

科學家傳略叢書

牛頓傳

高平子編著



國立編譯館自然科學編譯委員會主編
正中書局印行

科學家傳略叢書

牛頓傳

高平子編著

國立編譯館自然科學編譯委員會主編
正中書局印行



版權所有

翻印必究

中華民國四十九年二月臺初版
中華民國六十六年六月臺三版

科學家傳
略叢書 牛頓傳

全一冊 基本定價 二角五分

(外埠酌加運費匯費)

主編者 國立編譯館自然科學編譯委員會
編著者 高 平 子
發行人 黎 元 書
發行印刷 正 中 書 局
(臺灣臺北市街陽路二十號)
海外總經銷 集 成 圖 書 公 司
(香港九龍油麻地北海街七號)
海 風 書 店
(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番點)
東 海 書 店
(日本京都市左京區田中門前町九八番地)

新聞局出版事業登記證 局版登業字第〇一九九號(4257)經
(1000)

目 次

一、牛頓的早年	2
二、牛頓在劍橋.....	6
三、牛頓與光學.....	8
四、牛頓與天文學的先進	15
五、牛頓與力學	22
六、引力定律的推證	25
七、牛頓與微分數學	36
八、牛頓的晚年	39
九、牛頓後期的次要發明及其嘗試工作	42
十、牛頓學術的他途	43
附錄：(一)牛頓年譜摘要	45
(二)本文參考書略目.....	47

牛 頓 傳

十八世紀後期的法國天算學巨子拉伯拉斯 (Laplace) 曾經在他的「宇宙系統論」(Système du Monde) 裏這樣說過：「牛頓的『數理本原』(Principia) 可稱爲人類理智的最高表現」。牛頓的至友，英國王家天文師哈雷 (Halley) 則甚至稱揚牛頓爲「自有生民以來，未有如牛頓之接近於神者」。西人之所謂神，我中國往往稱之爲天。而習慣上常有「天即理也」的觀念。所以哈雷氏之謂其「接近於神」，我想其意即是能探得自然之真理而已。時至今日，愛因斯坦 (Einstein) 之相對論大行於世，學子幾疑牛頓之學早被推翻。實則自從1687年五月牛頓的大作「自然哲學的數理本原」(Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica) 行世以後，二百餘年內天算宗匠莫不以其極簡要的萬有引力的原則爲出發點，以數學爲工具，而竭心盡智作太陽系內諸星體行動的窮源竟委的探求。其探求之路線可稱至深至廣，其運算之廣博可稱浩如煙海，其達到境界的準確程度及其解釋的瞭然不惑，都可說是前無古人，而牛氏原則的涵孕仍未能盡其萬一。雖然維廉·侯尖勒 (William Herschel) 已在十八世紀末期開創了恒星天文學，法郎霍伐 (Fraunhofer) 已從他的光譜線啓發了物理天文學，但對於牛頓的尊嚴未嘗動其毫末。直至1915

年愛因斯坦發表了他的普徧相對論，以「引力場」的觀念代替了牛氏萬有引力定律，從三件微小的實驗上愛氏得到優勝，然後以此震驚，以為牛頓的天文王座已經遭到了愛因斯坦的革命。其實所謂自然哲學，所謂物理定律，畢竟是人類理智的創作而不就是神的律。所以我們可以說其近於神，或是得物理之原則，也不過是某種理論可以解釋儘量多的物理現象，可以測知儘量多的未發事件，而其準確程度又能超越他人。但就神的觀點，也許完全不是那麼一回事。相對論的引力場固然可以比萬有引力多解釋若干現象，究竟力乎場乎？人類的理智還是見其然而不知其所以然。而且牛頓學說畢竟是兩個多世紀以來最偉大的哲學理論，有最遠大的數學應用，所以從四十九年（1960）起國際間的曆法雖然有一大改制（指世界時和曆法時的區分），但其日月行星等基本曆表還是謹遵紐孔氏（S. Newcomb）的成規，就是始終以牛頓學說為其最高原則。所以就天文學而言，牛頓可為不祧之祖，亦猶歐幾里得（Euclid）之在幾何學，後人固可加以修改或擴充，創立多種非歐幾何，然其骨幹仍可兀立不移，而其在人類知識上的影響尤為深遠而不可泯滅。當此相對學說大行之今日，重述牛頓傳的旨趣其在斯乎！

