

## 暗能量的發現 — 二零零六年邵逸夫天文學獎得主 普密特、利斯 和 施米茲教授的貢獻

朱明中  
香港中文大學物理系

宇宙充斥着一種神秘的能量，稱為「暗能量(dark energy)」。與其他已知的能量截然不同的，它似乎與物質毫不相關，而是潛藏於真空之中！更奇怪的是，這種暗能量今天佔宇宙總能量的大部份（約七成），較與物質相關的任何能量為多。因此，對於整個宇宙平均而言，暗能量表現出來的真空斥力，大於物質之間的萬有引力，使宇宙加速膨脹。

以上既不是科幻小說的情節，也不是某位天才空想一番而作出的理論，而是科學家經過細心觀測，反覆驗證而得出的結論。這意想不到的結果可說是近年最震撼的科學發現之一，被美國最權威的《科學》雜誌(*Science Magazine*)評選為一九九八年最重要的科學突破<sup>1</sup>。作為宇宙膨脹加速的發現者，普密特(Saul Perlmutter)、利斯(Adam Riess)和施米茲(Brian Schmidt)三位教授贏得二零零六年邵逸夫天文學獎，的確是實至名歸。

### 宇宙膨脹

在廿世紀的大部份時間裡，大家都相信宇宙的膨脹會逐漸減慢。原因很簡單，物質之間的引力使星系彼此拉扯，減慢了它們相互飛離的速度。若果宇宙的平均密度足夠大，引力應該甚至可以把宇宙的膨脹停止，繼而導至宇宙塌縮。情形就如同向天空拋擲一塊石頭 — 石頭先向上爬升，就像宇宙自大爆炸開始的膨脹（圖一），但當它不斷受到地球引力的牽扯，上升速度便減慢了。不難想像，石塊有三種可能的軌跡，如圖一所示：第一種是先上升一段後被拉停，然後掉頭往下跌；第二種是逃逸型，石頭不斷減速，但仍有足夠能量逃離地球，直奔太空；第三種剛好是上述兩種之間，石頭仍會逃逸至太空，但速度逐漸減慢至零。描述宇宙膨脹的數式，竟與描述石塊軌跡的方程式差不多完全一樣。對應第一種情況（石塊上升然後下跌）的稱為封閉宇宙，第二種（不斷上升）是開放宇宙，而第三種就是臨界宇宙。

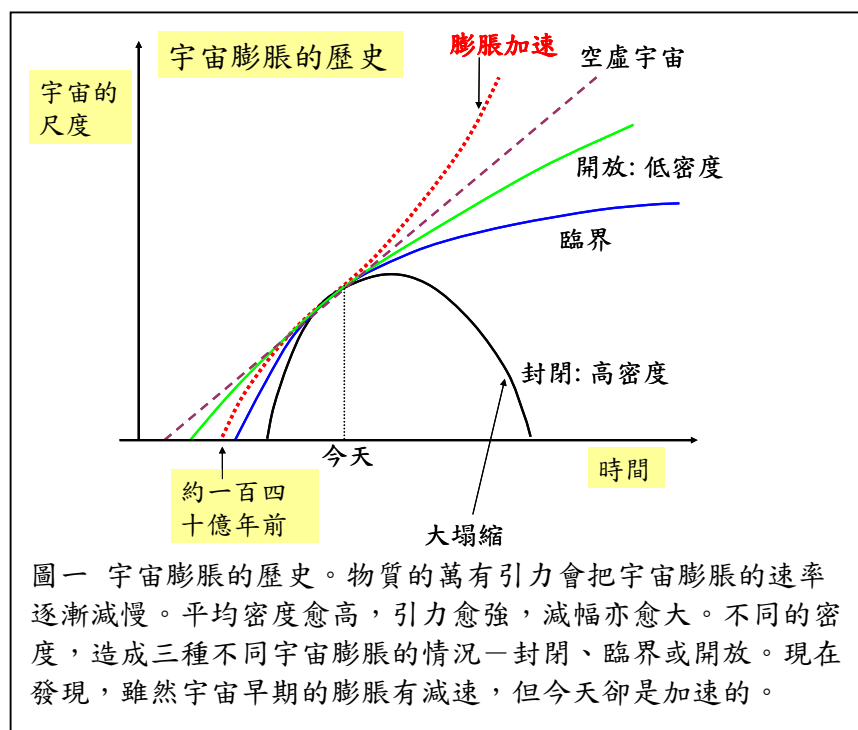
宇宙學者當然很想知道宇宙的膨脹究竟是上述的哪一種情況。究竟宇宙將會不斷膨脹，抑或有一天會倒過來塌縮？理論上，哪種情況會出現，是由宇宙的平均密度來界定，但量度宇宙的密度實在不容易。天文學家想到一個辦法，就是量度宇宙早期的膨脹速率，再與今天的比較，看減慢了多少。若減慢很多，宇宙便是封閉的。然而，怎樣才可以看到宇宙早期、約一百幾十億年前的星體？

### 時間機器

天文學家至愛的工具，當然是望遠鏡，而望遠鏡實在是時間機器，它讓我們看到很久以前的事物！這原理很簡單，我們看得見遠方的星體，是靠它發出的光，而光的傳播速度雖然極快，但仍然是有限的。因此，我們接收到的星光都

<sup>1</sup> J. Glanz, *Science*, Vol 282, Issue 5397, 2156-2157, 18 December 1998.

