

科技訊息

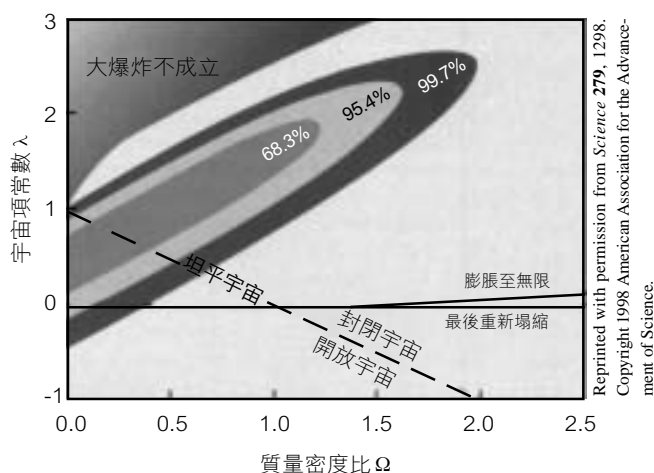
宇宙項與萬有斥力

愛因斯坦是個喜愛秩序、相信規律的人(雖然他在生活上之不拘細節、不愛收拾也是有名的)，所以曾有「上帝不擲骰子」的名言。在1916年第一次世界大戰高潮當中，他發表了轟動一時的廣義相對論，也就是牛頓重力理論的修正和伸延，並且把它應用到宇宙的整體上去。然而，他卻發現，單由重力支配其結構的宇宙，基本上是不穩定，沒有「靜態解」的。為了「彌補」這一理論「缺陷」，他在他的重力場方程式中增加了一個所謂「宇宙項」，它代表一個與距離 r 成正比的萬有斥力 F ： $F = \lambda r$ ，其中 λ 是宇宙常數。由於這斥力可以平衡萬有引力，所以靜態宇宙又變為可能了①。

弔詭地，錯誤推理卻往往引致正確結果，「宇宙項」就是個典型。

在其後十年間(1916-26)，天文學出現了兩個重大發現：首先，由於威爾遜天文台100吋望遠鏡的啟用，證明宇宙遠大於我們所處的銀河系星雲：「河外星雲」的數目有百十億之多；其次，更驚人的是，所有河外星雲都以高速離我們而去，後退速度 v 與其距離 r 成正比，這就是著名的「哈勃定律」(Hubble's law)： $v = Hr$ ，其中 H 是哈勃常數。這樣，宇宙整體很明顯地是在膨脹，是處於動態而非靜態之中，「宇宙項」成了名副其實的「蛇足」，因此很快就為人所遺忘，只是作為一種奇特的想法留存於文獻和教科書之中。

在隨後70年間，天文學家所致力於的，是哈勃常數的測定，因為它與「宇宙年齡」 T 是密切相關的： $T = 2/(3H)$ 。這一工作之困難在於後退速度可以從光譜的紅移準確量度，但星雲距離則一直沒有可靠辦法測知，只能夠以所謂「造父變星」(Cepheid variable)作為「標準光源」推斷。1994年以哈勃太空望遠鏡所得 $H \sim 80 \text{ km/s/Mpc}$ ($\text{Mpc} \sim 3.26$ 百萬光年)就是以這方法所得的最



根據最新測量結果所推斷得 λ 與 ρ 值的分布：圖中百分率指分布的預期值。宇宙斥力與 λ 成比例；質量密度比 $\Omega = \rho / \rho_c$ (ρ_c 為臨界密度， ρ_c 及 Ω 的意義見本刊26，86，1994年12月號)。

好成績了，然而它的含意卻還是充滿問題和爭議的②。

從去年開始，宇宙膨脹的研究出現了一個微妙而重要的轉變，那就是不再用造父變星，而用 Ia 類超新星(這是由白矮星吸收伴星物質質量直至超越臨界質量而形成)作為具有特定亮度的標準光源。這由加州的佩母特(Saul Perlmutter)和澳洲的史密特(Brian Schmidt)所各自領導的兩個研究組的工作，去年本刊已曾報導③。由於超新星亮度極高，而且在所有星雲裏面都存在，所以這一轉變意味我們可以通過測度它在遠古時代所發的光來測度宇宙在(通過大爆炸big bang)形成之後膨脹速度的變化。在今年初，測度所得的驚人結果逐步透露出來了：宇宙的膨脹不但沒有因為重力的吸引緩慢下來，反而是加速了④！極度震驚的天文學家試圖用各種效應來「解釋」亦即躲避這令人迷惑的結果，例如宇宙間瀰漫的塵埃令星雲的光譜「變紅」，或者 Ia 類超新星的本徵亮度有變化，並不一致，等等。但經過仔細研究之後，發覺這些假設都不成立：加速是肯定存在的。

這樣，剩下來的唯一可能解釋便是物質之

間的確存在萬有斥力，愛因斯坦的「宇宙項」因此「復活」了，再度成為天文物理學家研究的焦點，同時，也和「膨脹加速」一起，成為今年10月間在華盛頓和芝加哥兩個充滿辯論和戲劇氣氛的集會上的主題^①。

