

開放文學－漢文樂園－星星、原子、人 第十一章 宇宙是有限的還是無限的？

在太空時代以前，世人一直認為天文學是一切科學中最神秘的，但是現在它卻突然成為一門引起世人極大興趣的科目，而且是一門切合實際的應用科學。自從第一批人造衛星出現以來，許多從來不曾舉起好奇的眼睛遙望星辰的人，現在也盯住天空了。多年以來一直是住在偏僻的天文台裏的少數專家才研究的題目——例如月球的運動，行星的物理學之類的題目——現在塞滿了報紙的篇幅和電視的銀幕。

但天文學上最激動人心的問題卻是完全不切合實用的；無論這個問題的最後答案是怎樣的，它對於人類的實際事務都絕不會有什麼影響。這個問題就是宇宙的性質和構造——我們生活於宇宙之中，我們本身也是宇宙的一部分。這個神秘問題無疑是科學上最偉大、最根本的問題之一，自從人類於艱苦努力謀求生存之餘還能閒暇作思考的時候起，就反復不斷地提出過這個問題。正因為這個問題完全無關於人類事務，它也就更引人入勝；人類的心思每每給一些近乎玄學的想法迷惑住了。

幾乎每一個人都不免以這樣或那樣的方式遭遇一個在本質上無從解答的問題——有限和無限相對立的問題。當然，人類的心靈不可能想像無限小或無限大的東西；但有限這個概念若是應用到空間或時間上，也是無法想像的。無而沒有第三種想法；宇宙若不是有限的，便該是無限的。這是個兩難的問題，凡是關於我們宇宙的本質的任何討論，都必定圍繞這個問題。

即令是個三尺童子，也可能同這個難題接觸。他可能在藥房櫥窗裏見到一隻做廣告用的大瓶，瓶上的招貼紙畫著一個白鬍鬚的矮人，這人手裏端著一隻瓶子，同大瓶一模一樣，不過尺寸小些。這畫中的瓶子上當然又有一張招紙，也畫著一個較小的矮人，手上又端著瓶子，這更小的瓶上仍然畫著一個更小的矮人，手上又有隻瓶子。雖然印刷術還沒有進展到連第三代或第四代矮人的瓶子上的招紙都看得清楚的地步，但是這種畫法暗示招紙上的圖形可以一級一級縮小，以至於無窮。櫥窗外面的兒童研究了原來的瓶子後可能問道：這樣的圖形一級套一級，要套到哪一級才結束呢？顯然，圖形是可以越縮越小，永無止境！

當然，到某個程度必須終止；人類的心靈在這種可怕的無限概念之前退縮了。但對於心靈而論，是無路可逃的，它不能不老是想到矮人和瓶子在一級又一級縮小，圖畫縮個不止，心靈也就想個不停。在最小的圖形之後始終存在著更加微小的圖形的可能性。

這祇是無限的一端；事物還可以一級比一級擴大。不論一樣東西大到什麼程度——無論它是一棟房子、一個洲、整個地球、太陽、太陽系、銀河、一切銀河系、宇宙——總還有可能存在著更大的東西，即令看不到，至少也能夠想像到。假如我們描繪宇宙的最遠邊境為由一道柵欄圍住，欄上大書「宇宙的終極」字樣，我們的心靈立刻會跳過柵欄，提出問題道：「柵欄外面又是什麼？」無論把柵欄移得多麼遙遠，我們總能夠跳越它，於是無限的概念又出現於我們眼前。

到此刻為止，我們還祇討論空間的廣袤。但當我們想到時間的問題時，有限和無限相對立的難題又落到我們頭上了。究竟有沒有一個太初呢？假如有，在太初之前是什麼？萬事萬物會不會有個終結？時間會不會延伸到不可思議的、漫無休止的長度，即所謂「永遠」呢？

這兩個關於空間和時間的難題，應用到我們居住的宇宙上，就變得特別困難了。假如宇宙在空間和時間方面都是有限的，那麼我們就不得不問一聲：在限界之外是什麼！在太初之前是什麼？在終結之後又是什麼？可是人類的心靈又不能夠捨有限而取無限，不能體會到宇宙怎樣在空間和時間方面都無限地伸張出去。第三種可能性也許是空間和時間都無限，但物質的存在局限於空間裏有限的部分，而且只延續一定長久的時間。這第三種想法並不比頭兩種可能性更教人滿意，因為它把「物質的宇宙」這個現象貶低為只是一個無足輕重的事件，迷失於空間和時間的茫茫海洋裏。看起來似乎連思考這些神秘問題都是完全枉然的，因為憑我們的思想的正常方式無法想出任何解答。我們有一種本能的感覺，覺得找不出證據或反証來判斷這個爭端。但人類的天性決不滿足於在難題面前束手無策。在古代，種種的猜想通常根據信仰、宗教教條甚至於各人的嗜好。人人都可以自由挑選一種理論——這種情況也許是很好玩的，但無法顯露宇宙的真正性質。幾千年來，大都是些無結果的爭辯。

