

開放文學－漢文樂園－星星、原子、人

第六章 天體運動發出的樂聲

人類所知的最壯麗戲劇之一，就是我們太陽系諸行星各自循著軌道在邁進。這幕戲永遠表演於我們眼前，太陽當主角，各個行星，包括我們自己的地球及其月亮，則擔任配角。人類觀察這齣戲已久，彷彿觀看舞台上的一幕戲。但它不像人演的戲，它沒有一定的起首和結束，甚至沒有任何明顯的劇情。不過這些激動人心的事引起了人類的好奇心，人類設法想瞭解這件事，已有幾千年的歷史了。

幾千年來，人類主要是以詩歌和宗教的詞句去理解天上的物體及其行為的。太陽和月亮都是神，天上就是他們踏腳的地方。僅僅三百年前，克普勒和牛頓掌握了行星運動的法則，人類才大體上明瞭自己所觀看的景象是怎麼回事。然後，到我們自己這個世紀，觀看著開始親身積極參與，製作人造衛星和星際火箭。

許多人眼見過人造衛星不聲不響地滑行越過夜空，想著人類居然順利進行自古以來不許前往的領域，深深受到感動，甚至大為震驚。同時，我們又對於人造衛星周遊全世界的天空所走的奇異路線覺得大惑不解。人造衛星一旦進入天上的舞台，就以極端的精密程度遵循行星和月亮運動的法則。人類自古以來只是自然界的觀眾，假如自己也要上台表演一番，必須首先掌握劇本的規律。

天上角色們的動作，自從大約四十億年前創造太陽系以來，幾乎完全都是同樣的。在這段長得可怕的時期裏，天上角色們的動作幾乎始終得不到有知識的觀眾來觀賞。直到大約一萬至一萬五千年前，人類才懂一點事，設法解釋這偉大的戲劇——種種的解釋，後來反映於中國人、印度人、馬雅族人、埃及人和巴比倫人的古代文化中。這些古代的人不但設法瞭解眾星的運動，而且試做過更大的事，即說明整個宇宙是怎麼誕生的。他們以活靈活現的宗教性想像來解決這件事，於是，天神如何創造世界的最逼真的神話就一代一代流傳下來了。

紀元前第六世紀，偉大的希臘哲學家畢塔哥拉斯和他的生徒們打破了神話的迷惑，首先憑理性設法瞭解天上的景象。他們具有輝煌的概念，認為天上的光亮的運動只有藉著數學——藉著數字和幾何學——才可明瞭。他們認為數字是萬物的本質，而鄙視庸俗的商人只知利用數字計算貨物和營利，畢塔哥拉斯（Pythagoras）教導世人說：數字是瞭解自然和宇宙的鑰匙。這個在今日仍然極為盛行；事實上，它是我們現代科學思想的開端。畢塔哥拉斯學派的人物把數學運用於天空，對於天上的戲劇提出了前所未有的科學解釋。

他們認為：太陽、月亮和各行星似乎環繞地球旋轉，地球似乎處在萬事萬物的中心。他們以八個同心的球體的存在來解釋這些星辰的運動，這八個球體各自代表太陽、月亮和五個憑肉眼可見的行星（水星、金星、火星、木星和土星），第八個球體則負載著一切固定的星星。地球位居中央，各個球體則各自帶著鑲嵌在球體上個星辰，慢慢地一圈又一圈轉動，各自依照命定的速度。

畢塔哥拉斯學派的人替每個球體定下了體積，表現了這個學派十分注重數字上的和諧。的確，他們最珍愛的寶物之一是他們的老師所發現的數學上的和諧規律。畢塔哥拉斯發現：「和諧音」之所以產生，是因幾條弦的長度表現了一系列簡單的數字上的間隔；因此畢塔哥拉斯學派的人認為音樂的數字法則是他們的世界體系的不可缺少的部分。他們假定行星球體的體積一個比一個大，其體積增加的情形彷彿豎琴之類的樂器的弦的長度增加情形。但他們以為天上的球體是由最清澈的水晶做成的，當這些玻璃鐘似的球體堂皇地運轉時，互相磨擦，發出一種和諧的樂音，這樂音神妙極了，甜美極了，只有神的耳朵才聽得見。這就是著名的天體和聲論。