過去數十年間，天文學曾經有過許多突破，例如中子星和黑洞的發現，但能夠與1916-26年間那些動人心弦的「宇宙性」發現相比的，也許就只有這宇宙膨脹的加速了。它不但是觀測上的重大發現，而且，也可能是廣義相對論理論的一個重要發展，和牛頓萬有引力定律的徹底改寫：除了萬有引力之外，萬有斥力可能也存在；前者的「來源」是質和能，後者是否亦然？也許，在沙灘上拾貝的人類，又已經來到另一個宇宙奧秘的邊緣了。

① 邦迪 (Hermann Bondi) 所著的 *Cosmology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1961) 是這段歷史的極好介紹。

② 見本刊 26, 96 (1994年12月) 的介紹。

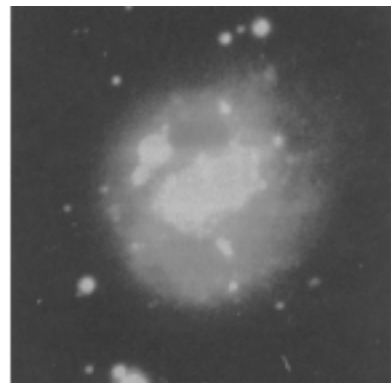
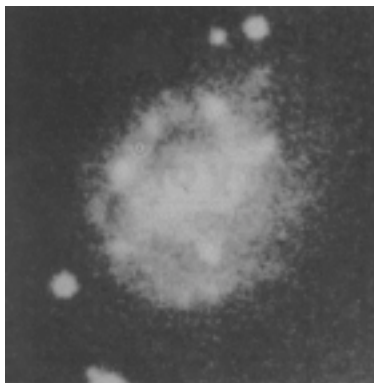
③ 見本刊 42, 90 (1997年8月) 及 44, 96 (1997年12月) 的介紹。

④ *Science* 279, 651 (30 January 1998); 279, 1298 (27 February 1998).

⑤ *Science* 282, 1247 & 1249 (13 November 1998).

超新星和超巨新星：它們有分別嗎？

在今年年中，天文學家終於對 γ 射線爆發 GRB (Gamma Ray Bursts) 事件的研究獲得突破，認為它是極短暫 (只有數秒至數十秒鐘)、能量極大 (達到超新星 supernova 的數百倍)，而其輻射以高能的 γ 線為主的巨星內塌事件，所以建議稱之為「超巨新星」(hypernova)，以示有別於「超新星」^①。可是，陡然間，這剛剛建立起來的分界線又模糊起來了：



距離約1.4億光年的螺旋星雲 ESO 184-G82。左 原來狀況；右 超新星1998 bw 爆發後。

因為就在今年4月25日發現的 γ 爆發 GRB 980425 差不多同一位置，出現了一顆超新星，編號 SN 1998bw，二者似乎有密切關連，甚至極可能是同一事件^②。

假若那是不錯的話，那末上述兩種爆炸事件就的確不再能截然劃分清楚了：二者之間很可能有一個「過渡」或重疊區：作為一顆超新星，SN 1998bw 是極端明亮的，它所發射的無線電波不但能量為所有超新星之冠，而且時間分布十分特殊，在10日內就達到了頂峰；但作為 γ 爆發，則 GRB 980425 卻十分微弱，大約只有典型 γ 爆發的萬分之一左右。

這樣一個特殊的超／超巨新星是怎樣形成的？一個說法是它先由一顆質量達太陽40倍的巨星中央部分內塌成為黑洞，然後其餘部分再向中央塌落，產生內爆而形成。至於它之所以能產生大量 γ 線，則是由於整顆星已不再含氫和氦，而是由較重的碳和氧兩種元素組成云云^③。很顯然，這還只是一種初步推想，但由於這一 γ 爆發的新類別之出現，它的形成機制又有了新的蛛絲馬迹了。

① 見本刊 47, 125 (1998年6月) 的介紹。

② 這一現象有下列三篇論文討論：S. R. Kulkarni *et al.*, *Nature* 395, 663 (15 October 1998); T. J. Galama *et al.*, *ibid.*, 670; K. Iwamoto *et al.*, *ibid.*, 672。此外，尚有下列文章介紹：Eddie Baron, *ibid.*, 635。

③ 見註② K. Iwamoto *et al.*。

Reprinted with permission from *Nature*, 395, 635. Copyright 1998 Macmillan Magazines Limited. Courtesy of Eddie Baron.

