

## 基于 Opticks@GPU 的光学光子模拟项目

一、 导师与团队基本信息	
导师姓名	邓子艳
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/~dengziyan">https://people.ucas.edu.cn/~dengziyan</a>
电子邮箱和联系电话	dengzy@ihep.ac.cn
一级学科	物理学
二级学科	粒子物理与原子核物理
主要研究方向	高能物理计算, 探测器模拟
日常协助指导人	Simon Blyth

二、 项目基本情况	
项目名称	基于 Opticks@GPU 的光学光子模拟
项目科学意义	见附件项目简介

使用的实验方法、仪器设备、数据软件	Geant4, Opticks, C++, Python, CUDA
本科生研究任务	文献搜集与综述、代码理解、性能测试与优化。
大致时间安排	5月进行文献调研, 6月参与代码测试, 7月来高能所开展为期2-4周的实践, 8月进行总结报告
预期目标和成果形式	掌握基于 Geant4 的探测器模拟的原理与方法, 了解 Opticks 基于 GPU 加速光学光子模拟的基本原理, 熟练使用 JUNO 模拟软件在计算集群上进行探测器模拟。
实践地点	北京玉泉路园区
<b>三、 对学生的要求与保障措施</b>	
拟接收人数	1-2 人
专业知识要求	C++, python, CUDA
工作时间要求	寒暑假需全日制参与 4 周
课题组支持条件	提供计算集群访问权限, 住宿补贴和餐补。

## 基于 Opticks@GPU 的光学光子模拟项目简介

### 1、项目科学意义

粒子物理是研究组成世界的基本粒子及其相互作用规律的基础前沿科学。对于任何一个粒子物理实验来说, 开展探测器设计和物理研究都离不开探测器模拟软件。在探测器设计阶段, 探测器模拟是从物理上比较探测器不同设计方案优劣的重要手段, 是确定探测器各项设计参数的重要途径, 也可用于研究探测器的预期性能指标。在实验数据分析中, 模拟在事例选择条件优化, 本底分析, 绝对探测效率确定和变量形状描述等方面起着关键性作用。海量模拟样本的产生一般会消耗实验所需计算资源的一半以上。以江门中微子实验 JUNO 为例, JUNO 的中心探测器包含 2 万吨液体闪烁体, 其高光产额及大体积的特征使得单个事例能产生千万级别的光学光子, 海量光学光子的模拟耗费大量的计算资源, 导致无法利用有限的计

---

算资源完成大规模模拟样本的顺利产生。而光学光子之间的独立性天然的适合并行计算，光学光子的追踪和基于 NVIDIA OptiX 的光线追踪技术完美匹配，利用 GPU 加速光学过程的模拟可有效提高模拟速度 2-3 个数量级。当前国际上多个实验都在开展基于 GPU 加速探测器模拟方面的前沿研究。项目组的 Simon Blyth 开发了 Opticks 开源软件包，将 NVIDIA OptiX 最先进的 GPU 光线追踪应用于光学光子模拟，并将其与 Geant4 集成以解决海量光学光子模拟速度的瓶颈问题。

## **2、使用的实验方法、仪器设备、数据软件等**

使用项目组基于 Geant4 开发的探测器模拟软件，调用 Opticks 软件包，CUDA，NVIDIA OptiX，Python，ROOT 等底层工具，在 JUNO 离线软件框架内加速海量光学光子的模拟，进行模拟结果验证和性能测试。

## **3、对学生专业知识背景等方面的要求**

本课题适合对高能粒子物理、计算机软件开发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。入选后会在组内与 Opticks 开发人员 Simon Blyth 直接进行合作交流。寒暑假可以短期访问高能所进行实习，使用中国科学院高能物理所的计算集群资源。

## **4、项目预期目标、成果和收获**

掌握基于 Geant4 的探测器模拟的基本原理与方法，了解 Opticks 基于 GPU 加速光学光子模拟的基本原理，熟练使用 JUNO 模拟软件在计算集群上进行探测器模拟。