

透视生物体功能的粒子眼：正电子发射断层成像技术应用实践

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	黄先超
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.ac.cn/~huangxc
电子邮箱和联系电话	huangxc@ihep.ac.cn 13488763410
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	核医学成像技术
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	透视生物体功能的粒子眼：正电子发射断层成像技术应用实践
项目科学意义	<p>正电子发射断层成像（PET）的核心科学价值在于实现从“解剖结构可视化”到“分子代谢定量化”的跨越。相比 CT/MRI，PET 能通过示踪剂在体、动态、定量反映细胞水平的代谢与分子异常，在病灶引起结构性改变前即可发现功能异常。</p> <p>项目基于 Geant4 蒙特卡罗仿真与探测器硬件实践，帮助学生了解从湮灭光子探测到图像重建的全链路技术。项目面向本科生开展交叉学科实训，可为我国高端医疗影像装备研发储备亟需的“物理+算法+硬件”复合型人才。</p>
使用的实验方法、仪器设备、数据软件	<p>(1) 系统仿真：使用 Geant4 软件构建虚拟 PET 系统；</p> <p>(2) 图像重建：使用 CASToR 软件对仿真数据进行图像重建；</p> <p>(3) 探测器实验：使用 LYSO 晶体阵列耦合 SiPM 光电探测阵列，接入能谱测量、时间谱测量的电子学链路，搭建双探测器的符合平台。</p>
本科生研究任务	<p>研究采取“仿真+实验”相结合的方式：</p> <p>(1) 仿真方面：使用 Geant4 软件进行虚拟 PET 系统仿真，模拟模型内湮灭光子的输运与探测过程，记录符合实例；使用 CASToR 软件对仿真输出的符合数据进行图像重建；</p> <p>(2) 实验方面：使用小像素 LYSO 晶体阵列耦合 SiPM 光电探测阵列，接入能谱测量、时间谱测量的电子学链路，搭建双探测器的符合平台，实测 ^{22}Na 放射源的探测器图像、能谱及时间谱。</p>
大致时间安排	<p>(1) 5 月进行文献调研；</p> <p>(2) 6 月进行 Geant4 软件、CASToR 软件学习；</p> <p>(3) 7 月、8 月来高能所开展为期 2 月的实践；</p> <p>(4) 8 月进行总结报告。</p>
预期目标和成果形式	<p>预期目标：掌握 PET 成像的基本原理与方法，了解 LYSO 闪烁体探测器及 SiPM 器件在核医学成像中的应用，培养文献阅读与独立科研的习惯。基本掌握使用基于 Geant4 的蒙特卡罗仿真软件，基本掌握在 Linux 服务器上进行仿真建模、数据输出及图像重建（CASToR 软件）的完整流程。</p> <p>成果形式：</p> <p>(1) 仿真层面：成功完成虚拟 PET 系统仿真，完成点源、线源或 Derenzo 模体的仿真成像，获得可识别的重建图像；</p> <p>(2) 实验层面：成功搭建双探测器符合平台，获得 ^{22}Na 放射源的能谱（识别 511 keV 全能峰）、符合时间谱（测量时间分辨率）、泛场图像（分辨所有像素）。</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

“透视生物体功能的粒子眼：正电子发射断层成像技术应用实践”

项目简介

1、项目科学意义

正电子发射断层成像（PET）的核心科学价值在于实现从“解剖结构可视化”到“分子代谢定量化”的跨越。相比 CT/MRI，PET 能通过示踪剂在体、动态、定量反映细胞水平的代谢与分子异常，在病灶引起结构性改变前即可发现功能异常。

项目基于 Geant4 蒙特卡罗仿真与探测器硬件实践，帮助学生了解从湮灭光子检测到图像重建的全链路技术。项目面向本科生开展交叉学科实训，可为我国高端医疗影像装备研发储备亟需的“物理+算法+硬件”复合型人才。

2、使用的实验方法、仪器设备、数据软件等

系统仿真：使用 Geant4 软件构建虚拟 PET 系统；

图像重建：使用 CASToR 软件对仿真数据进行图像重建；

探测器实验：使用 LYSO 晶体阵列耦合 SiPM 光电探测阵列，接入能谱测量、时间谱测量的电子学链路，搭建双探测器的符合平台。

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 PET 成像的基本原理与方法，了解 LYSO 闪烁体探测器及 SiPM 器件在核医学成像中的应用，培养文献阅读与独立科研的习惯。基本掌握使用基于 Geant4 的蒙特卡罗仿真软件，基本掌握在 Linux 服务器上进行仿真建模、数据输出及图像重建（CASToR 软件）的完整流程。

成果形式：（1）仿真层面，成功完成虚拟 PET 系统仿真，完成点源、线源或 Derenzo 模体的仿真成像，获得可识别的重建图像；（2）实验层面，成功搭建双探测器符合平台，获得²²Na 放射源的能谱（识别 511 keV 全能峰）、符合时间谱（测量时间分辨率）、泛场图像（分辨所有像素）。