於是，二十世紀科學的驚人進展突然把局勢改變了。現在天文學和理論物理學給我們提供了工具，藉此可以從嶄新的角度向這個問題進攻，使用從前無法想像的概念和想法。相對論和二百吋望遠鏡以及龐大的射電望遠鏡（無線電望遠鏡）之類的大大改進了的天文觀測器械，已給我們以工具，藉此可以探究「宇宙的結構」這個古老問題，不再靠個人的信仰或嗜好了。這倒不一定是說我們已比從前更接近於瞭解宇宙的性質；不過，最低限度，這個問題和解決它的可能性比從前更加大大地激動人心。

據現代科學所瞭解，我們對於宇宙的全面看法，已不再著眼於一個月亮、行星或恒星，而是以銀河（天河）為宇宙中的物質的基本單位。這些銀河，從前叫做「螺旋星雲」，是天空裏非常非常遙遠的物體，多年來天文學家們都查不出個究竟。現在天文學上把典型的銀河描寫為由許許多多恒星結合而成的極大的一團，形成一個巨大的海島似的宇宙，其體積相當於我們太陽系所歸屬的銀河。用荷蘭天文學家詹·H·奧爾特（Jan H. Oort）的話來說：

「人類在近兩個世紀裡所處的境況彷彿是個守望者，注視著一批奇怪的物體朝自己走來。起先看這些物體是些暗淡模糊的影子。等到更強大的望遠鏡把它們越拉越近，才認清它們是一群群星，更進一步看清它們分成許多個系統，其形狀和類型互有差別；現在我們已能分析許多星辰集團的內部結構的詳細情況。」

單單一個銀河裏就可能有恒星一千億個之多，這樣的銀河已經紀錄到的不下幾十億個，都是由強大望遠鏡深入太空而觀察到的。

上述的細節雖然非常有趣，在我們研究宇宙的構造這個基本問題時，卻不必太過注意。現在最重要的是這麼一種說法，即認為銀河是宇宙的基本單位——可說是構成宇宙的原子。

關於銀河在宇宙中的分佈狀況，有兩項重大的發現。第一項是：據最強大的望遠鏡的觀察所及，銀河似乎均勻地散佈於整個太空。銀河有形成集團和星叢的傾向，但以整個宇宙而論，統計起來，這種結叢的趨勢也是到處都差不多的。第二項發現是二十世紀初年由V·M·斯立活（V.M. Slipher）E·P·赫博（E.P. Hubble）和M·L·赫瑪孫（M.L. Humason）作出的。他們發現：銀河各自背離而去，任何兩個銀河飛逝的速度同它們之間的距離成正比。這個現象引起了「宇宙膨脹」的理論。二十世紀本來多的是科學上的驚人奇事，宇宙膨脹論可能是二十世紀天文學上最重大、最激動人心的發現。

顯然，認識了銀河的真正本質和它們奇怪的飛逝情況，一定給那些研究宇宙的性質的人提供很多可資思考的材料。但是，假如沒有一種統攝全局的理論，使這些重大的發現能夠在一個更大的思想體系內讓人瞭解，這些發現就會毫無用處。恰好在科學上出現了最幸運的巧事，就是天文學家發現宇宙膨脹現象的前不幾年，理論物理學家剛好根據他們的數學方程式也推究出同樣的觀念。這些方程式全都脫胎於著名的「特殊相對論」（Special Theory of Relativity），特殊相對論是阿爾伯特·愛因斯坦（Albert Einstein）在一九〇五年研究出來的，後來他又在一九一七年將這理論推廣了。

相對論據說是外行的人無法理解的，但只要討論宇宙的性質，若不依靠愛因斯坦的觀念就無從談起。相對論使我們對於宇宙的基本實體——空間、時間、物質——的概念煥然一新。愛因斯坦本人和跟他同時代的數學家不久都認識到：相對論是個獨一無二的好工具，可用來解決「我們周圍的宇宙究竟是怎麼回事」這個自古以來就無法答覆的問題。不幸，相對論裏有一個概念超出了人類感覺的具體覺察的範圍。相對論的種種概念，牽涉到一個因素，是在我們思想的結構中不佔地位的，這就是：第四因次（或譯次元、度）。

用數學的詞句來說，一個因次就是空間的一個重大延伸。一條無限細的線只往一個方向伸張，因此它是「一因次的」。一個平面，譬如一張平直的紙，往兩個方向延伸；它只有長和寬，假如我們不理會這張紙的厚度的話。因此，平面是「二因次的」。一個盒子往三個方向伸張——高、長和寬——所以空間是「三因次的」。平面的兩個因次形成一個直角，這是可以從一張紙的每一個角上立即看到的。空間的三個因次也是如此：盒子的每隻角都是由三條邊組合而成的，這三條邊形成三個直角。

我們從一張紙談到一個盒子，便是加多了一個因次，即由兩因次變為三因次。以我們的思想的通常限度而論，事情只能講到這裏為止。我們不可能具體感覺到這盒子再增加一個因次。已經沒有「餘地」讓我們再加一條邊到盒子角上，同原有的三條邊形成一個直角。換句話說，第四因次的概念根本不適合我們的感覺能力天生的狀態。

