宇宙中微子数值模拟研究获得重要进展

由北京师范大学天文系张同杰教授主导的宇宙中微子数值模拟团队,运用国防科技大学研制的“天河二号”超级计算机,成功完成了3万亿粒子数的宇宙中微子和暗物质数值模拟,揭示了宇宙大爆炸1600万年之后至今约137亿年的漫长演化进程。在模拟中首次测量到了中微子在宇宙结构中的微分凝聚(Differential Neutrino Condensation)效应,这种效应为当今和将来的宇宙学观测开辟了一条独立测量中微子质量的道路,在中微子质量的宇宙学限制道路上前进了一大步。该研究在2017年6月5日的*Nature Astronomy*, 1, 0143 (2017) (arXiv: 1609.08968)上发表。

2013年底,国防科技大学研制成功的世界上最快的“天河二号”计算机在中山大学国家超算广州中心投入运行。此后,由北京师范大学、北京大学、加拿大理论天体物理研究所、中国科学院高能物理研究所和国防科技大学联合组成的宇宙中微子数值模拟团队,经过一系列技术攻关,在“天河二号”上成功进行了3万亿粒子数中微子和暗物质的宇宙学数值模拟。该项研究比美国阿贡国家实验室的Mira超级计算机去年进行的1.07万亿粒子数数值模拟超出两倍多,创造了新的世界纪录。

基于这些模拟数据,张同杰教授团队首次测量到了以往任何宇宙学数值模拟看不到的中微子在宇宙结构中的微分凝聚效应:中微子质量可以通过对比宇宙中含有不同中微子丰度(即本地中微子与暗物质密度比)的区域中星系的特性来测量。相对于“贫”中微子区域,在“富”中微子区域,更多的中微子被大质量暗物质晕俘获,这种效应导致暗物质晕的质量函数的扭曲,最终导致星系的特性发生变化(图1,2)。因此这种效应在当今和将来的宇宙学观测中开辟了一条独立测量中微子质量的道路。这是目前国际宇宙学领域运行粒子数最多的N体数值模拟研究,打开了通过天文观测手段研究宇宙中微子及其质量的新窗口,有望大大缩短人类探索宇宙起源与演化奥秘的时间进程,对基础

科学、宇宙环境、地球生态、矿藏勘探等领域的科学研究将起到积极的推动作用。

图1 (网络版彩色)中微子和暗物质大尺度结构的二维分布

图2 (网络版彩色)暗物质晕在宇宙大尺度结构“贫”中微子区域和“富”中微子区域中的分布

(本刊讯)