又一場微型革命 (21c)

電子技術的微型革命，特別是以光蝕印刷術為基礎的超大型集成電路的出現，是過去三四十年間電腦以及相關產品不斷翻新、躍進的基本動力。這場革命是電流的革命：基本上電腦是沒有昂貴、易磨損的移動部件的，它之驚人地便宜，理由即在於此。

且完全改變我們的世界。在目前，它們還只屬罕見「高科技」，例如作為加速感應器而被用作汽車防撞氣袋的觸發器，或者造成可以安全控制核武器的微型鎖(圖1)，等等。但日後它們則可能發展成信用咭大小的藥物測試實驗室或合成工廠(圖2)，或者變為可以探測大氣溫度和流向，乃至刺探私穩或機密的「精靈塵」(smart dust)。無論如何，能把DNA分析測試工作大量簡化的所謂「DNA晶片」已經在1991年發明，目前

已大量應用了(圖3)。在極端便宜、容易大量生產、能耗極低等等重大誘因下，MEMs的發展潛力可以說是無限的①。數億年前大自然產生了藻類和細菌；今日人類則製出了微精靈機，百數十年後它們會「進化」成甚麼樣子，那是誰都不敢逆料的吧？

① *Science* 282, 396-405 (16 October 1988) 有三篇專文介紹；*Scientific American* (November 1988), 28。

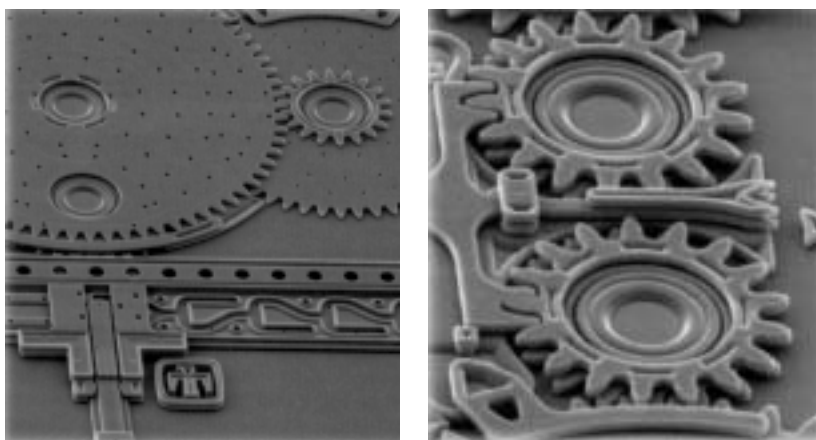


圖1 美國Sandia核武實驗室所設計的核彈微型鎖，右圖兩個齒輪的直徑大約是50微米。

但另一場微型革命已經在醞釀之中：大量同樣是以光蝕印刷術為基礎的微小機器——微米(micro)大小的齒輪、鎖針、推進器、閥門、液管、反應皿……已經在許多實驗室乃至生產線上出現。這些可以媲美晶片(chips)的所謂「微機」MEMs (micro electromechanical system) 已經像魔瓶中放出來的精靈一樣，行將充斥並

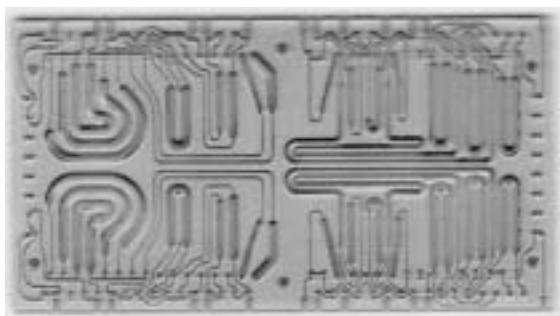


圖2 信用咭大小的連續反應器可以控制7個不同的反應，關鍵在於以微電阻控制溫度，和以加壓氣泡將溶液推移。

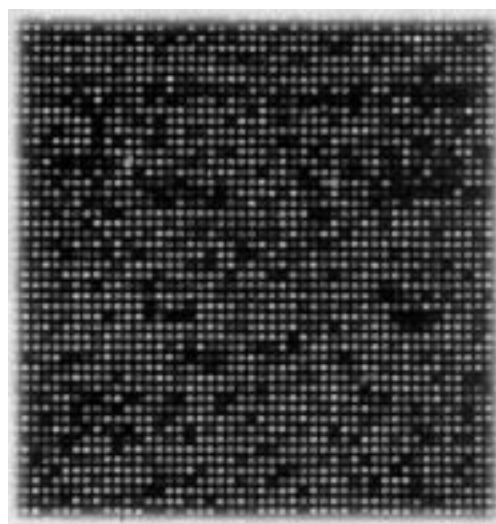


圖3 「DNA晶片」基本上是在硅或玻璃片上的矩陣，其中排列數以萬計的不同DNA分子片段(這些是以類似光蝕技術造成)；將包含其他DNA片段或基因的溶液流過晶片，然後以激光探測晶片上那些位置有DNA片段吸附，就可以在極短時間分析溶液中的DNA成分。

Reprinted with permission from *Science* 282, 402. Copyright 1998 American Association for the Advancement of Science.

Reprinted with permission from *Science* 282, 401. Copyright 1998 American Association for the Advancement of Science.

Reprinted with permission from *Science* 282, 396. Copyright 1998 American Association for the Advancement of Science.