

牛頓的生平與主要科學活動

牛頓(Isaac Newton, 1642~1727)是近代自然科學史上最負盛名的科學家之一。他對自然科學的貢獻是多方面的，他對力學、光學、熱學、天文學和數學等學科，都有重大的發現，其中以力學方面的貢獻最為突出，他創建了以他的名字命名的經典力學體系，把力學確立為一門獨立的體系嚴密的科學，並把力學應用於自然科學的各個領域，包括天文學，從而統一了天上和地上的物理學。

1642年偉大的近代科學的先驅者伽利略逝世了，但是另一位科學巨人牛頓在這一年的12月25日聖誕節的早晨，誕生在英國林肯郡的沃爾斯索普村。當時英國採用朱理亞·愷撒的舊曆，到1725年英國才改用格列高里十三的新曆。按新曆計，牛頓的生日為1643年1月4日。牛頓是個早產的遺腹子，2歲時母親改嫁，由外祖母和舅舅詹姆斯撫養。12歲進了格蘭瑟姆公立學校，讀了四年。少年時的牛頓性情溫和內向，與伽利略相似，喜歡動手製作會動的玩具，對

機械製作和實驗有著濃厚的興趣，同時他也很喜歡數學和繪畫。少年時代的牛頓是一位普通的農村少年，沒有什麼神童或天才的跡象。從保留下來的牛頓少年時代的幾本筆記本中可以看出，他有一種把自然現象、語言等進行分類整理歸納的強烈嗜好，對自然現象極感興趣。

在舅舅和格蘭瑟姆校長的干預下，母親打消了讓他務農的念頭，同意他去考大學。1661年6月5日牛頓以"減費生"的身份考上著名的劍橋大學三一學院。"減費生"是當時人們對那些得到某些優惠的窮學生的稱呼。當時學院裡祇講授中世紀經院式的課程，但1663年發生了一個轉折，對牛頓後來的科學生涯產生了很大的影響。有位姓盧卡斯(Henry Barrow, 1630~1677)的人在三一學院創辦了一門講授自然科學的講座，主要內容在地理、物理、天文和數學等學科，第一任教師是巴羅(Isaac Barrow, 1630~1677)教授。他博學多才，是傑出的數學家 and 希臘語學者。牛頓在巴羅教授的指導下學業大有長進，開始顯示出非凡的才能。他對自然科學和

數學的出奇理解能力，引起巴羅教授的注意和重規。1664年經巴羅親自考試，牛頓被選為他的助手，1665年牛頓獲學士學位。

在這段時期，他學習了拉丁語、算術、三角和歐幾里德的《幾何原理》，哥白尼的日心說，在巴羅指導下他研究了開普勒的《光學》、笛卡爾的《幾何學》和一些數學著作。

60年代初淋巴腺鼠疫席捲英國。1665年劍橋大學被迫停課。是年8月至1666年3月25日，1666年6月22日至1667年3月25日，牛頓兩度回到沃爾斯索普鄉間的老家，他利用這兩段在家避瘟疫的時間，對自然科學中許多領域的問題，進行了認真的思考。他在光學、數學、萬有引力定律、化學和自然哲學等方面的基本研究思想和見解，都是在這段期間形成的，他的最重要的發現也是在這期間完成的。這是他一年中科學研究最旺盛的時期。牛頓在回憶這段生活時寫道："1665年初，我發明了級數近似法，以及把任何冪的二項式化為這樣一個級數的規則。同年5月，我

發明了格雷戈里和斯盧賽烏斯切線法。11月，發明了正流數(微分)法；次年元月，發明了顏色理論，5月，開始研究反流數(積分)法。這一年裡，我還開始想到把重力推廣到月球的運行軌道上去(在知道了怎樣來確定一個在球體中旋轉著的圓形物對球面的力之後)，我就從開普勒定律…中推導出，使行星保持在它們的軌道上的力必定與它們到旋轉中心的距離平方成反比；而後把使月球保持在它軌道上所需要的力和地球表面的重力作了比較，發現它們近似相等。所有這一切都是1665和1666年瘟疫流行的年代發現的。因為那兩年我有充沛的精力去搞發明創造，而且比以後任何時候，我都更致力於數學和哲學的研究。"