許多人相信：第四因次是個極端困難的問題，只有最偉大的數學家或科學家纔能夠「理解」它，好像普通人能夠「理解」或具體感覺一隻盒子那樣。這種想法並非真確。人類的心靈無論多麼聰明，多麼靈巧，都不能具體感覺到第四因次，因為我們自己的形體所佔的空間就是三因次的。我們的感官所得的印象和我們一切的經驗都只依三個因次而散佈，而我們的思考和我們對空間的想法都必須符合於我們的經驗。只有憑一種辦法才可獲得關於四個因次的世界的特性的知識，這就是憑藉邏輯和推理。當然，要徹底研究四因次的「事物」的奇怪特性必須使用某些特別的數學，但這不是說通向四因次世界的門戶必須始終關閉，拒絕一切未能擁有數學鑰匙的人進入。事實上，任何人只要肯以少許的思考作為代價，就可以進入這個奇特的境地去暢遊一番。

我們的遊程從兩個因次的世界開始，由此進到三個因次的世界。當我們作這樣的轉變的時候，我們要仔細注意所發生的一切變化。我們能夠輕易地瞭解並具體感覺到這一切的變化，因為我們起程的世界和我們到達的世界都在我們的感覺能力的範圍之內。這些變化一點也不會神秘難解，因為它們都同我們日常的、三因次的經驗有關聯。然後，我們將動身進入第四因次，把它同我們毋先的觀察作一番比較，設法對於這個奇怪的範圍取得瞭解。

我們由二因次的境界出發，這種境界可以說是一張無限薄的紙。我們在這張紙上畫一個圓圈，這個圈當然也是個二因次的形象。然後，我們進入空間的三因次境界——也就是我們的經驗的世界——我們在這個空間裏建造一個球體；它同三因次有關聯，恰像是上面所說的圓圈同二因次有關聯。這兩個形體是堂兄弟，它們親密的血緣關係只要一看它們的性質就可以知道。實際上，我們應該給它們兩者安上同樣的族姓，藉以表示它們這種親密的關係；我們可以稱這圓圈為「次球體」。同樣的血緣關係也存在於正方形與立方體之間，我們可以稱正方形為「次立方」。

現在我們準備一躍而進入第四因次，我們將把一個同球體和圓圈相一致的幾何形體放進第四因次。換句話說，這個四因次的形體同球體之間的關係，必須跟球體同圓圈之間的關係一樣。我們沒有辦法描繪出這樣一個形體，正好像沒有辦法表達四因次的境界。我們只能畫一隻盒子代表四因次的奇異境地，並把我們放進這個境地的四因次物體的名稱寫在這個盒子裏。既然這個物體也是別的那兩個形體的堂兄弟，它也該取得同一族姓；我們稱它為「超球體」。現在我們必須斷定這個超球體的性質。

我們暫且回顧一下圓圈。它的邊界是一條線，線的本身只有一個因次。但這條線為了要形成一個圓圈，需要第二個因次以便彎曲而穿過，否則它只能是一條直線，永遠成不了一個圓圈。正是這條線的彎曲性，使圓圈有可能成為一個封閉的、二因次的形象。這個圓圈的外部邊界，即這條線，既無起點也沒有終點；但它雖然是無限的，卻有一定的長度，可以用尺寸來表示。假如我們放一個點到圈裏，這個點會受一因次的邊界線的限制而局處於圓圈的兩因次的範圍之中。

以上所說都很清楚，很容易看到。現在我們要進到球體，並作同樣的說明。既然由圓圈過渡到球體是要增加一個因次才成，我們在作關於球體的說明時，只要把上段所說的話重述一遍，並且凡是講到因次的地方都加多一個因次就行了。除了多一個因次之外，關於圓圈和關於球體的說明在一切方面都是完全符合的。

讓我們往球體進發。它的邊界是個表面，其本身只有兩個因次。但為了構成球體，這個表面必需有個第三因次以便彎曲通過，否則它只能是個平板的平面，永遠也成不了球體。正是由於表面具有彎曲性，球體才可能成為封閉的、三因次的形體。球體的外部邊界，即球體的表面，既無起點也無終結；但它雖然是無限的，卻有一定的面積，可以用平方寸來表示。假如我們放一個點進球體裏，這個點將受兩因次邊界表面的限制而局處於球體的三因次範圍之內。

上段的說明只是逐字逐句照抄前面那段關於圓圈的說明，根本沒有想到它的含義。寫這些說明時並未想到球體。只要在談圓圈的說明中凡是提到因次的地方一律照加一個因次，便可把這種說明變作談球體的說明了。我把這種依「機械」方式寫下的說明重讀一遍，會覺得它完全正確。這說明真實無誤地敘述了球體的某些明顯的特性，我們根本無須望一望球體，便獲得了這種知識。上述的說明可以由假設生活於僅有兩因次的境界裏的人作出，此人對於第三因次是沒有感覺的。儘管他的思想結構受到這種嚴酷的限制，他還是能夠正確地描敘一個球體。

