
研究揭示3 反应增强抑制超新星核合成

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12204.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！

近日，中国科学院近代物理研究所科研人员金仕伦与美国密歇根州立大学国家超导回旋加速器实验室的科研人员合作发现，在高温高密的天体环境中， 3α 反应的增强会带来 ^{12}C 的产量增大，继而减弱了丰质子环境的超新星核合成。该研究改变了人们对钼（Mo）和钌（Ru）同位素来源问题的认知，相关研究成果发表在Nature上。

3α 反应，即 $^4\text{He}+^4\text{He}+^4\text{He}\rightarrow^{12}\text{C}$

^{12}C ，在许多方面均是重要的反应。地球上的多数元素来自于恒星的铸造。正是恒星内的 3α 反应使3个He熔合成为一个 ^{12}C

^{12}C ，从而跨越了质

量数为5和8的禁区，创造了对生命

十分重要的元素C。同时， ^{12}C

^{12}C 经过在大质量恒星内部一系列的燃烧过程后，将为随后的超新星爆发元素合成提供种子，继而为宇宙贡献了从铁到铀的重元素。

超新星核塌缩后所释放的大量能量，被中微子携带会驱动丰质子环境的物质流，主要包含温度超过100亿度的达到统计平衡的自由质子和中子。随着物质流快速的延展，其温度也急速下降，在30亿到50亿度之间， 3α 反应开始形成 ^{12}C ，随后可以形成 ^{56}Ni ， ^{60}Zn 和 ^{64}Ge

等中质比相同的核。这些核随着温度继续降低，以(p, n)反应的形式产生了大量的远离稳定衰变线的丰质子核素。随着温度降到10亿度以内，以上过程归寂，不稳定核以 β 衰变的形式回到稳定线。这就是中微子质子俘获过程。

研究人员通过将增强的 3α 反应率植入到中微子质子俘获过程的脚本，使用天网核合成演化计算网络，进行海量场景的计算。结果显示，核合成被强烈抑制。

$^{92,94}\text{Mo}$ 、 $^{96,98}\text{Ru}$

等核被认为只能在中微子质子俘获过程中产生。研究表明，在考虑增强的 3α 反应后，这些核远不能如预计的一样足额的产生。同时，这意味着它们的来源另有出处，值得继续深入研究。

[论文链接](#)

图1.在 $Y_e=0.6$, $\tau=10\text{ms}$, $S=80$ (黑), 140 (绿), 200 (红)的环境下, 实线代表增长的 3σ 反应率, 虚线是没有增长的, 可以看到核合成均被明显的压制, 重核素边界的质量数均被降低10到20 (金仕纶/图)

图2.随着熵的变化, 考虑了增强的 3σ 反应率和未考虑的所对应的 $^{92,94}\text{Mo}$ 和 $^{96,98}\text{Ru}$ 相对丰度。实线代表使用了反应率增强的中心值, 虚线使用了反应率不确定度的上限, 两者均显示这些核的合成会有呈量级式的抑制 (金仕纶/图)

研究团队单位：近代物理研究所

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](http://www.iikx.com)转发