研究显著提升类轴子粒子耦合限制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/34160.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！

研究显著提升类轴子粒子耦合限制。近日，中国科学院紫金山天文台暗物质间接探测团组在类轴子粒子（ALPs）探测领域取得重要进展，利用高灵敏度X射线观测数据，显著提升类轴子-光子耦合强度上限，较此前的最佳限制提高了约两个数量级。该成果于2025年6月17日发表于《物理评论快报》(Phys. Rev. Lett.)。

类轴子粒子是一种假想的暗物质候选粒子，其核心特性是能与光和电子发生极微弱的相互作用。恒星核心如同高温高压的熔炉，可通过光子转化、光子聚变、康普顿散射以及轫致辐射等多种物理过程产生质量在千电子伏特（keV）量级的类轴子粒子。其中，运动速度较低的类轴子粒子会被恒星引力捕获，长期被束缚在恒星轨道附近形成暗物质云并不断积累。这些被囚禁的类轴子粒子随后会衰变成两个光子，其能量恰好等于类轴子质量的一半，在X射线波段表现为独特的单色谱线信号。

此前，国际上多个研究团组通过分析太阳的数据，获得了对类轴子粒子的精确限制。范一中、蔡岳霖领衔的研究团队开展了系统地分析，指出尽管太阳有距离地球近易于探测的优点，但是由于辐射流量太高，一些高灵敏度的软X射线卫星无法对太阳进行观测。而南门二双星系统距离地球适中、年龄老，是探测keV类轴子的理想探测目标。研究团队精确计算了轫致辐射等关键产生过程及其在引力阱中的累积效应，利用钱德拉（Chandra）和eROSITA卫星的高灵敏度X射线观测数据在0.2 – 10 keV能段精细搜寻这类特征谱线（如图1）。尽管未发现显著的类轴子衰变信号，但给出了迄今最强的限制。在类轴子-电子耦合较弱时，团队将质量在0.25 – 5 keV范围（尤其2 keV附近）的类轴子-光子耦合强度上限，较此前太阳X射线、球状星团氦闪星、超新星SN 2023ixf及中子星并合GW170817等的最佳天文限制提高了约两个数量级。

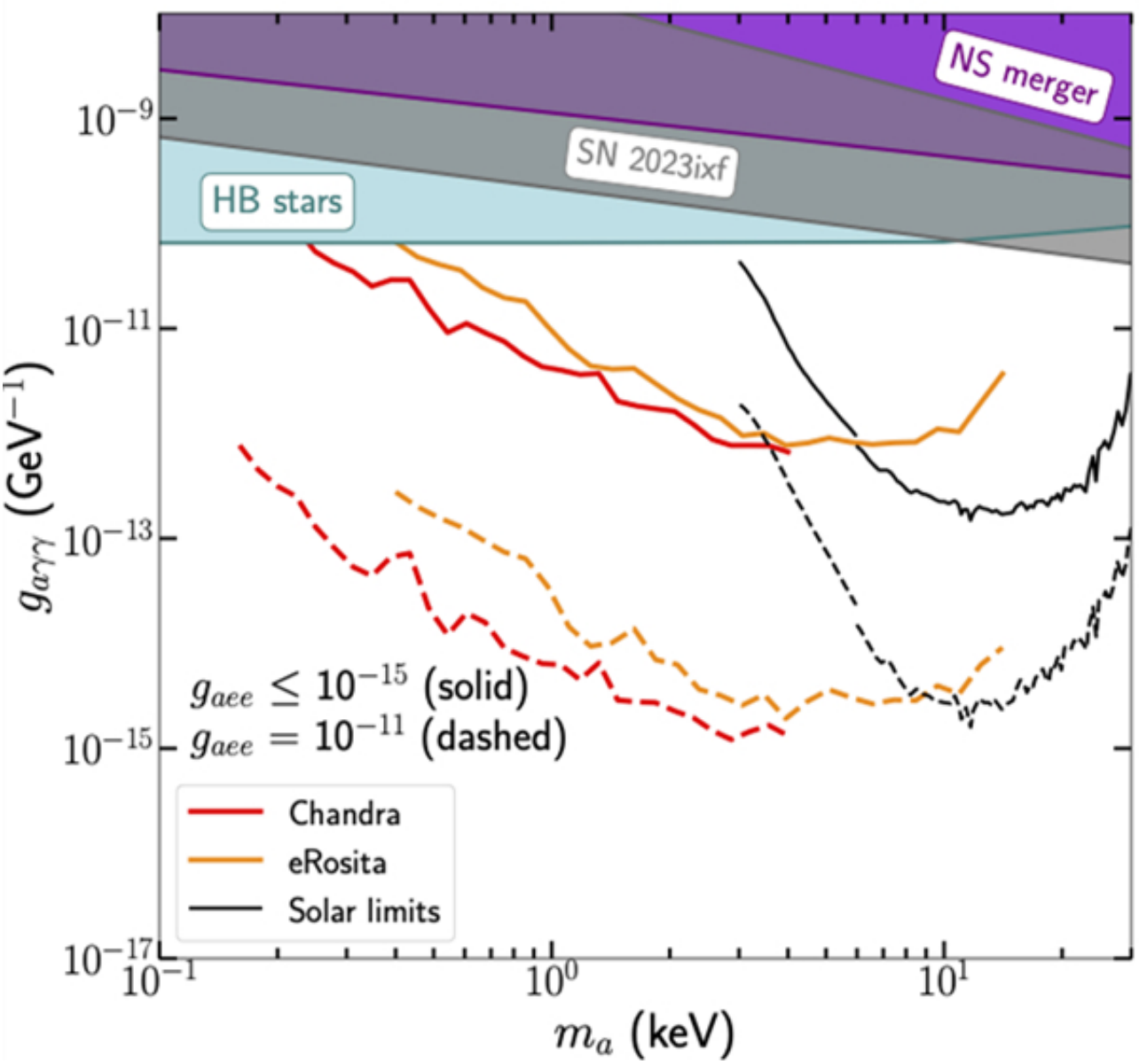


图1: 类轴子-光子耦合强度随类轴子质量变化的95%排除限曲线，对比了钱德拉卫星（红线）和eROSITA卫星（橙线）的观测结果与太阳X射线既往限制（黑线），其中实线忽略了类轴子-电子耦合的情况，虚线表示固定耦合强度，图中同时标注了球状星团氦闪星（青色区域）、超新星SN 2023ixf（灰色区域）及中子星并合GW170817（紫色区域）的95%置信度限制区域。

紫金山天文台博士研究生陈宇轩为论文第一作者，王子威博士后、蔡岳霖研究员与范一中研究员为共同通讯作者，博士研究生雷磊与夏子晴副研究员为共同完成人。此项研究获得国家自然科学基金、国家重点研发计划、中国科学院青年团队项目、江苏省双创计划及新基石科学基金会资助。（来源：中国科学院紫金山天文台）

相关论文信息：https://doi.org/10.1103/wy1x-1lh7

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。

作者：范一中等 来源：《物理评论快报》

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