畢塔哥拉斯學派對於天體行動的解釋，太像詩人的奇想，不合乎現代科學思想。但它比那種認為星球是些神仙、行動變幻莫測的看法卻更切實得多。這是人類頭一次以數字理論來說明星辰的運動。

循著畢塔哥拉斯學派的途徑，只經歷了二百五十年，便有人正確地解答了天上的謎——這個謎是希臘天文學家、撒莫斯人阿里斯塔克斯（Aristarchus）在耶穌誕生前二百八十年提出的。阿里斯塔克斯說，太陽位居中央，而諸行星，包括我們自己的地球，卻是循著巨大的軌道，圍繞這團中央之火而旋轉。因此，阿里斯塔克斯是頭一個清楚地而正確地把天空的偉大圖樣描繪出來的人。這是極了不起的知識上的成就，但世人還太幼稚，不能領悟而接納它。這位偉大思想家的預見給人遺忘了幾乎兩千年——在古代的後期和中世紀都沒有人提及它。在世人心目中，地球仍舊站在宇宙的中央；大自然的壯麗景象一直受到誤解。

中世紀的人對天體的想法，終於被文藝復興時代頭腦清晰的思想家們撇開了。振衰起弊的年份是一五四三年，這一年，尼可拉斯·哥白尼發表了重大的著作天體旋轉論。此書出版於他逝世之後，因為他有生之年不敢提出同教會神父們和俗人所認為的「絕對真理」恰好相反的看法。哥白尼像兩千多年前的阿里斯塔克斯一樣，將太陽描繪為行星系統的中心。這個觀念站穩了腳根，成為人類思想大革命的開端。天上表演的廣大花樣，終於讓人瞥見了。但這不過是瞭解的起點；較為細緻的地方仍然模糊不清。

古代天文學家認為行星的運動路線理所當然地構成圓圈。他們認為只有數字上完美的圓圈及其神妙的和諧才足以成為天體運行的軌道。甚至於哥白尼也以為一切行星和衛星的軌道都是絲毫不差的數學上的圓圈。但是後來查明，行星的運動並不十分切合人類設想的圓圈路線；大自然的數學比人所設想的更加複雜。德國人約翰尼斯·克普勒（Johannes Kepler），生於哥白尼逝世後三十年，頭一個令人滿意地解釋了行星的運動。他的瞭解是根據他苦心蒐集第谷·布拉克（Tycho Brahe）和其它人長期、詳盡而精確地觀測天體的結果。

克普勒提出一些著名的定律，第一條定律說，天體的軌道全是橢圓形的，而不是圓的。橢圓的形狀很難描述，一定要見到才可理解和感覺到。橢圓頗像一個圓圈受到兩邊來的壓力而壓扁，但它比這種說法所形容的更優美些。在圓圈上各處的彎曲度全是一樣的，而橢圓形的彎曲度卻是一點一點逐漸變化的。橢圓也有中心，但其直徑依不同的方向而有不同的長短。最長的直徑名為長軸，同長軸垂直相交的，是最短的直徑，名為短軸。

每個橢圓有兩個特別的點，位於長軸上，同中心的距離相等。這兩個點名為焦點，表現了橢圓的一條奇異的幾何學定律。在圓的圓周上選擇任何一點，劃兩條線，各達一個焦點；再又在圓周上任擇一點，也劃這麼兩條線各達一個焦點。一測量就知道，從圓周上這兩點上各自劃出的兩條線，其總的長度相等。從橢圓的圓周上任何兩點劃出的線，全是如此；事實上，數學家正是用這種辦法給橢圓下定義。

簡短說明了橢圓在幾何學上的特性後，我們再回過頭來談克普勒和他的第一定律。這條定律的全文是：「每個行星的軌道都是一個橢圓，太陽位於兩個焦點之一。」這條定律也適用於一切行星的衛星，它們以橢圓形軌道圍繞行星而飛翔；每個行星總是處在衛星的橢圓形軌道的兩個焦點之一上。