現在我們準備描敘超球體，我們又是要把上面的說明移用過來。這次我們是要移用關於球體的說明，凡是其中談到因次的地方，我們都要添加一個因次。結果一定是一篇描敘超球體的某些性質的說明。

讓我們談談超球體吧。超球體的邊界是一個空間，這空間的本身只有三個因次。這空間為著要形成一個超球體，必需有個第四因次，以便彎曲而通過，否則它只能是個平板板的空間，永遠成不了一個超球體。正是空間的這種彎曲性，使超球體可能成為一個封閉的、四因次的形體。超球體的外部邊界，即是空間，既無起點也沒有終結；但它雖然是無限的，卻具有一定的體積，可以用立方寸來表示。假如我們放一個點進入超球體裏，這個點會受到三因次的邊界空間的限制而局處於四因次的超球體的範圍之內。

以上的說明似乎沒有什麼意義，但是我們必須認識到：這些說明是有意義的。我們不可能具體感覺到「彎曲的空間」。我們能夠畫出彎曲的線和彎曲的表面，但畫不出彎曲的空間。這是一個很有意義的概念，我們只能靠移用來取得這個概念。我們不能夠感覺到第四因次，既然「空間必需有個第四因次以便彎曲而通過」，彎曲的空間也就超出了人類的思想的領域。同樣的，我們很難認識超出了人類的思想的領域。同樣的，我們很難認識超球體的外邊部界不是像圍牆一般的東西——因為既說是邊界便含有這樣的意思——而是空間。在我們的語言裏，「空間」含有任人自由來往不受攔阻的意思，同「邊界」這個詞彙的意思又有衝突。而且，我們又藉著移用而獲得一個新的概念。兩因次的平面可以限制一個點在第三因次裏的運動，但在這個平面本身的兩因次空間領域內，這個點卻可以自由來去，毫無阻礙。依同樣的方法，空間也確實可以既作為邊界而限制了一個點在第四因次之內行動，但在這空間本身的三因次之內，又讓這個點自由來去無阻。

我們把球體剖成兩半，瞧著切口的地方，看到有個圓圈。依數學的詞句來說，切開就等於削減了一個因次。切割一個球體產生一個次球體，即圓圈。假如我們切割一個超球體，結果會怎樣呢？既然切割等於減少一個因次，超球體的切面便是一個球體！

讓我們回到二因次的境界，假定其中住著二因次的人——不是普通的人，而是「次人」。他們沒有辦法感覺到第三個因次，因為他們的經驗和他們的思考方式都限於兩個因次。然而你是個三因次的生物，你有一個球體，打算給這些「次人」看看。你把球體拿到他們的世界的上空，這些「次人」會一點都瞧不見，因為他們不能望出他們的世界以外。當你的球體碰到他們的世界時，這些「次人」只知道有個點——就是球體同他們的平面世界相接觸的那個點。現在你把球體推過去，穿透他們的世界，那些「次人」只看到有個圓盤子出現。圓盤越現越大，以至於這個球體的赤道部分通過平面世界，然後圓盤又越縮越小，最後縮為一點，完全離平面世界。「次人」們見到這種景象，會大感驚訝，假如你設法解釋給他們聽，說他們剛才看到的是個球體穿透他們的世界，他們會不知道你講的話是什麼意思。他們會因你能表演這種無法解釋的把戲而大大地佩服你；但在你看來，這種事情簡單極了。

現在，同第四因次比較起來，我們人類本身也是「平面」的生物。假如有個四因次的超人擁有一個超球體，決定推著它穿透我們的世界，我們也會驚異不已。突然之間，不知從什麼地方來了一個點，出現於超球體同我們的世界相接觸的地方。這個點會變成一個球體，越變越大，以至於現出了這個超球體的赤道，也就是最大的部分，然後它就逐漸縮小，以至於剩一小點，最後它就完全離開我們的世界。

我們還可以再向二因次世界的「次人」耍一套戲法。假定那世界裏有個罪犯給警察關進了監牢。這監牢當然是個封閉的方框或長方形框。罪犯一給關進監牢就成了囚徒；他逃不掉，因為他的二因次世界的各方面都有「牆」——方框框的邊線——圍困他。我們不必衝進監牢就可把他釋放出來，這根本不是變戲法，因為在我們看來，這個框框無論上面還是下面全是敞開的。我們只要從上面伸手抓住他，把他提出牢外，通過第三因次就把他帶走了。就獄警看來，監牢並無遭受侵闖的跡象，囚犯卻不見了，這真是魔術一般的脫逃事件。

依同樣的方式，在四因次的超人劫獄者的眼裏，我們建造的作為監牢的一切封閉的、三因次的盒子，由他看來無論「上」「下」都是敞開的。他可以把囚犯「提」出獄外，無須打破門戶或牆壁。四因次的超人醫生可以施行真正教人驚訝的手術。這種醫生可以從嬰孩身體裏取出危險的外來物體，例如一枚扣針，而根本無須割開皮肉或引起任何痛楚。

