云南天文台发展出求解辐射转移过程的新方法和计算程序

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/14581.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近期，中国科学院云南天文台高能天体物理组科研人员基于积分方程的诺依曼（Neumann）级数解，发展出一套快速、精确求解辐射转移过程的方法和计算程序（Lemon），相关研究成果在线发表在*The Astrophysical Journal Supplement Series*上。

辐射转移过程是天体物理研究中基本和常见的物理过程，不仅直接参与天体系统的演化，而且与观测结果直接相关，因此相关研究在理论和观测上具有重要意义。

在求解辐射转移过程的各种方法中，蒙特卡罗方法是重要且应用广泛的一类数值方法。传统蒙特卡罗方法通过随机抽样模拟光子的转移过程，直到模拟光子被吸收或者逃离辐射区。远处观测者对随机接收到的光子进行统计分析，最终得到光变曲线、能谱分布等信息。传统蒙特卡罗方法的主要缺点是计算量大、统计效率低、误差比较大，这是因为大量计算用在追踪光子的传播和散射，而被追踪的光子对计算结果的贡献只有一次。如果逃逸（或被吸收）光子的方向与观测者视线方向不一致，这些光子对计算结果不会有任何贡献，但逃逸方向是通过抽样随机决定的，因而只有少量的逃逸光子能够到达观测者。因此，大量计算浪费在追踪对结果不做贡献的光子上，使得计算效率低、统计误差大。

为克服上述缺点，科研人员提出新方法，即把蒙特卡罗方法求解辐射转移过程建立在积分方程及其诺依曼级数解的基础之上，对辐射转移过程的求解取得如下创新发展：（1）转换求解方式：辐射转移过程的求解转换为利用蒙特卡罗方法同时计算无穷多个N重积分，根据被积函数的具体形式，灵活选取不同形式的概率密度函数和权重函数计算N重积分，而传统光子追踪法采用全空间的特殊抽样函数；（2）引入记录函数：该函数连接诺依曼解与观测量，使被追踪光子的传播和散射后对观测量都有贡献，提高计算效率和精度；（3）简化计算过程：计算N重积分时，将复杂概率密度函数归为权重函数，并采用易于抽样的概率函数进行抽样计算；（4）偏振辐射：对复杂天体环境，能灵活求解偏振辐射转移过程；（5）使用拓展：该方法可以用于求解给定初始或者边界条件的任意线性微分积分方程。

基于此，研究人员发展出一套计算平直时空背景下辐射转移过程的快速Fortran程序：Lemon（源程序网址：https://github.com/yangxiaolinyn/Lemon）。由于辐射转移本身具有并行的特性，Lemon采用MPI机制实现并行计算，其计算速度快、方式灵活、精度高，具有重要的应用价值。

研究工作得到国家自然科学基金、云南省自然科学基金等的资助。

论文链接

研究团队单位：云南天文台

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发