在1667~1687年，這20年間，是牛頓把1665~1667年期間所形成的思想加以發展、完善和成熟的時期，也是他科學生涯中全面豐收的時期。

1667年復活節前後劍橋大學復學，當年的秋天牛頓被選為"選修課研究員"，開始了教師的生活；翌年3月又被任命為"主修課研究員"；接著被授予碩士學

位；1669年，年僅26歲的牛頓成數學教授。牛頓在事業上所取得的成功中，有著巴羅對他傾注的心血，是巴羅給他指明了攀登科學高峰的方向，是巴羅領著他走上近代自然科學，特別是光學和數學研究的第一線。巴羅於1669年辭去盧卡斯講座教授職務，讓牛頓接替他成該講座數學教授，這給牛頓的科學生涯打開了廣闊的前景。巴羅的這種伯樂識馬的遠見卓識和愛才讓賢的無私精神成為科學史上的佳話。1670年起牛頓開始盧卡斯講座的教授工作，講授內容有光學、數學和力學，一年祇上8節課。作為補充，他同時講授他的研究成果。由於內容深奧，學生們聽不懂，教學較果不佳，因此在劍橋顯露頭角和名聲大振的不是大學教授的牛頓，而是研究者的牛頓。

他在這段期間的主要成就有：1668年製成第一架反射式望遠鏡，三年後改進製成第二架望遠鏡，為此，1672年1月11日被選為皇家學會會員；1669年用級數展開法計算雙曲線下的面積，同時發明了二項式定理；1672年進行了光譜色分析試驗；1680年前後提出萬有引力理論；1687年在哈雷(Edmund

Halley, 1656~1742)的支持和資助下出版了《自然哲學的數學原理》，這是從哥白尼到牛頓時期動力學和天文學上所有發現的系統總結和發展。它以嚴密的數學推理和天文觀測相結合，對物質的組成、相互作用和運動規律做了全面的論證，從而建立起一個完整的普遍的力學理論體系，被譽為所有科學著作中最偉大的一本。

《原理》出版後，由於過度疲勞及為最先發明權與幾個同行的爭吵，加上為了謀得收入較高的職位，使他心境不佳，性格變得固執和易怒，患上了嚴重的憂鬱症。他沒有再作出任何重大的新發現，祇是完成了他以前對於光學和熱學的研究。之後他又迷戀和鑽研宗教和神秘思想，轉向關於神學的著迷。在這期間，他獲得了許多榮譽，1699年被聘為造幣廠的廠長，這主要是他對金屬化學極感興趣並有足移的知識。同年被選為巴黎科學院院士。1689年和1701年擔任劍橋在國會中的代表。1705年被封為爵士，從1703年11月30日起直到1727年3月20日逝世為止，一直擔任皇家學會會長，死後享有葬於威斯敏斯特教堂的殊

榮。1704年發表《光學》和《曲線求積法》，1707年《算術通論》出版。1711年《用無窮多項方程的分析》出版。

萬有引力定律的發現經過

萬有引力定律是在怎樣的情況下發現的？牛頓發現此定律的思想活動過程怎樣？有關這些問題的詳細線索直到19世紀末期才發現，這是因為英國的樸次茅斯(Portsmouth)伯爵於1872年把牛頓的大部分遺著交給劍橋大學圖書館，以及《依薩克·牛頓爵士著作和藏書目錄匯編》於1888年編成後，使對牛頓遺著的研究才有了可能。在這些遺著中記載了萬有引力定律的發現經過和《原理》一書的寫作經過，還有其他範圍更為廣泛的資料和原稿。

(1) 引力思想的發展

在16世紀以前，人們對引力的認識主要受亞里士多德學說的影響，認為引力是物體自然趨向宇宙中心的大，這個中心就是地球中心。這種引力觀與哥白尼的日心說產生了矛盾。按日心說的觀點，地球繞太陽

運行，太陽是宇宙的中心，為了說明地球為什麼不趨向宇宙中的太陽，他明確表示，引力是一切在體的屬性，是物質集聚的一種趨向，正是這種力將宇宙組合成一個整體。一切天體都具有引力。引力的中心是一幾何點，這個點不一定在宇宙中心，而在物質球的球心。但是哥白尼並沒有認識到宇宙的結構和行星的運動與引力的動力學關係，僅僅看作是一種天然的和數的和諧的關係。

1600年英國的吉爾伯特根據磁石的相互吸引的實驗，提出磁力是維持太陽系並驅動行星沿各自軌道運行的原因，為近代引力理論提出了第一個物理模型，根據這模型，引力是相互的，引力中心不是幾何點，而是具體的物質。開普勒在吉爾伯特理論的影響下，接受和發展了他的理論，並企圖以此來解釋行星沿橢圓軌道的動力學原因。他認為太陽具吸引行星使其在行星軌道平面內運行的原因，太陽本身是有磁性的。1619年開普勒在《宇宙的和諧》的一書中，提出"或者說，行星離太陽越遠，它們的運動靈魂就越弱；或者說，在所有軌道的中心，即太陽上祇有一個運動

