

第五次科创作业

1. 什么是“符合”测试，为什么要进行符合测试，为什么时间分辨率的测量要用符合信号来测量？

答：

(1) 符合测试 (Coincidence Test) 是粒子物理探测中，通过设置特定时间窗口，筛选出多个探测器在相近时间内同时 (或时间差极短) 产生的信号，判定为来自同一粒子事件的测量方法。只有当多个探测器的信号到达时间差落在预设的“符合时间窗口”内时，才会被记录为一次有效“符合事件”，以此区分真实粒子信号与本底噪声。

(2) 为什么要进行符合测试

抑制本底噪声：宇宙线、电子学噪声等本底信号是随机分布的，多个探测器同时触发的概率极低；而真实粒子会同时穿过多个探测器，产生同步信号，通过符合筛选可大幅压低误触发率。

区分真实物理事件：在高本底环境中，符合条件是判断信号是否来自同一粒子相互作用的核心判据，能有效排除无关事件的干扰。

关联多探测器信息：通过不同探测器的符合信号，可重建粒子的径迹、种类、能量等完整物理信息，是粒子探测实验的基础技术之一。

(3) 为什么时间分辨率测量要用符合信号

探测器的时间分辨率定义为：同一粒子事件中，两个探测器输出信号的时间差分布的半高全宽 (FWHM) 或标准差。

只有来自同一粒子的两个信号，其时间差的分布才直接反映探测器本身的时间响应特性；随机本底信号的时间差无物理意义，无法用于统计时间分辨率。

利用同一粒子穿过两层探测器产生的符合信号，测量其时间差的分布，可直接得到探测器系统的本征时间分辨率，避免了随机噪声的干扰。

2. 由于朗道效应，真实的粒子在器件中的能量沉积不均匀，对于同一个粒子在两层上下排列的两层探测器产生的信号，在进行符合信号来统计时间分辨率时，应该怎么样消除能量沉积不均匀的因素。

(1) 了解什么是朗道效应

(2) 怎么消除信号幅度不一致带来的误差

答：

(1) 什么是朗道效应

朗道效应 (Landau 效应)，也叫朗道涨落，描述了带电粒子穿过薄介质层时，能量沉积的统计涨落现象。带电粒子与介质原子发生电离碰撞时，每次碰撞损失的能量是随机的：大部分碰撞损失能量较少，少数“大能量转移”碰撞会造成能量沉积的显著波动，最终能量沉积的分布呈现非对称的朗道分布 (长拖尾)。对于薄探测器，这种涨落尤为明显，同一粒子在不同探测器层的能量沉积差异会很大，导致输出信号幅度不一致。

(2) 如何消除信号幅度不一致带来的误差

信号幅度不一致会导致时间游走 (Time Walk) 误差：探测器信号幅度不同时，过阈值的时刻会发生偏移，影响时间测量的准确性。可通过以下方法消除：恒比定时 (Constant Fraction Discriminator, CFD) 不设置固定阈值，而是取信号幅度的固定比例 (如 20%) 作为定时点，这样无论信号幅度大小，定时点始终对应信号的同一上升沿比例，消除幅度对定时时刻的影响。时间-幅度校正对每个信号的幅度与定时偏差进行标定，建立幅度-时间偏差的校正曲线，在离线数据处理中根据信号幅度修正时间戳。前端信号成形与放大通过成形电路将不同幅度的信号转换为上升沿斜率一致的脉冲，降低幅度差异对过阈值时刻的影响。能量窗筛选在数据处理中，对两个探测器的信号能量 (幅度) 设置匹配的能量窗，仅选取能量沉积在相