關於超球體和第四因次，我們至今所知的一切似乎都不過是些逗人發笑的數學理論而已，同物質界的真情實況毫無關係。的確，最初關於四因次世界的性質的猜測，是以數學遊戲的方式出現的。後來愛因斯坦發現：數學家的這種益智遊戲可以作極有價值的實際用途，他便把這種數學遊戲用作他那著名的相對論的一部分。愛因斯坦打算在相對論裏藉彎曲的空間來解釋宇宙的結構。

既然彎曲的空間需要有個第四因次以便彎曲通過，學者就必須斷定在我們的物質宇宙中可以從什麼地方找到這第四個因次。愛因斯坦斷定第四個因次是時間。但是，空間和時間是兩種不同的實體。這兩者是不能夠立即互換的，不像兩個空間的因次那樣（譬如長和高就可以立即互換的，像一隻盒子，只要將它側過來放，它的長就變為高，高變為長）。愛因斯坦將時間作了數學上的變更，使它在形式上相等於三個空間的因次（長、寬、高）。他稱這種由四個因次構成的世界為「四因次的連續」，並說這確實是我們生活於其中的宇宙。憑著這個概念，空間的彎曲就同宇宙中的物質的存在有了聯繫。

愛因斯坦最初提出的見解稍有不合自圓其說的地方。這些地方給俄國數學家亞力山大·弗烈德曼（Alexander Friedman）改正了，他進一步從數學上研究充滿著銀河的四因次連續，他的數學公式就代表我們真正的宇宙。但是他依據數學上的推理而發覺：這樣一個宇宙是不穩定的，必須像個膨脹的氣球一樣擴張不已。弗烈德曼於一九二二年作出上述的發現。這確實是個奇特的發現，因為從來沒有人夢想過宇宙的舉動會像個氣球。然而僅僅兩年之後，美國加里福尼亞州威爾遜山天文台的科學家厄德溫·赫博（Edwin Powell Hubble）就找到了證據，證明銀河是彼此疏散飛離的，彷彿爆炸的炮彈的碎片。這項發現立即同數學家們的推想而得的奇特結果聯繫起來了，這些數學家一直在想方設法應用把愛因斯坦的方程式來解釋宇宙的構造。大家立即認清：銀河的運動便是把愛因斯坦和弗烈德曼所主張的擴展著的宇宙的確實證據——觀測上的證據。

為了說明這件事，我們不妨假定銀河好像一個膨脹的氣球外部表面上的圓圈點花樣。我們既是處在某一個圓圈點花樣似的銀河裏，我們的四周圍便全是這些圓點。氣球漸漸吹脹了，別的圓點都會離我們而去，越是距我們遠的，離我們而去的速度也越大。這正是上文描敘過的運動的方式：既然氣球表面的花點都是同等的，它們彼此疏散背離而去的速度就同它們的距離成正比例而增加。自從最初發現銀河的飛行以來，連遠在六十多億光年以外的銀河——那是可能觀察到的宇宙的最遙遠的邊疆——互相背離而去的速度都給人觀測而得了。相隔那麼遙遠的離開的銀河，正以每秒鐘九萬哩的速度背離我們而去，這個速度差不多達到了光速的一半。顯然，我們應該說，我們是生活於一個「爆炸的宇宙」裏，而不能僅僅用「膨脹」的字樣來形容它。

氣球表面上的圓花點只能讓我們想像到一個彎曲的、三因次的宇宙的模型。實際上，宇宙是個四因次的連續，至於銀河在三因次空間，不過是宇宙的「邊界」而已，彷彿超球體所具有的三因次的邊界。問題依然存在——需要斷定宇宙的四因次形狀，即宇宙的結構。

讓我們再像前面做過的那樣，把一切都減掉一個因次，以求提供形狀上和彎曲性上的有用的譬喻。銀河的空間給人減掉一個因次，就變成兩因次的表面，而銀河本身就成為這個表面上的平點。現在有三種方式可以表現我們的「空間」的彎曲性。第一，它可能是平的，假如是這樣，空間就會絕無彎曲，並且會延伸到無限。第二種方式是：空間可能有正的彎曲，好像球體的表面；假如是這樣，它會形成一個封閉體，並且會是有限的。依第三種方式，空間會照馬鞍的形狀而彎曲（請參看後幾頁的插圖）；這種彎曲是負的彎曲，表面會再延伸到無限，因為馬鞍不形成一個封閉體。我們怎樣斷定真實的宇宙究竟合乎三種方式中的哪一種呢？

不幸，根據相對論而得的方程式，在這件事上並無幫助。這些宇宙哲學上的方程式不像中學校裏所學的簡單方程式那樣只有一個未知數，只有一種簡單的解答： $X=a$ 。這些宇宙哲學上的方程式卻可以有好多種解答，必須對真實的宇宙裏的銀河的舉動作辛勞的研究，才可顯示我們生活於其中的宇宙究竟是怎樣的一種。