著靈魂，軌道中心離行星越近，作用於行星的運動靈魂就越強，距離越遠，則由於遠的緣故，運動靈魂就越弱。"1623年在《宇宙的神秘》的新版本中，對上述觀點作了明確的補充。"假如用力這個字來代替靈魂的話，那麼人們就精確地掌握了天體物理的原理"。在這裡，"力"第一次以物理意義提出，並與天文學聯繫在一起。這對引力的探索和天體物理的研究起了推動作用。但是他提出的太陽對行星吸引是太陽發出的磁力流，就像輪輻一樣在行星軌道平面上沿著太陽旋轉的方向轉動的觀點，是錯誤的。按照這個觀點，得出了太陽對行星的引力與太陽和行星間的距離成反比的結論。這是由於在開普勒的觀念中，沒有慣性的概念。他受亞里士多德力學的影響，接受運動物體祇有往不斷增加推動力的情況下才能維持其運動的觀點。而他的朋友伽利略則堅持認為行星的運動是"正圓"和"勻速"的天然運動，不需外力的推動，行星的運動是由"慣性"自行維持的。他們兩人雖然是學術上摯友，但是他們從未相互了解對方的工作而彼此配合。他們雖然有可能把天文學和力學有機地綜合在一起，發現

天體運動的動力學奧秘，但是誰也沒有做到。過了半個世紀，由牛頓完成了這一綜合，發現了萬有引力定律。

笛卡兒(Rene du Perron Descartes, 1596~1650)跟伽利略一樣，也相信行星沿圓軌道勻速運行。他試圖把天體運動的原因納入力學規律，提出漩渦說。認為宇宙是由不停旋轉著的微粒所組成，太陽和行星便在各自的漩渦中心，行星漩渦帶動衛星，太陽的漩渦帶動行星、衛星和它們的漩渦。笛卡兒的漩渦說在當時曾產生很大的影響，而且使人們不再去注意引力問題的研究，1669年惠更斯以在小碗中旋轉的卵石被轉向碗底的實驗支持漩渦說。但是笛卡兒的學說與觀察到的事實不符，無法定量討論引力現象，很快就被否定了。事實上，惠更斯在研究擺的運動規律時，1659年就發現維持圓運動的物體需要一種向心力，並得到有關定量計算公式。他沒有看出這對解決行星問題的重要意義，但是這對後來發現萬有引力定律的反平方關係起了重要作用。

1666年，意大利的天文學家和數學家波雷利（Giovanni Alfonso Borelli, 1608~1679）提出一個重要的概念，認為行星的運動必須要存在一種平衡離心力的力，而這種力就是從太陽對行星的引力。他認為行星運動的自然趨向是沿直線運動，太陽的引力把行星偏離直線運動而在一個閉合的橢圓軌道上運行。離太陽越近運行越快，則引力必須相應增大，以平衡增大的離心力，所以引力是距離的函數。到底是什麼形式的函數？波雷利沒有能找到。但是他的想法，對發現萬有引力定律來說，無疑是提出了一條正確的道路。

伽利略的慣性原理後來發展到"直線勻速運動"的程度。在這原理指導下，人們用力學解釋天體運動就必須回答下面兩個問題：第一：行星的直線慣性運動變為彎曲的圓或橢圓運動的向心力滿足什麼規律；第二，提供行星沿閉合曲線軌道運動向心力的引力，是如何隨相互吸引的兩物體間的距離而變化的。英國皇家學會幹事胡克（Robert Hooke, 1635~1702）已經察覺到引力和地球上物體的重力有同樣的本質。他企圖用

實驗來證明這種力與距離的關係。1662 和 1666 年在深井和高山上比較物體重力的變化，但沒有得出結論。1674 年他曾對引力作了三條假設，已經揣測到萬有引力的規律。同時對引力進行研究的還有英國皇家學會成員雷恩(Christopher Wren, 1632~1723)、哈雷等，他們都已經找到引力與距離反平方關係，但是無法證明在引力作用下行星如何沿橢圓軌道運動，無法證明對具有極大形狀的天體，質量能不能看作是集中在球心上來處理。1679 年底胡克曾寫信給牛頓，問上述問題的結論。牛頓當時沒有立即回答胡克的問題，而是進行了認真的計算，並得出正確的結論，直到 1684 年 8 月哈雷專程去劍橋向牛頓求教此問題時，牛頓立即回答了哈雷：行星在與距離平方成反比的引力作用下將沿橢圓軌道運動。哈雷問他結論怎麼得出來的？牛頓告訴他是計算出來的，但計算記錄找不到了。應哈雷的要求，牛頓於當年的 11 月把此問題的新嚴格數學證明寄給了哈雷。在哈雷的資助下，牛頓把萬有引力定律收集在《原理》中，於 1687 年出版。

