

文·圖／蘇明俊、陳輝祥，繪圖／楊淑惠

牛頓的一生

大科學家伽利略 (Galileo Galilei, 1564~1642) 逝世後大約11個月，艾塞克·牛頓在英國烏爾索普地方誕生。在中世紀四大天文學家（哥白尼、第谷、刻卜勒、伽利略）的辛勤耕耘之後，牛頓開始扮演開花結果的角色。牛頓說：「如果說我看得比別人遠些，那是因為我站在巨人的肩膀上。」巨人指的就是刻卜勒和伽利略。

1661年牛頓就讀劍橋大學的三一學院 (Trinity College)，修習數學和物理。大學時代初期沒有特殊表現，後來在巴羅教授 (Isaac Barrow, 1630~1677) 的指導下才迅速展露非凡的天份。1665年獲得學士學位，但幾個月後，因為淋巴腺鼠疫流行，大學關閉停課。牛頓便回到烏爾索普，他利用這段被強迫「放假」的兩年時間，認真思考自然界的規律問題，這兩年也是牛頓自認為一生當中獨創力的顛峰時期，萬有引力就在此時發現，因而有「烏爾索普的蘋果樹」的傳說。力學與微積分也都是此段時間發明的；圓與橢圓部分面積的計算是當時數學家挑戰的難題，居然被25歲的牛頓解決了。直到1667年初，牛頓帶著一流的研究成果回到劍橋，當年即被指定為三一學院的研究員，有了薪水，悉數購買實驗器材，開始製作反射望遠鏡，並且定居下來。1666年他發現光的散射現象：波長短的藍光或紫光，通過稜鏡時偏折較多；波長長的紅光，偏折較少（圖1）。1668年，他獲得碩士學位。

牛頓的老師巴羅教授是當時頂尖的科學家和數學家，影響牛頓的光學成就極深。他對於牛頓的研究成果非常驚訝，兩年後辭去教授的職位，讓給牛頓，因此1669年，年僅27歲的牛頓就當了劍橋大學的教授。1672年牛頓發表第一篇學術論文，主題是關於光的實驗，登在《哲學學報》上；此後，牛頓醉心於包括煉金術在內的化學實驗；直到1684年在哈雷 (Edmund Halley, 1656~1742)（圖2）的勸說下，他才盡全力於理論力學的探討工作，1687年發表了曠世鉅作《原理》(Principia) 一書，1689年以後牛頓又擔任了卜內門議員、造幣廠督察及總監。並於1703年成為英國皇家學會的會長，在這一年他同時發表了《光學》一書。1705年受到安妮女王的封爵，是第一位獲得此項殊榮的科學家。

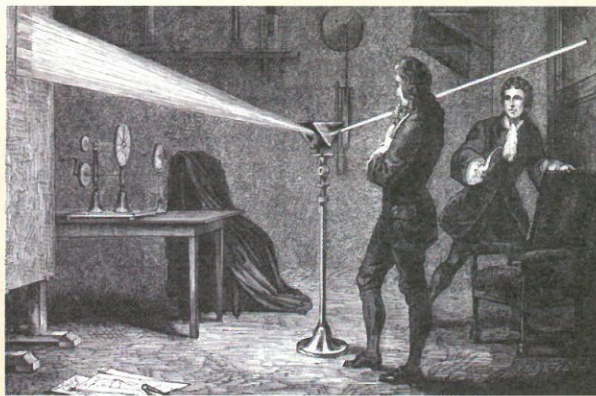


圖1. 1666年，牛頓發現陽光經過透鏡會產生色散，牛頓稱之為「譜線」(Spectrum) (取材自The Search for Infinity, Mitchell Beazley出版)。

天·文·學·家·系·列

牛頓

(Isaac Newton, 1642~1727)

牛頓的蘋果

年輕的牛頓一直在想：「蘋果會掉下來，但月球為什麼不會掉下來？」根據伽利略的慣性定律：「不受外力作用的物體，沿一直線作等速度運動。」牛頓把它運用在地球與月球的系統上；如果地球對月球沒有任何作用力的話，月球將沿著圓形軌道的切線方向飛出去，然而月球並沒有飛出去，依然在圓周上繞著地球運轉，表示月球一定受到地球的引力而被拉住。換句話說：月球一直沿著圓形軌道的切線方向飛出，但地球的引力一直把月球拉著，結果，月球永遠在圓形軌道上運動（圖3）。

地球會吸引月球，當然也會吸引烏爾索普的蘋果往地上掉了，這是兩個同性質的力的作用，牛頓的靈感太偉大了！

《原理》一書是最偉大的科學著作之一，用拉丁文撰寫的。全書論述周密，文風雅正，表現超脫，接近於現代真理的科學文體，是為其他的物理學家而寫。全書分前言及三卷：前言和第一卷是他著名的運動定律，討論在無阻力的狀態下，物體運動所遵循的定律。第二卷研究物體在阻力下的運動情形。第三卷論述萬有引力，並以天文學的應用為實例說明（圖4）。

