

暗物质加热星系际

(北京大学 徐仁新 编译自 Michael Schirber. *Physics*, November 18, 2022)

类星体的光谱观测显示，星系际气体可能被暗光子加热。

宇宙稠密气体云团会吸收远处类星体的光，形成类星体光谱的吸收线。近年来的观测发现：邻近云团产生的吸收线的宽度比预期大，这可能是由一种称为暗光子的暗物质候选体引起的。暗光子可加热云团，使得吸收线致宽。虽然也有人提出了用传统加热机制解释谱线致宽，但若果真因暗光子引起，则还会加热宇宙早期的低密云团。人们正着手检验这一预言。

在观测遥远类星体的光谱时，往往会发现因视线穿过云团而产生的吸收线。最典型的吸收线就是氢的莱曼阿尔法谱线。确实不少类星体光谱呈现莱曼阿尔法“森林”，它起源于距离银河系不同处的云团吸收不同波长的光。通过分析吸收线的宽度、深度等，人们可以获取云团的密度和温度等方面信息，进而与星系形成和宇宙大尺度结构的数

值模拟结果进行对比。

观测数据与模拟结果整体上比较一致，但邻近云团的吸收存在差异：这些所谓的低红移云团产生的吸收线要比模拟预期值宽。“这可能暗示存在一种特定暗物质候选体，即暗光子”，欧洲核子研究中心的 Andrea Caputo 说：“暗光子可转变为光子并加热气体、致宽谱线，使得数值模拟更好地符合观测结果”。

为了探索这种加热机制，Caputo 和同事们在模拟宇宙时考虑了暗光子。据信暗光子可小概率自发转变为正常光子；当满足电离气体中的共振条件时，该转化率增强。共振条件所要求的气体密度跟暗光子的质量有关。如果星系际云团满足这一密度要求，则共振产生的普通光子将有效加热气体。

Caputo 指出云团密度会随时间

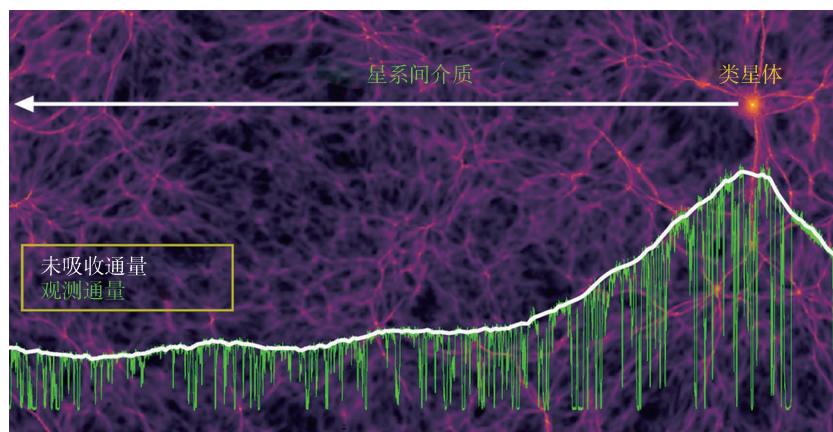
演化，因此某个云团仅在宇宙演化的特定时间段满足共振条件。暗光子加热具有独特的时间依赖性，而其他暗物质候选体的加热(例如暗物质衰变或湮灭)却一直进行。当然，持续加热模型也受到其他观测(如宇宙微波背景)的限制，但它并不是必需的。

通过将模拟结果与观测数据对比，Caputo 及其同事推断，暗光子质量极小，仅约 10^{-14} eV/ c^2 ，会在附近低红移莱曼阿尔法云团中共振转化为光子。该加热机制平均为气体中每个氢原子注入 5 eV 至 7 eV 的能量，足以解释观测结果。

此外，该研究小组推测暗光子加热亦可发生于高红移处的早期稠密云团，那里曾经符合共振条件。他们正在进行模拟，看看这一推论能否与高红移云团的观测一致。

不过美国罗格斯大学的 Blakesley Burkhart 认为，可能不需要奇特的暗物质模型来解释莱曼阿尔法数据。她说，虽然暗光子加热令人兴奋，但尚未排除传统热源，如活动星系核超大质量黑洞的喷流加热。

荷兰阿姆斯特丹大学的 Sam Witte 也认为暗光子解释难以置信，但他觉得研究团队给出了可信的途径来检验预言。他说：“如果未来能排除传统的天体物理解释，那么莱曼阿尔法观测数据很可能是关于暗物质的首个非引力证据”。



来自遥远类星体的光穿过星系际稠密云团(紫色)区域时将被吸收于特定频段，导致类星体光谱呈现吸收线“森林”(绿色)