区间内的事例, 牺牲统计量换取更均匀的信号, 降低 time walk 散布。两种方法通常结合使用。

The image shows a web browser window displaying a simulation titled "S3 - 介质球在均匀场中". The simulation visualizes the electric field lines around a dielectric sphere. The control panel includes sliders for  $\epsilon_r$  (set to 5.0),  $E_0$  (set to 0.429), and  $q$  (set to 1.714). The real-time physics display shows  $E_{in} = 0.429$ ,  $P = 1.714$ , and  $P = 3676561.003$ .

The code editor window shows the file structure of the project:

文件	大小	说明
style.css	16KB	深色科学仪器风, CSS 变量体系, 响应式布局 (桌面左右/移动上下)
common.js	33KB	物理引擎 + RK4 追踪 + Canvas 绘图 + UI 组件 + localStorage 持久化
index.html	8KB	12 张场景卡片网格, S3 可点击
s03_dielectric_ball.html	28KB	S3 完整场景页

已实现的功能

四种模式: 介质球 / 导体球 / 球形空腔 / 固有极化球, 各有独立的物理公式

画布渲染:

- 40 条场线通过 4 阶 Runge-Kutta 法实时追踪
- 球面极化电荷着色 (红 = 正电荷, 蓝 = 负电荷, 深浅对应密度)
- 球内场强箭头 + 右上角数值标注
- 背景均匀场虚线指示 + 坐标轴参考线
- 鼠标滚轮缩放 + 拖拽平移 + 双击重置

控制面板:

- $\epsilon_r$  滑动条 (1-20) + 3 个快捷按钮 ( $\epsilon_r=1, 2, \infty$ )
- $E_0$  滑动条 (0.5-2.0)
- $q$  滑动条 (40-140px)
- $P$  滑动条 (仅固有极化球模式显示)
- 实时物理量显示 ( $E_{in}, P, p$ )