

當你看著一顆星星時，有沒有想過物理學家竟從那一點星光發掘出大量資料，有點不可思議？幾百年以來的天文學，建構於點點星光！這些星光，都是從星體表面發出，我們無法從星光窺見星球的內部（圖一、二）。那麼，當物理學家告訴我們，恆星藉著內部的核融合反應發光發熱，究竟有甚麼憑據？

天文學家「看穿」星球的方法有兩個：探測星球的振動，以及核反應產生的中微子。篇幅所限，本文只簡略介紹後者——中微子天文學。

中微子(neutrino)是基本粒子之一，它不帶電荷，質量極小，只參與弱作用及重力，與任何物質只有極微弱的相互作用，因此穿透力極高。平均每一百萬粒太陽中微子穿越地球只有一粒有反應，整個地球竟像「透明」一樣！從太陽核心放射的中微子，絕大部份可以穿越整個太陽，散播宇宙四方。太陽每秒鐘產生約  $2 \times 10^{38}$  粒中微子。在你閱讀這篇文章時，已有超過  $10^{15}$  粒中微子穿透你的身體！

太陽如何產生中微子？在主序星階段，恆星內部不斷把四粒氫原子核（即質子）融合成一顆氦原子核。質子帶正電荷，互相排斥。當兩粒質子接近時，若其中一粒質子通過弱作用變成中子( $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ )，那就可以和另外一粒質子結合，釋放能量。這過程產生正電子及中微子，它們是太陽內部核融合反應的印記。

另一個中微子源，是垂死的星球。當恆星內部核燃料消耗殆盡，它變得不穩定。質量比太陽還要大幾倍的恆星，會經歷猛烈的爆炸，成為超新星（圖三）。爆炸時各種核反應大量製造中微子，它們帶走很多能量，甚至遠高於光與熱，對超新星的機制有重大影響。超新星爆炸後可能會剩下一個細小但密度很高的星球，稱為中子星<sup>1</sup>，亦是很強的中微子源。中微子放射令中子星冷卻，其速率受中子星物質影響。因此我們或可利用中微子窺探這些細小星體的祕密。

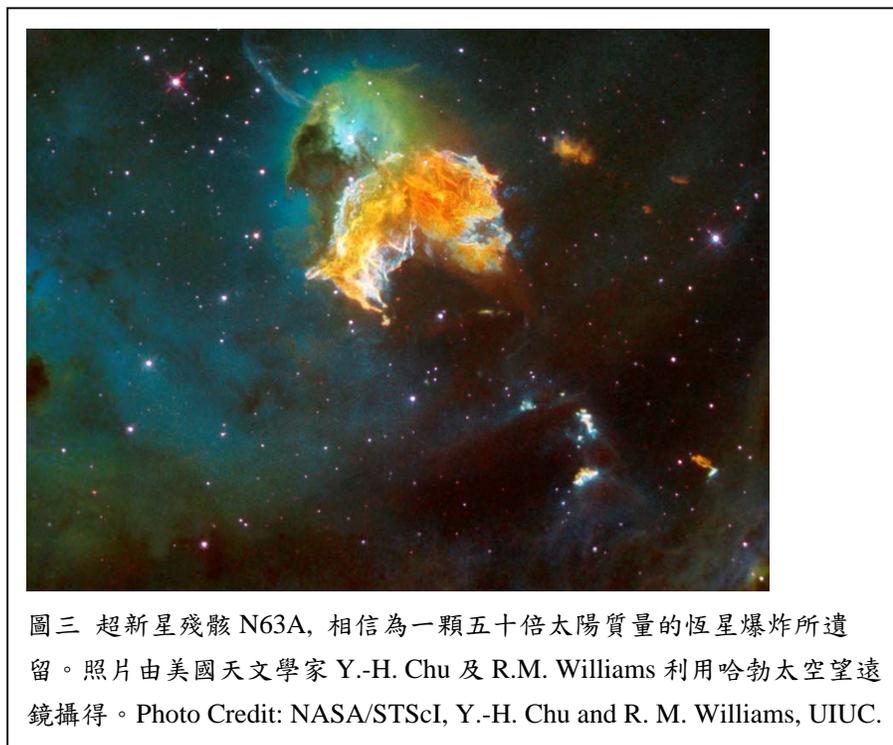
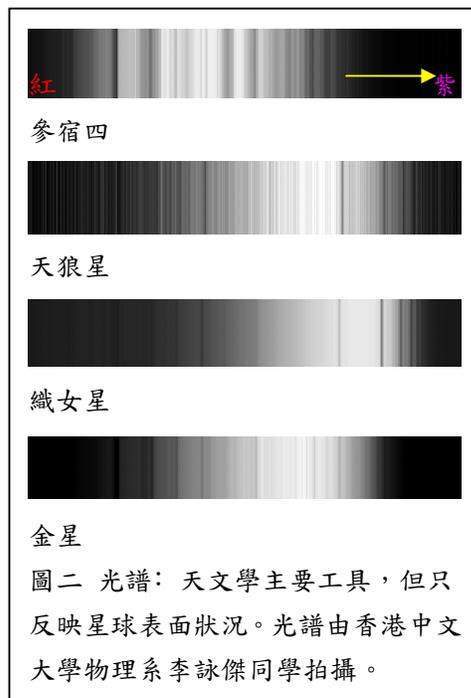
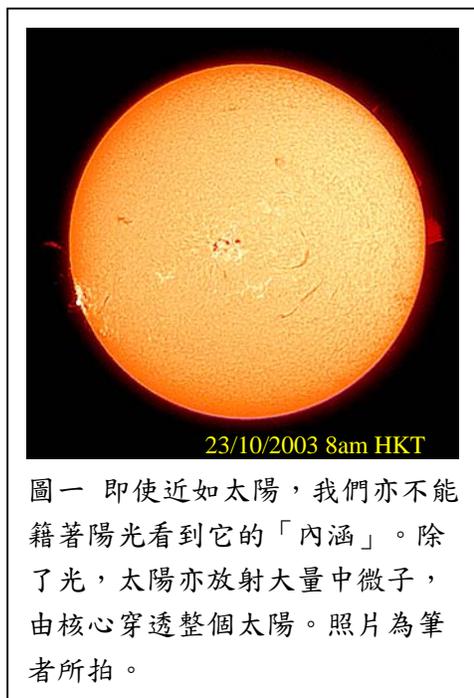
說起爆炸，最猛烈的應是約一百三十七億年前的宇宙大爆炸了。大爆炸製造大量中微子，充斥整個宇宙。估計每立方公分約有三百粒大爆炸產生的中微子，它們在宇宙結構的形成、物質-反物質不對稱性等重要宇宙學課題，可能擔當重要的角色。若能探測到這些「宇宙背景中微子」，我們便可以得到宇宙初開後約一秒鐘的資料，那將是何等令人興奮！

中微子物理是當今基礎研究的一個熱點。香港中文大學及香港大學物理系的師

---

<sup>1</sup> 中子星是一顆大部份物質為中子的星球。近年亦有理論認為一部分中子星可能由夸克組成，稱為奇異星。

生，亦積極參予中微子研究工作，包括中微子天文物理以及實驗等<sup>2</sup>。  
中微子將成為人類探索宇宙的另一重要工具。可預期中微子天文學的發展，將帶來更多的新知，以及新疑問。



<sup>2</sup> 詳情可參考 <http://theta13.phy.cuhk.edu.hk/>