

核探测技术与闪烁体探测器应用实践

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	章志明
所在院所名称	中国科学院高能物理研究所
职称/职务	研究员
导师或课题组介绍网址:	https://people.ucas.edu.cn/~zhangzhiming
电子邮箱和联系电话	zhangzhm@ihep.ac.cn 13693360188
一级学科	物理学
二级学科	1、物理学：理论物理、粒子物理与原子核物理、凝聚态物理、光学；
主要研究方向	核探测与核成像技术
日常协助指导人	课题组内老师、博士后或高年级学生

二、项目基本情况	
项目名称	核探测技术与闪烁体探测器应用实践
项目科学意义	<p>核探测技术是粒子物理、核物理、核安全监测、医学影像及深空探测等领域的基础支撑技术。闪烁体探测器耦合光电转换器件（如 PMT、SiPM）是目前应用最广泛的核辐射探测方案，其核心科学价值在于实现从“核辐射存在性判别”到“能量、时间、位置多维信息定量获取”的能力跨越。</p> <p>项目以掌握核辐射与物质相互作用基础、微弱光电信号的检测与处理、核探测器基本原理及设计开发思想为核心目标，开展从基础实验到探测器设计的全链条实训。项目面向本科生开展系统化的核探测技术实训，可为我国核安全监控、高端医疗影像装备（PET/CT）、高能物理实验、深空探测等领域，储备具备“辐射物理解+光电器件掌握+信号读出设计”能力的复合型工程技术人才。</p>
使用的实验方法、仪器设备、数据软件	<p>主要仪器设备包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Na-22、Cs-137、Co-60、Am-241 等标准 γ 源 (2) NaI(Tl) 晶体、LYSO 晶体等多类型闪烁晶体 (3) SiPM、PMT 等多类型光电探测器件 (4) 数字示波器 ($\geq 200\text{MHz}$)、桌面级多道分析仪等电子学设备 <p>主要数据软件包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 能谱分析：Origin、自制 Python 程序 (2) 仿真工具：Geant4（可选，用于探测器响应模拟）
本科生研究任务	<ol style="list-style-type: none"> (1) 核辐射探测基础实验与闪烁体性能表征：使用 γ 标准放射源，开展辐射与物质相互作用的基础实验，测试不同闪烁体材料（NaI(Tl)、LYSO 等）耦合 SiPM/PMT 后的性能，获取各闪烁体的能谱响应（识别特征峰）、能量分辨率、发光衰减时间常数，建立不同闪烁体适用场景的判断依据。 (2) 光电探测器性能测试与信号读出链路设计：搭建并调试前置放大电路、整形电路与阈值甄别电路，构建完整的微弱光电信号读出链路。使用示波器与多道分析仪测试链路的功能性能，优化电子学参数。 (3) 符合测量系统搭建：基于双探测器（如两个 LYSO/SiPM 模块）搭建符合测量平台，利用 ^{22}Na 放射源的 511 keV 湮灭 γ 光子进行符合测试，测量符合时间谱并计算符合时间分辨率。
大致时间安排	<ol style="list-style-type: none"> (1) 5 月、6 月进行文献调研； (2) 7 月、8 月来高能所开展为期 2 月的实践； (3) 8 月进行总结报告。
预期目标和成果	<p>预期目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 掌握核辐射与物质相互作用的基本规律，理解闪烁体探测器的工作原理（能量转换、光传输、光电转换、信号读出），熟悉不同类型

二、项目基本情况	
形式	<p>探测器的性能特点与适用场景：</p> <p>(2) 掌握闪烁体+SiPM/PMT 探测系统的搭建与调试方法，能够独立完成能谱采集、能量刻度、能量分辨率计算等基础实验；</p> <p>(3) 初步具备微弱光电信号读出电路的设计能力，能够根据应用需求选型闪烁体与光电探测器，完成小型探测器的集成与测试。</p> <p>成果形式：</p> <p>(1) 完成至少 2 种闪烁体 (NaI(Tl)、LYSO) 的能谱测试报告，获取各闪烁体对 Cs-137 的特征 γ 能谱，计算能量分辨率并对比分析。</p> <p>(2) 成功搭建前置放大+整形+甄别信号读出链路，在此基础上，成功搭建双探测器符合测量平台，完成符合时间分辨率的测量。</p>
实践地点	高能所本部（北京市玉泉路）、济南研究部
三、对学生的要求与保障措施	
拟接收人数	1-2 人
专业知识要求	英语阅读能力、大学物理、计算机基础
工作时间要求	寒暑假需全日制参与 2 个月
课题组支持条件	提供实验耗材、工作餐补等

项目基本情况模板

“核探测技术与闪烁体探测器应用实践”

项目简介

1、项目科学意义

核探测技术是粒子物理、核物理、核安全监测、医学影像及深空探测等领域的基础支撑技术。闪烁体探测器耦合光电转换器件（如 PMT、SiPM）是目前应用最广泛的核辐射探测方案，其核心科学价值在于实现从“核辐射存在性判别”到“能量、时间、位置多维信息定量获取”的能力跨越。

项目以掌握核辐射与物质相互作用基础、微弱光电信号的检测与处理、核探测器基本原理及设计开发思想为核心目标，开展从基础实验到探测器设计的全链条实训。项目面向本科生开展系统化的核探测技术实训，可为我国核安全监控、高端医疗影像装备（PET/CT）、高能物理实验、深空探测等领域，储备具备“辐射物理解+光电器件掌握+信号读出设计”能力的复合型工程技术人才。

2、使用的实验方法、仪器设备、数据软件等

主要仪器设备包括：

- (1) Na-22、Cs-137、Co-60、Am-241 等标准 γ 源
- (2) NaI(Tl)晶体、LYSO 晶体等多类型闪烁晶体
- (3) SiPM、PMT 等多类型光电探测器件
- (4) 数字示波器（ $\geq 200\text{MHz}$ ）、桌面级多道分析仪等电子学设备

主要数据软件包括：

- (1) 能谱分析：Origin、自制 Python 程序
- (2) 仿真工具：Geant4（可选，用于探测器响应模拟）

3、对学生专业知识背景等方面的要求

本课题适合对粒子物理、核物理、计算机等综合性问题感兴趣的同学，必须具备对待事情严格认真的态度。专业知识只需要具备基本的物理与计算机基础即可，入选后会在组内进行集中培训。寒暑假需全日制参与 2 个月。

4、项目预期目标、成果和收获

预期目标：

- (1) 掌握核辐射与物质相互作用的基本规律，理解闪烁体探测器的工作原理（能量转换、光传输、光电转换、信号读出），熟悉不同类型探测器的性能特点与适用场景；
- (2) 掌握闪烁体+SiPM/PMT 探测系统的搭建与调试方法，能够独立完成能谱采集、能量刻度、能量分辨率计算等基础实验；
- (3) 初步具备微弱光电信号读出电路的设计能力，能够根据应用需求选型闪烁体与光电探测器，完成小型探测器的集成与测试。

成果形式：

- (1) 完成至少 2 种闪烁体（NaI(Tl)、LYSO）的能谱测试报告，获取各闪烁体对 Cs-137

的特征 γ 能谱，计算能量分辨率并对比分析。

(2) 成功搭建前置放大+整形+甄别的信号读出链路，在此基础上，成功搭建双探测器符合测量平台，完成符合时间分辨率的测量。