宇宙哲學上的方程式的每一種可能的解答，稱為一種「宇宙的模型」。我們已經談過三種：一為球形的宇宙，是有限的；二是平的，三是馬鞍形的宇宙，都是無限的。另外還有些因素需要考慮。我們也必須斷定宇宙連同時間的變化。既然宇宙是不穩定的，顯然在膨脹擴展，我們必須設法發現宇宙在往昔發生過什麼事，到將來又會發生什麼事。宇宙會繼續膨脹麼？還是終於會開始收縮呢？

顯然，有一大批可能的宇宙任我們選擇。愛因斯坦的方程式除了可能有若干種不穩定的宇宙模型作為解答外，也可能有一種截然不同的解答。這一種解答是由英國科學家佛烈德·賀義耳（Fred Hoyle）、赫爾曼·邦第（Herman Bondi）和湯瑪斯·戈爾德（Thomas Gold）研究出來的。他們提出一種所謂「穩定狀態的宇宙」，這個宇宙在空間和時間方面都是無限的；更重要的是：這個宇宙不隨著時間而變化，卻在本質上永遠保持同樣的狀態。

倡導「穩定狀態的宇宙」的人必須解答一個問題，就是怎樣把銀河的飛行同他們主張的穩定狀態的原理調和起來。銀河的飛行會使宇宙中的銀河變得稀薄，因為各個銀河是互相背離而散去的，消失於深遠的無限空間裏。但根據「穩定狀態的宇宙」理論，這種銀河的離散恰好給銀河之間的越來越擴大的空間裏自動而不斷產生的氫原子抵銷了。這種新創造的物質凝聚而形成新的銀河，代替那些已經消失於無限中的銀河。

物質會在毫無遮攔的空間自動創造出來——這種想法，初聽是怪異而不可思議的，實際上或許不然。我們可以根據物理學定律來解釋，就是把物質和能不滅的定律應用到整個宇宙。這個想法是在一九四五年由德國物理學家帕斯夸耳·約旦（Pascual Jordan）首先提出的，並不違背已知的自然法則。

「穩定狀態的宇宙」理論具有極大的吸引力。根據這種理論，物質、星辰甚至於銀河的創造自從太古以來就在進行之中；這種創造今日還在進行，並且將永遠進行下去。穩定狀態的宇宙把永遠進行不已的變化、誕生和死亡的觀念同永不變化的背景——世界的戲劇就是映現於這個背景上——聯結起來了。在這一方面，穩定狀態的宇宙的平靜幾乎是最典雅的，同那些不穩定的、進化著的宇宙模型成為尖銳的對比。

穩定狀態的宇宙同各種型式的進化的宇宙，在理論上都是宇宙哲學的方程式的正確解答。究竟那個對，那個不對，不能光憑理論來斷定。我們要想作一選擇，必須研究進化的宇宙的一項特點，即上古的情形，這是我們還未討論過的。既然銀河是彼此背離而去的，而離散的速度又已相當精確地測算到了，這就很容易算出在多少長久之前它們必定全都位於同一個地方。假如有一部電影紀錄著宇宙從開頭起的歷史，假如我們能夠把這影片倒捲回去再放，就會看到銀河飛馳而聚合；既然離得最遠的飛得最快，它們就都會在同一時候到達一地點。這個戲劇性的開端——當時宇宙中一切的物質都凝聚為一個不可思議地熾熱而緊密的球——必定出現於大約六十億年前，這是主張進化理論的天文學家、物理學家和數學家的意見。他們相信宇宙是在一個大激變中創造出來的，一切空間、時間和物質都由這個大激變所產生。

進化理論的主要衛護人之一是美國物理學家喬治·賈茂（George Gamow）。據賈茂說，在太初的時候，極熱的物質成為龐大的一團，它就是氫和氦的誕生地，宇宙的質量有百分之九十九是由氫和氦構成的。那些爭論不決的問題——即各種較重的元素是在什麼地方、什麼時候形成的以及怎樣形成的——對於宇宙的形象是沒有關係的。這個爆炸著的一大團物質費了二億五千萬年方組成無數的銀河，至今仍從萬事萬物誕生的地方繼續飛奔而去。現在這些銀河的飛行還是在替六十億年前萬事萬物的開端的激變作見證。這種飛奔而去的行動會不會永遠進行下去，使我們所在的這部分空間實際上沒有了銀河——因為銀河正擴散到體積越來越增大的宇宙裏——呢？這個問題至今還沒有答案。既然在宇宙裏可以觀察到地區中的物質的密度處於一定的限度以內，作用於這些物質上的吸引力就能夠讓人計算出來。這股力量會發生作用，延緩銀河向外的飛行。這裏發生了一個問題，就是：吸引力是否能夠阻滯銀河的運動，令它們倒轉方向，終於將它們帶回到原先受創造的地點。現在看來，銀河似乎行動得太過迅速了，它們相互的吸引力太微弱了，不足以再度將它們拉攏到一起。然而我們對於宇宙所包含的物質的份量可能猜測錯了。假如這份量比我們所估計的龐大得多，銀河之間的相互吸引力就會比我們所猜想的更強大，可能延緩宇宙的膨脹。M. 赫馬孫（M. Humason）用二百吋直徑的望遠鏡進行的觀測，顯示這麼一種延緩可能真是在進行中。