地球繞太陽而行的軌道，呈橢圓形，只同十足的圓形略有差別。（別的行星也是如此，無怪乎古人一直以軌道是圓圈形。）地球的軌道既是橢圓形，太陽便不是處於橢圓的正中，地球繞太陽而飛時，逐漸改變它同太陽的距離。地球飛到某一點上，同太陽最接近，這一點名叫近日點。地球離太陽最遠的地點，名為遠日點。

克普勒的第一定律說明天體的軌道的形狀；他的第二定律是關於天體在軌道上周而復始地運轉的速度。它指證了往昔天文學家們的錯誤。那些人以為行星和衛星都以恒久不變的速度穩靜地轉動前進，克普勒卻發現行星和衛星不斷地變換著速度。例如地球經過它的軌道的近日點時，飛得最快；然後它逐漸降低速度，到它經過遠日點時速度最小；過此以後，它朝近日點而行，越飛越快。行星圍繞太陽而行，頗像小孩玩的「溜溜球」，成垂直的圈子而懶洋洋地旋轉，往上走時慢，經過「軌道」的底部時很快。克普勒第二定律以數學詞句敘述這種變換不已的速度。

克普勒的定律是人類的勝利：看戲的人當時至少瞭解大自然在天空舞台上演出戲劇的一部分情節了——這就是：行星究竟怎樣運動。儘管如此，仍有個大問題不得明白：行星究竟為甚麼要運動呢？找到答案的人，出生於一六四三年，恰好在哥白尼逝世及其著名作品出版之後一百年。這人是英國的艾塞克·牛頓爵士（Sir Isaac Newton），他的發現便是宇宙的根本原理：引力定律。

據傳說，牛頓坐在蘋果樹下，看到一隻蘋果落下。他靈機一動，想到：使蘋果跌落的那股力量，也正是令諸行星和衛星保持在軌道上的那股力量。這段軼事說不定完全是無中生有的；但是十八世紀的法國智者伏爾泰說過，這個故事即令不真實，也不得不捏造出來。伏爾泰是出名欽仰牛頓的人，說不定這故事是出自他的想像。但這不礙事；牛頓孕育了引力觀念，制訂了引力定律，因此成為人類歷史上的偉大人物之一。

我們在這裏暫不討論牛頓的定律在數學上如何了不起；我們只依循他的推理到某一地步，由此可以看到為甚麼各行星和衛星會像現在這個樣子運動。我們也想令自己清楚知道，假如沒有牛頓首先提出的概念，我們便不會懂得如何將人造衛星拋進軌道令它繞地球而飛。

引力是宇宙中一切物體之間存在著的吸引力：太陽、行星、衛星以至於蘋果，無不具有引力。牛頓表明：引力大小是可以計算的，只要我們知道各物體中的質量（物質的份量）以及各物體彼此的距離。

我們且看引力如何影響地球和太陽。這兩個物體之間有極大的吸引力在發生作用，但地球由於在運動著，就能夠抵抗這種持續不已的拉扯。假如地球在軌道上突然停止運動，便會開始向太陽跌落（即受太陽拉扯過去），經過大約兩個月越來越快的跌落後，它會給太陽吞沒。反過來說，假如突然沒有了太陽，地球便會立即停止依橢圓形的軌道而運動：它會依直線而進行，飛往宇宙的深處。以現有的情況而論，地球的軌道是地球運動的慣性和引力同時發生作用而造成的。可以說，地球不斷受外力扯歪，不能直飛，因此它的飛行路線形成一個封閉的軌道。

牛頓於是進而運用引力推究克普勒的行星運動法則。牛頓提出的公式包含引力定律，太陽和行星的質量，天體之間的距離，以及旋轉的時間。這樣，就可以從數學上表明：無數噸物質凝聚為球形的行星及其衛星，如何依循精確的路線在太空裏飛行億萬里。

有個崇拜牛頓的天才說過，「牛頓真是個最幸運的人；宇宙只有一個，因此只能讓一個人來發現支配它的原理。」

現在，火箭工程師把人造衛星射進天空的時候，是依照克普勒和牛頓發現的法則。人造衛星雖小，它繞地球而作的行動正如地球繞太陽而作的運動。每個人造衛星的軌道都是個橢圓形。