是以前發出的。距離愈遠，星光就需要花愈多時間才能到達我們的望遠鏡。我們只要量度極遙遠星系的飛離速度，便能知道很久以前宇宙膨脹的速率了。問題是，星體愈遠，星光愈暗，觀測也愈難！



### 超新星宇宙學

幸好自然界有一類非常明亮的標準光源，那就是IA型超新星(Type IA Supernovae)<sup>2</sup>。很多恆星在耗盡燃料而死亡時，都會經歷一次猛烈的大爆炸；星球的外殼被猛力推出太空，恆星光度亦於短時間內暴增百億倍(圖二)！這便是超新星。而且，我們相信IA類超新星都是由狀態及質量相同的恆星所產生<sup>3</sup>，所以它們的光度都應該是一致的。普密特、里斯和施米茲三位教授領導的研究小組，便是利用IA型超新星來量度宇宙早期的膨脹速度，從而得知今天宇宙的膨脹，竟是比较幾十億年前不但沒有減慢，而且還要更快。

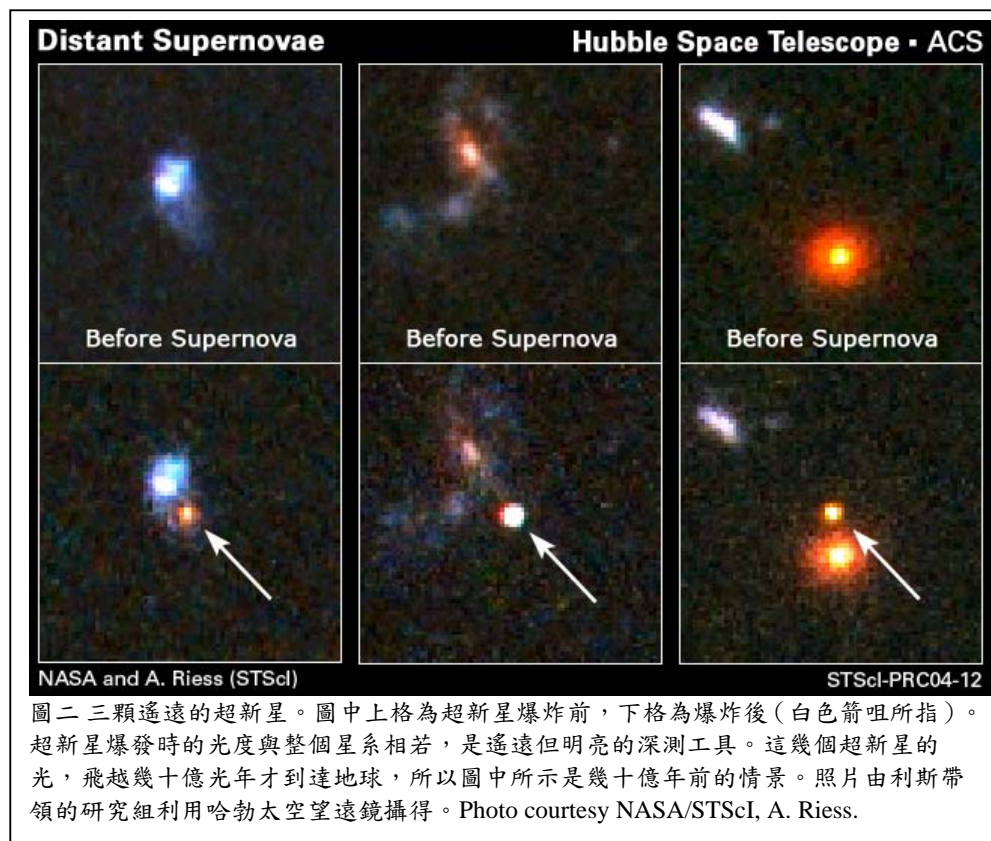
暗能量的發現，叫物理學家興奮不已。不少物理學家，嘗試提出新的理論去描述暗能量。這些理論都涉及重力理論(廣義相對論)的修正，例如新的粒子場，量子效應等。愛因思坦在大半世紀前亦曾在廣義相對論加入一個稱為「宇宙常數」的項，其作用便是真空的斥力<sup>4</sup>。在中大，我自己及幾個研究生，亦在發展一套以多餘空間維度—即除了熟悉的長闊高三維外仍有未看見的空間維度—來

<sup>2</sup> M. Livio, "The accelerating universe: infinite expansion, the cosmological constant, and the beauty of the cosmos", (Wiley, 2000).

<sup>3</sup> 天文學家相信IA型超新星是當一顆白矮星質量超越臨介值(約為太陽質量的1.4倍)時，星球不能保持穩定，發生猛烈爆炸而做成。

<sup>4</sup> 愛因思坦是因為以為宇宙是靜態的，而引入真空斥力以抗衡萬有引力。後來當他聽到宇宙膨脹的觀測證據，知道宇宙並不靜止，才後悔加入宇宙常數。之後的很多年，物理學界都以為宇宙常數應為零。

解釋暗能量。大家都期望，暗能量的理論及觀測研究，將帶來更多新發現及新問題，引領我們進入科學的新領域。



圖二 三顆遙遠的超新星。圖中上格為超新星爆炸前，下格為爆炸後（白色箭咀所指）。超新星爆發時的光度與整個星系相若，是遙遠但明亮的深測工具。這幾個超新星的光，飛越幾十億光年才到達地球，所以圖中所示是幾十億年前的情景。照片由里斯帶領的研究組利用哈勃太空望遠鏡攝得。Photo courtesy NASA/STScI, A. Riess.

普密特、里斯和施米茲三位教授將於九月十三日在香港中文大學主講邵逸夫獎講座，親自解釋他們的發現及工作。中大副校長及物理學講座教授楊綱凱亦會在九月七日以粵語向中學同學講述宇宙學的新發現，詳情可參閱香港中文大學網頁。