說起來也許是件怪事：我們居然能夠查到銀河在十億年前運動的速度。這個道理非常簡單。用最大的望遠鏡觀察得到的許多銀河，離開我們大約有十億光年的路程。這就是說，從這些銀河發出的光，傳到我們的眼睛時，已在路上走了十億年；我們從這光所知道的銀河的情形，一定是它們在上古時代的情形。赫馬孫發現：這些遙遠的銀河似乎行得比它們應有的速度更快，意思就是說，它們在十億年前運動的速度比現在更大。以這個證據為基礎，我們必須達到一個結論，就是在最近的十億年裏，宇宙的膨脹已經顯著地延緩了。事實上，減速率似乎很大，膨脹將終於停止；然後銀河會開始走回頭的路。再過幾十億年後，它們會聚首於一起，作驚天動地的大碰撞，那時候，舊宇宙死亡，新宇宙誕生。假如真是這個樣子，在極遙遠的將來可能有另一種人類會觀察另一個宇宙的銀河，並且下結論說，每個宇宙不過是創世的脈搏跳動了一下而已。

顯然，證實了這種宇宙膨脹速率的減低，就會推翻「穩定狀態的宇宙」的理論。在穩定狀態的宇宙裏，膨脹的速率必須永遠是同一的。

我們觀察最外面的銀河時，的確就是在回顧上古的情況——這個事實，給了我們另外一個可能性，足以斷定進化的宇宙和穩定狀態的宇宙究竟誰是誰非。這場測驗所用的工具，由一門新科學——射電天文學——提供。觀測表明：有些銀河是極強烈的無線電波

的來源，儘管它們離開我們比光學望遠鏡所能達到的距離更遙遠得多，但發出的電波極強，我們還是可以錄取到。每個銀河都是個無線電波的源頭，但銀河同銀河相碰撞時發出的無線電波尤其特別強烈。講起兩個銀河的互撞，似乎是極富於戲劇的事件，其實一點也不奇怪。一個銀河裏的各個恒星之間的距離大極了，所以兩個銀河可以撞到一起而互相穿插過去，卻不致於讓任何兩顆恒星正面碰撞。然而每個銀河都包含由氫氣體形成的大塊雲；當這些雲塊迎頭相撞的時候，就會釋放大量的能，以無線電波的形式發出，雖然經過極遠距離的空間，歷過幾十億年的時間，還是能夠讓人偵察到。

十億年前，宇宙裏各個銀河的彼此距離比今天更接近得多；所以，那時候兩個銀河之間發生碰撞的情事必定比今天更加頻繁。秉著這樣的想法，英國的射電天文學家馬丁·瑞艾爾（Martin Ryle）一直在檢查宇宙，搜尋無線電波的來源——這些電波可以給人辨明是二百吋望遠鏡所望不見的遙遠太空裏互相碰撞著的銀河發出來的。瑞艾爾獲得了驚人的結論：在太空的遙遠地區——我們所知道的當地發生的事情都是發生於十多億年以前的——這種銀河之間互相碰撞的情事，其發生的次數比今日更為頻繁。這個結論也趨向於推翻「穩定狀態的宇宙」的理論，依照這種理論，無論在什麼空間、什麼時間，銀河之間發生碰撞的頻繁程度必定是相同的。

倡導穩定狀態的宇宙理論的人說，銀河相撞和宇宙膨脹延緩的證據還是太靠不住，不足以斷定爭論的雙方誰是誰非。固然，已經作出的一切測算都是在僅僅可以容許測算的限度裏勉強作出的，而所得的結果也同可能的錯誤混在一起，必須慎重揀擇出來；但是有利於「進化的宇宙」的證據似乎在漸漸增加著。

穩定狀態的宇宙，依它的定義來說，在空間和時間方面都是無限的。進化的宇宙卻既可以是有限的，又可以是無限的；假如我們必須贊同這個理論，我們原先關於宇宙的性質的問題就得不到答案。於是我們又面臨三種可能性：一是無限的平的宇宙；二是有限的球形的宇宙；三是無限的馬鞍形的宇宙。

