

## 来自宇宙的探针：宇宙线 $\mu$ 子成像应用实践

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	魏龙
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:	<a href="https://people.ucas.edu.cn/~weilong">https://people.ucas.edu.cn/~weilong</a>
电子邮箱和联系电话	weil@ihep.ac.cn 15611938019
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	射线成像技术
日常协助指导人	课题组内老师、博士后或高年级学生

<b>二、项目基本情况</b>	
<b>项目名称</b>	来自宇宙的探针：宇宙线 $\mu$ 子成像应用实践
<b>项目科学意义</b>	<p>宇宙线 <math>\mu</math> 子成像的核心科学价值在于实现从“常规射线透射成像”到“大尺度、高原子序数物质无损透视”的跨越。相比 X/<math>\gamma</math> 射线，缪子具有极强的穿透能力（可穿透数百米岩石），且天然存在、无人工辐射源，能对大型物体（火山、金字塔、反应堆、核废料容器）进行内部密度分布与重核材料（如 U、Pu）的成像。</p> <p>项目将基于宇宙线缪子（<math>\mu</math> 子）成像系统，开展针对重物质（如高原子序数材料）的成像应用实践，探索缪子透射法在实际场景中的成像能力与局限。通过小型化验证平台的搭建与测试，为未来研制更大面积、更高角度分辨率的缪子成像设备积累关键技术与工程经验。</p> <p>项目面向本科生开展交叉学科实训，融合粒子物理、核电子学、信号处理与成像算法，旨在为我国核安全监测（如核废料管控、核材料识别）、重大土木工程无损检测（如桥梁、大坝内部结构成像）、考古探测（如金字塔、地宫无损探查）等领域，储备具备“物理解+硬件实践+算法实现”能力的复合型后备人才。</p>
<b>使用的实验方法、仪器设备、数据软件</b>	宇宙线 $\mu$ 子探测需要使用具有二维分辨力的探测器，配合读出电子学进行宇宙线 $\mu$ 子的甄别及数据记录，再使用数据处理算法根据 $\mu$ 子穿过物质后的通量衰减或能损分布进行材料的密度成像。所用的设备、软件及实验方法均由课题组进行研发，并且已有一定的基础。
<b>本科生研究任务</b>	<p>研究任务将基于课题组已有的宇宙线缪子成像系统展开，包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>开展系统性能标定实验。实测并给出系统的核心性能参数：位置分辨率（通过径迹残差分布计算）、角分辨率（通过散射角本底分布拟合获得）及有效探测效率（通过触发计数与理论缪子通量比值确定）。</li> <li>针对标准重物质样品（如铅块、铁块）开展透射法成像实验。采集缪子穿透样品前后的通量数据，利用通量衰减与材料面密度的指数衰减关系，结合 MLEM 或滤波反投影（FBP）算法，重建样品的二维透射衰减分布图像。</li> </ol>
<b>大致时间安排</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5 月、6 月进行文献调研；</li> <li>7 月、8 月来高能所开展为期 2 月的实践；</li> <li>8 月进行总结报告。</li> </ol>
<b>预期目标和成果形式</b>	<p>预期目标：掌握宇宙线缪子成像的基本原理（透射法与散射法），理解缪子与物质相互作用的物理过程；基本掌握径迹探测器的搭建与刻度方法，能对宇宙线缪子的径迹进行符合重建；掌握宇宙线缪子成像系统的位置分辨率、角分辨率等表征方法。</p> <p>成果形式：成功运行小型宇宙线缪子成像系统，实测并给出核心性能参数，</p>

	包括：位置分辨率、角分辨率及有效探测效率。利用该系统实现对标准重物质样品（如铅块）成像，成功重建出样品的二维投影分布图像。
<b>实践地点</b>	高能所本部（北京市玉泉路）、济南研究部
<b>三、 对学生的要求与保障措施</b>	
<b>拟接收人数</b>	1-2 人
<b>专业知识要求</b>	英语阅读能力、大学物理、计算机基础
<b>工作时间要求</b>	寒暑假需全日制参与 2 个月
<b>课题组支持条件</b>	提供实验耗材、工作餐补等

# 项目基本情况模板

## “来自宇宙的探针：宇宙线 $\mu$ 子成像应用实践”

### 项目简介

#### 1、项目科学意义

宇宙线 $\mu$ 子成像的核心科学价值在于实现从“常规射线透射成像”到“大尺度、高原子序数物质无损透视”的跨越。相比 X/ $\gamma$ 射线，缪子具有极强的穿透能力（可穿透数百米岩石），且天然存在、无人工辐射源，能对大型物体（火山、金字塔、反应堆、核废料容器）进行内部密度分布与重核材料（如 U、Pu）的成像。

项目将基于宇宙线缪子（ $\mu$ 子）成像系统，开展针对重物质（如高原子序数材料）的成像应用实践，探索缪子透射法在实际场景中的成像能力与局限。通过小型化验证平台的搭建与测试，为未来研制更大面积、更高角度分辨率的缪子成像设备积累关键技术与工程经验。

项目面向本科生开展交叉学科实训，融合粒子物理、核电子学、信号处理与成像算法，旨在为我国核安全监测（如核废料管控、核材料识别）、重大土木工程无损检测（如桥梁、大坝内部结构成像）、考古探测（如金字塔、地宫无损探查）等领域，储备具备“物理理解+硬件实践+算法实现”能力的复合型后备人才。

#### 2、使用的实验方法、仪器设备、数据软件等

宇宙线 $\mu$ 子探测需要使用具有二维分辨力的探测器，配合读出电子学进行宇宙线 $\mu$ 子的甄别及数据记录，再使用数据处理算法根据 $\mu$ 子穿过物质后的通量衰减或能损分布进行材料的密度成像。所用的设备、软件及实验方法均由课题组进行研发，并且已有一定的基础。

#### 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：掌握宇宙线缪子成像的基本原理（透射法与散射法），理解缪子与物质相互作用的物理过程；基本掌握径迹探测器的搭建与刻度方法，能对宇宙线缪子的径迹进行符合重建；掌握宇宙线缪子成像系统的位置分辨率、角分辨率等表征方法。

成果形式：成功运行小型宇宙线缪子成像系统，实测并给出核心性能参数，包括：位置分辨率、角分辨率及有效探测效率。利用该系统实现对标准重物质样品（如铅块）成像，成功重建出样品的二维投影分布图像。