(2) 牛頓的貢獻

早在 1665~1667 年瘟疫流行期間，牛頓就考慮了引力問題，他利用自己發明的微分法來理解行星在橢圓軌道上的運動。當時他已認識到地球與月球是相互吸引的，並得到了向心力的規律和物體之間的引力與彼此距離平方成反比的關係。他是從開普勒行星運動第三定律推導出向心力規律的，進而導出引力的平方反比定律，並用以計算地球對月球的引力。從牛頓的手稿《樸次茅斯文集》中發現，在 1666 年牛頓就獲得重力加速度的理論值與實驗值"相當近似"(牛頓語)。這個發現與早期關於牛頓推遲二十年發表萬有引力定律的原因的解釋是矛盾的，早期的解釋是說牛頓在計算中所採用的地球半徑誤差較大，以致於理論值與實驗值不符而中斷了對引力的深入研究。通過對牛頓手稿和通信的考察和分析知，牛頓推遲發表萬有引力定律的原因是由於當時他未能確定球形物體對球外某點的吸引力如何計算；他所發現的萬有引力定律能否經得起各種實驗數據的檢驗，沒有把握。雖然當物體彼此相距很遠時，不必考慮球體的大小，但是為了慎重起見他還是沒有發表。當 1684 年哈雷登門求教時，才

把嚴格的數學證明過程寄給哈雷。這時牛頓已經掌握了用他發明的積分法，證明球狀物體的引力可以看作質量全部集中於球心上的質點來處理。同時他證明了地球對月球的引力完全可以提供月球繞地球作圓周運動的的心力；太陽對行星的引力使行星按開普勒三定律所提出的規律運動。根據萬有引力定律，牛頓提出地球由於自旋而呈橢球狀的假設，實際觀測證實了這點。牛頓的這一假設對其他天體也同樣適用，對木星的觀測也證實了這點。牛頓根據萬有引力定律還正確地解釋了潮汐的產生和地軸二分點的進動和歲差問題。

牛頓在萬有引力問題上的具體貢獻，歸納起來有三點：第一，運用積分法證明球體的引力場可以看作質量集中在球心上的質量來處理；第二，得到了正確的萬有引力定律數學表達式；第三，把引力理論應用到一切物體之間，使之具有普遍性，確定了天體之間的引力和地球上的引力的同一性。

《原理》一書的出版和經典力學的建立

《原理》是牛頓的代表作，也是力學的經典著作。它的出版標誌著經典力學體系的建立。英國著名的科學史學家霍爾(A. Rupert Hall)曾對《原理》作了如下的評價："整個科學史上沒有一部著作在創新或思維力量方面可以和《原理》相媲美，在取得的偉大成就方面也是如此。沒有一部著作使自然科學的結構發生如此重大變化。"

《原理》第一篇首先對一系列奠定力學基礎的定義和公理下了定義，如質量、動量、慣性；力和向心力等等。接着陳述了著名的運動三定律和矢量疊加原理。第一篇中還提出了嚴謹的天體力學理論，論述了向心力和運動軌道之間的數學關係。證明了在與距離平方成反比的作用下，物體將沿圓錐曲線運動；引力的中心在圓錐曲線的一個焦點上。此外還證明了球體的引力與質量集中在球心的質點相同。對三體問題作了近似的解答。

第二篇討論在有阻力的介質中物體的運動。同時批駁了笛卡兒的漩渦理論。

第三篇介紹了許多研究成果，並運用前二篇中推導出來的運動規律去解釋自然界的實際問題和現象。最後以《論宇宙體系》作為結束。

《原理》是科學發展的歷史過程中的一個重要里程碑；它不僅奠定了天體力學的基礎，而且使經典力學形成一個體系完整、結構嚴謹的普遍的理論體系，被稱之為 17 世紀的物理、數學的百科全書。從對科學發展所產生的影響和意義來說，祇有達爾文(Charles Robert, Darwin, 1809~1882)的《物種起源》可與之相比。

牛頓是近代自然科學奠基時期具有集前人之大成式貢獻的偉大科學家。正如恩格斯對他所作的評價那樣："他借助於萬有引力而創立了科學的天文學，借助於對光的分解而創立了科學的光學，借助於二項式定理和無窮級數理論而創立了科學的數學，借助於力的本性的認識而創立了科學的力學。"

從伽利略到牛頓，在人類科學發展史上是一個極其重要的歷史時期，這是一個產生科學巨人的時代，是實驗自然科學誕生的時代，

是近代自然科學大廈奠基的時代，它已經，並將繼續對科學的發展產生深遠的影響！

【資料來源：物理發展史上的里程碑 凡異出版社】