前面談到過的赫馬孫的研究，不但表示宇宙的膨脹已在逐漸延緩，也暗示宇宙是一種封閉的超球體，我們生活於有限的尺寸的宇宙裏。

但是還有另外一種辦法決定如何從平面形、球形和馬鞍形這三種形象的宇宙中選定一種。只要算一算銀河的數目就行了。我們不妨把宇宙看作一個表面，扁平的銀河就撒佈在這個表面上。現在我們以自己的銀河為圓心，畫一個大圓圈，計算一下在這個圈內的銀河總共有多少個。然後我們又畫第二個同心圓圈，其半徑為第一個圓圈的兩倍。我們又計算第二個圓圈所包含的銀河，當然包括第一個圓圈裏已經計算了的全部銀河在內，接著，我們又畫第三個圓圈，其半徑三倍於第一個圓圈，並又計算其中的銀河總數。現在我們得出三個數字，單憑這三個數字，就可查明我們的宇宙是怎樣彎曲的。我們必須假定銀河是均勻地分佈於宇宙各處的，但這是一個合理的假定。

我們可以首先看看平板的宇宙，它是沒有彎曲的。我們畫的三個圈，都在平面上，我們可以斷言，三個圈裏所包含的銀河的數目的比例必定是一比四比九，因為三個圈的面積的大小依照它們的半徑的平方—— $1^2 (= 1)$ 、 $2^2 (= 4)$ 、 $3^2 (= 9)$ ——成正比例地增長。

假如表面是彎曲的，這些簡單的比例就作不得數了。若彎曲是正的，不是負的，三個圓圈就是畫在一個球體上，它們的面積的增加率稍小於上文所說的。若要證明此事，只須將球體上畫了圈的部分切下來壓扁，攤開在平板上就行了。那時，切下來的球體部分的表面會有許多個地方裂開來，裂縫裏是沒有銀河的。所以，假如三個數字遞增時的比例少於一比四比九，我們的宇宙就必定是個有限的封閉的球體。反過來說，假如彎曲是負的而不是正的，我們的宇宙便是馬鞍形的，三個數字遞增的比例會大於一比四比九。這也可以證明，我們只要設法把馬鞍攤開在平面上就行。這時候，表面會起皺，某些地方會重疊起來，因此，在同一塊地區所包含的銀河的數目多過扁平的圈所包含的。

當然，我們剛才用來代表宇宙的那三種表面都缺了一個因次；但我們知道，同樣的結論可以適用於嵌在「四因次連續」裏的三因次空間的真實宇宙。扁平的世界相當於無限的「直的」空間；球體相當於一種有限的超球體，而馬鞍形相當於無限延伸的超鞍形。我們的關鍵性數學也會變更，因為我們現在必須計算越來越大的球體裏找得到的銀河的數目，而不是越來越大的圓圈裏銀河的數目。這些關鍵性數字變成了一、八和二十七。因為球體的體積依它們的半徑的立方而增加。（ 1^3 為一、 2^3 為八、為 3^3 二十七。）

這樣一種計算銀河數目的工作確實進行過，數目遞增的速度似乎大過一比八比二十七的次序。這個結果表示宇宙的結構符合於某種超馬鞍形，也就是說，我們生活於一個無限延伸的宇宙裏。

不過，宇宙哲學的根本問題完全談不上已經獲得解決。事實上，天文學家們運用美國加里福尼亞州帕洛馬山上著名的二百吋赫爾望遠鏡，近來已經作出了一系列的發現，使宇宙科學像自古以來那樣流動而不確定——但也同樣地令人醉心。一九六〇年，艾倫·R·散德奇博士（Dr. Allan R. Sandage）發現了一叢黯淡的星，它們的年齡經他用靈敏的光電設備測定了。這些星屬於我們的銀河，據測定約莫有二百四十億歲。假如這個結果經過反復核查後還站得住，我們可以預期宇宙在空間和時間的延伸範圍又會有重大的修正。

加里福尼亞理工學院的弗里茲·茲維克博士（Dr. Fritz Zwicky），把四十八吋的許密特望遠鏡加二百吋望遠鏡上使用，宣佈發現了銀河之際的物質的存在。許多年來，天文學家深信銀河與銀河之間的廣闊空間裏根本是沒有物質的。現在茲維克博士卻在一叢叢的銀河之間發現了一團團的銀河氣體和灰塵散佈著。這項發現對於一切的宇宙哲學理論都有重大的關係。根據宇宙哲學的方程式，宇宙中的物質的平均密度，對於宇宙的體積、它膨脹的速度和它的年齡，有著明確的關係。茲維克博士相信：宇宙中含有的物質，比往昔估計的份量要多一百至一萬倍。他這個結論如果獲得了證實，宇宙哲學的思想就必須作重大的變更。

英國數學家兼宇宙學家威廉·H·麥克瑞（Dr. William H. McCrea）甚至於認為：究竟進化的宇宙和穩定狀態的宇宙誰對誰錯，可能先天就是無從解答的。他認為我們「對於宇宙極遙遠的空間和時間究竟是個什麼樣子，幾乎絲毫也不能有所斷言。」他相信：這個看法「似乎比近來的趨向——認為「整個」宇宙的本質已經給人發現了——更教人滿意。」我們仍然不能確定我們關於宇宙的真正本質的結論究竟對不對，雖然有一段時期裏解答這個令人迷惑的問題的鑰匙好像幾乎可以被我們取得了。儘管如此，我們居然能夠作出很多有關這個問題的測定，也就足以教人驚奇了。