要把一顆衛星射進離地面幾百哩的軌道，必須達到每小時一萬七千哩的速度，因為地球的引力極強大。衛星需受到極大的推舉力以資抵銷這股強大的引力；要用三、四個階段的火箭才足以產生這種推舉力。巧妙所在是要設法支配火箭的每個階段，以求在恰當的高度把衛星推入軌道，令它具有恰當的速度，採取恰當的方向。牛頓的方程式告訴我們：這三個「恰當」就是三個條件，決定著衛星會走上怎樣的軌道，衛星非受這三者支配不可。

發射衛星的火箭必須操縱得極為精密，因為衛星軌道的形態、大小和位置完全由火箭決定，火箭把衛星射進軌道的時候，只要高度、速度和方向稍有變化，衛星軌道就跟著改變了。有些衛星的發射沒有成功，儘管火箭的每個階段從頭到尾都發揮了功能。這每每因為火箭把衛星推進軌道時所朝的方向不恰當，或沒有給衛星以恰當的速度；因此而造成的軌道便不妥當，會把衛星引回稠密的大氣層。於是衛星同空氣磨擦，發生極大的熱，像周身燃燒的殞星一樣化為灰燼。

衛星的橢圓軌道有兩個焦點，其中只有一個是在地球的核心，因此，對地球來說，衛星軌道的位置經常不是像圓周環繞圓心那樣平正，而是偏斜的。軌道上最接近地球的地方，名為「近日點」。同這一點遙遙對立的，是軌道距地球最遠的地方，名叫「遠地點」。

現在我們設想一個衛星在特定條件下運動的例子。假定有個衛星在地球上空三百哩的高度給火箭射進軌道，發射的方向同垂直線交叉直角。在三百哩的高空，大氣的阻力幾乎等於沒有。衛星受到發射而脫離火箭進入軌道時的速度，假定恰好為每小時一萬九千哩。這個速度超過了用來抵銷地球引力所需的速度。衛星安詳地順道弧形軌道上升，不斷減低速度，因為受到地心引力的拉扯。最後，它達到軌道的最高點，即遠地點，高度約為一千四百哩，同發射點（即衛星脫離火箭時的位置）恰好遙遙對立。然後，衛星順著它的橢圓軌道的降落弧而不降，依照克普勒的第二定律，它越降越快。它繞地球而飛，繼續加速，當它達到離地三百哩的發射點（即是它的軌道的近日點）時，它又像開頭那樣以每小時一萬九千哩的速度飛行。於是，它開始兜第二個圈子。

蘇聯和英國發射的頭一批衛星，其受發射而進入軌道時所處的高度都不到三百哩。在這個高度，大氣的分子雖不太多，卻足以造成輕微而可以察覺到的磨擦。當這批衛星一趟又一趟圍繞地球而運行時，輕微的摩擦發生了影響，逐漸耗蝕了衛星的運動量，使

它們的軌道慢慢縮小，衛星越轉越接近地球。衛星的壽命只得幾星期或幾個月，末了，它進入越來越稠密的大氣層，終於燒得精光。

頭一顆發射成功的「先鋒」號衛星（Vanguard satellite），約有一個朱欖（美國加州出產的水果，好似柚子）那麼大，其軌道特別寬。它的「近地點」離地面超過三百哩，避開了大氣層致命的拉扯。預料這個小衛星在地球周圍旋轉一百年以上。這個小球給人提升到天體的地位，在大自然的戲劇裏扮演一個角色，它的壽命長過那些看見它升天的人。

在原理方面，天體力學的創立者克普勒和牛頓對於天體的運動已經無所不知。但在他們的時代，人還沒有用電，蒸汽機也還在一百多年之後。克普勒和牛頓用鵝毛筆寫下了自然法則，而且是在燭光之下書寫。然而這兩位大哲人就憑這麼簡陋的條件替天文學打下了基礎，而現代最激動人心的技術進展——征服太空——也就隨之開始。