

## 黑洞周围电离气体动力学反演项目介绍

|                   |  |
|-------------------|--|
| 一、 导师与团队基本信息      |  |
| 导师姓名              | 杜璞   |
| 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.ac.cn/~dupu">https://people.ucas.ac.cn/~dupu</a>  |
| 电子邮箱和联系电话         | <a href="mailto:dupu@ihep.ac.cn">dupu@ihep.ac.cn</a> , 15210902130   |
| 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            | 高能天体物理   |
| 日常协助指导人           | 杜璞   |
| 二、 项目基本情况         |  |
| 项目名称              | 黑洞周围电离气体动力学反演  |
| 项目科学意义            | 活动星系核 (AGN) 中心的超大质量黑洞吸积物质时, 激发周围气体形成宽发射线区 (BLR), 其结构与动力学蕴含黑洞质量、自转等关键信息。反响映射技术通过光谱监测数据可间接约束 BLR 几何与运动状态, 但反演气体速度场和空间分布是一个高度病态的逆问题。最大熵方法 (MEM) 在保持解平滑性的同时最大化信息熵, 广泛应用于天文重建。本项目旨在开发基于 MEM 的高性能反演程序, 从实际反响映射数据中高精度重构 BLR 动力学, 为研究黑洞周围电离气体提供新工具, 推动时域天文学与黑洞天体物理的发展。 |
| 使用的实验方法、仪器设备、数据软件 | Python 或者 Julia  |
| 本科生研究任务           | 高性能最大熵算法开发并实际利用到观测数据   |
| 大致时间安排            | 5-6 月进行文献阅读并进行代码编写, 7 月来高能所开展为期 2 周的实践, 8 月进行总结报告  |
| 预期目标和成果形式         | 高性能计算程序/学术论文   |

|                      |  |
|----------------------|--|
| 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               | 物理基础（尤其是力学）、基本的微积分与线性代数知识，以及一定的编程经验（Python 或 Julia 优先） |
| 工作时间要求               | 预计需要 8 周左右   |
| 课题组支持条件              | 实验用到的计算资源  |

## 黑洞周围电离气体动力学反演项目简介

### 1、项目科学意义

活动星系核 (AGN) 中心超大质量黑洞吸积周围物质时，会辐射出强烈电磁波，激发邻近气体形成宽发射线区 (BLR)。BLR 的结构与动力学蕴含黑洞质量、自转及吸积物理的关键信息。通过反响映射 (Reverberation Mapping) 技术获取的光谱监测数据，可间接约束 BLR 几何与运动状态。然而，从观测数据反演气体速度场和空间分布是一个高度病态的逆问题。最大熵方法 (Maximum Entropy Method, MEM) 因其在保持解平滑性的同时最大化信息熵，被广泛用于天文图像与谱重建。本项目旨在开发高性能基于 MEM 的反演程序，从实际反响映射数据中高精度重构 BLR 动力学，为理解黑洞周围电离气体提供工具，推动时域天文与黑洞天体物理等方向的研究。

### 2、使用的实验方法、仪器设备、数据软件等

本项目主要基于项目组的反响映射观测数据库 (如 MAHA 等)，利用 Python 或 Julia 语言开发最大熵反演算法程序。核心计算将调用科学计算库 (如 NumPy、SciPy、Numba 或 Julia 的 Optimization 包)。反演结果将与现有动力学模型 (如盘风、维里化云团等) 对比验证。所有开发与测试在 Linux 高性能计算平台或本地工作站完成，无需专用实验设备，所基于实际观测数据为本课题组已在美国 Wyoming 大学 2.3 米望远镜观测所获数据。

### 3、对学生专业知识背景等方面的要求

本课题适合对天体物理、计算物理或数据科学感兴趣的同学。要求具备大学物理基础 (尤其是力学)、基本的微积分与线性代数知识，以及一定的编程经验 (Python 或 Julia 优先)。无需天文学先修课程，项目组将提供黑洞物理、反响映射原理及最大熵方法的专题培训。学生需具备较强的学习能力、逻辑思维和耐心调试代码的毅力。鼓励参与每周组会，阅读相关文献，逐步深入科研实践。

### 4、项目预期目标、成果和收获

完成一套功能完整、文档齐全的最大熵反演软件 (开源发布)，并应用于至少一个

---

真实 AGN 的反映映射数据集，获得 BLR 速度-延迟空间分布图。最终形成一篇本科生科研论文（若发现新现象有望可投稿至国际天文期刊）。通过本项目，学生将掌握天体物理数据分析、逆问题求解、科学编程及科研写作能力，为未来攻读天体物理、数据科学或计算科学方向的研究生奠定坚实基础；表现优异者可获得导师推荐信，并有机会参与合作团队的后续研究项目。