萬有引力定律

地球對於蘋果和月球都有相同性質的吸引力，那麼這個引力有多大呢？在定性的問題解決之後，牛頓接著想到的當然是定量的問題。

根據月球的圓形軌道半徑與其公

轉週期，可以得知月球受到地球的引力，是月球在地球旁邊時所受引力的1/3600倍，月球的軌道半徑大約等於地球半徑的60倍，牛頓想：「這是否代表引力的大小與離開地球距離的平方成反比？」於是，萬有引力定律產生了：「宇宙間的一切物體，彼此有一個吸引力的作用，其大小與質量的乘積成正比，與兩物體間的距離平方成反比。」

那麼，行星與太陽之間有沒有這一種力呢？根據刻卜勒的行星運動第一定律：行星的軌道是一個橢圓，太陽位在橢圓的兩個焦點之一。牛頓把行星的軌道假設為圓形，予以簡化；行星繞著太陽的運動，就像月球繞著地球運動一樣的情形了。

再與刻卜勒第三定律驗證一下？該定律說：行星軌道距離的三次方與行星週期的平方的比值是固定的。牛頓利用行星的軌道距離與週期的關係，來計算太陽與行星之間

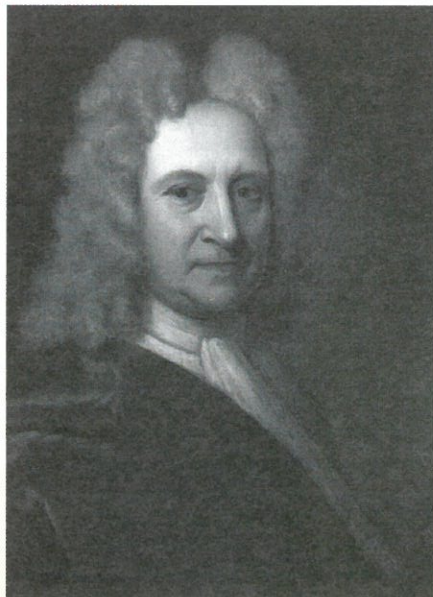


圖2. 鼓勵並協助牛頓出版《原理》一書的哈雷，其後利用牛頓的運動學原理發現了哈雷彗星的76年週期。（取材自Astronomy, Cambridge出版）。

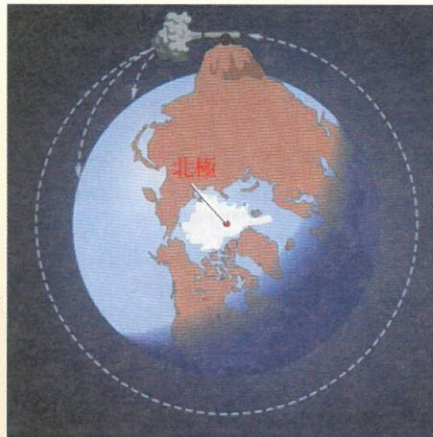


圖3. 牛頓在《原理》書內有與此相同的圖示構想：在高山上發射砲彈，若砲彈速度夠快則會繞行地球而不會掉落下來。（取材自University physics, Harris Benson著）。

的作用力，居然與他的萬有引力定律相吻合。這樣，牛頓確信這個定律能夠適用於宇宙間的一切物體。

牛頓的光學成就

在牛頓離開劍橋之前，由於製作望遠鏡而開始對白光的本質感到興趣並且進行實驗；他用一塊玻璃三角稜鏡把日光分成彩虹的七色光，再用另一個稜鏡恢復為白光；光是由許多色光混合而成的，且有色散現象。望遠鏡的透鏡沒有經過色差的校正，使成像的邊緣帶有彩色；為此，牛頓認為折射望遠鏡無法做到無色差的程度，於是，他在1671年製造了第一台反射式望遠鏡，口徑只有2.5公分，在倫敦的皇家學會展示（圖5）。因為此項重大發現，在1672年當選為英國皇家學會會員。

牛頓可以明確地描述運動定律，更能準確地預測物體的運動狀況，在古典物理學上有卓越的貢獻。當英國的天文學家哈雷稱讚牛頓在天體物理學上的成就時，牛頓謙虛地回答：「如果說我看得比別人遠些，那是因為我站在巨人的肩膀上。」今天我們研究物理學或天體物理學，都把理論建立在牛頓力學的基礎上，就像當年牛頓的研究，都建立在四大天文學家的研究結果上一樣，意含著科學研究在承先啓後的意義。



圖4. 今日的太空船升空所使用的主要原理就是牛頓所發表的運動定律和萬有引力定律（取材自NASA網站）。

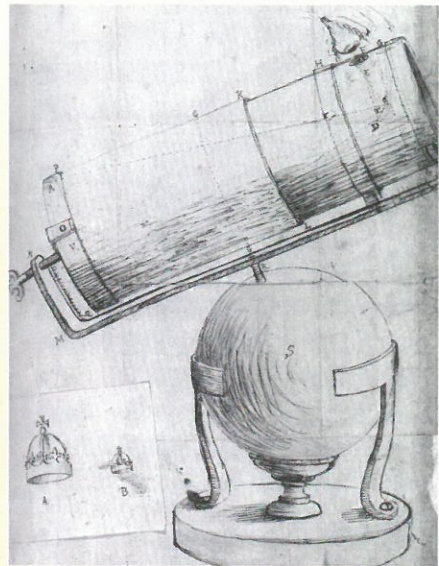


圖5. 牛頓所設計的反射式望遠鏡繪圖（取材自Astronomy, Cambridge出版）。