一、牛頓的早年

大撒克（名）牛頓（姓）（Sir Isaac Newton）以 1642

年十二月二十五日生於英吉利中部林肯郡(Lincolnshire) 格郎哈姆市(Grantham)附近之一小村，村名烏索泊(Woolsthorpe)。其時適爲伽利略(Galileo)逝世之一週年。祖父勞勃德·牛頓(Robert Newton)，父衣撒克與子同名。牛頓父三十六歲而逝世，距祖父勞勃德之歿不過年餘，且婚後才數月，故牛頓遺腹而生。生而纖弱，見者恐其不育。然造物者却要於此弱體中安置不朽的靈智，而其世壽亦遠逾常人平均年齡。

牛頓家族上世自蘭開夏(Lancashire)遷來。在烏索泊村，牛頓家有若干產業歷經百有餘年。牛頓出生之老屋在村野中，位於廻丹(Witham)溪上，樸質無華，然有甘泉清流，風景幽麗。牛頓烏村產業歲入不過三十鎊。幸其母尙有小產業相距不過數里之遙，可得歲入八十鎊。其母又在宅旁略治耕作。持此以爲母子生活之資，且以供其子之教育。

其母撫孤三年之後，再嫁近村一牧師史密斯(Rev. Barabas Smith)爲本地教區長者，牛頓乃依外祖母爲生。及至學齡，送入某一兩日學校啓蒙。至十二歲而入格郎哈姆公立學校，寄宿於城中藥劑師克拉克(Clark)家中。從牛頓早年與其友人信中似乎可以知道其初期在校時對於校課毫不用心，且名次常落人後。某日忽有一名列前茅之同學正對牛頓胃部猛踢一脚。牛頓受此創痛，頓然發憤用功。功課日進，直至常列班首。而其智慧之特徵亦日見發展。於時其他

同學遊戲之時間，牛頓常不斷思索機械的問題，或經偶見而思仿造，或爲自己所得之新法。爲此他收集了許多小鋸、小斧、鉋鑿之類的工具，且能運用自如。這樣，他製成了一個風磨，一個水力時計，一個自動車。其時鄉間原有風磨，牛頓常喜入內旁觀工作，深深了解其理，乃仿造而成模型，每喜置於其所居之屋頂，迎風而轉，爲見者所驚異。

他的水力時計是用居停太太之弟所給與的木箱製成。此箱高約四英尺，深廣稱之，形製略似普通家用之時鐘，惟其鐘面上之指針則利用一塊水面浮木運動之，隨水之升降而木亦升降以轉指針。此時計置於牛頓臥室，每日添水應用，且亦爲居停一家之時鐘，自牛頓離開後尙保存頗久。平子按：此與我國漏箭原理全無二致。

自動車有四輪，人坐車內，有把手可以搖動前進。但似乎只能應用於平滑地板之上。平子按：此似尙不及今之三輪車。

牛頓幼時雖然似乎是一個冷靜、沉默、多想少說的孩子，他在校中的各種遊戲也很少參加，但他對於同學們却很樂於提供有科學性的娛樂。他發起放紙鳶的遊戲，而且極有研究。他自製了各種紙燈，在英倫冬天的早晨，晨曦未明，他就提着自製燈籠赴校。有時繫燈於紙鳶上夜中放出，鄉人有疑爲彗星出現者。

在他寄居同屋之中有若干女伴似乎和他相處很好。有一

個史都利小姐 (Miss Storey) 係史都利醫生之妹，小於牛頓約兩三歲，與牛頓尤為親密。牛頓喜與接近亦常過於其他諸同伴。他常為她製作小桌、小檯、餐具之類供其玩物。他和史小姐有六年的聚處交遊，因而可想像他們的兒童友誼自然已漸到相愛的程度。但因雙方家境的拮据，終未能成為有情眷屬。

作詩與繪畫亦為牛頓早年嗜好所寄。所以他的臥室滿掛自己所作圖畫，設色裝框皆出手製。畫中有為模仿者，但多數出於寫實，鳥獸、人物、幾何畫，無所不備，亦有若干肖像畫，如其受業之本校校長以及查利第一世之像。在此名王像下且有題詩一首。

除此以外，牛頓對於天象的注意自幼即然。大約由於其水力時計的不夠精確，他在其住屋的院中畫上許多日影的路線，且用釘子記識各小時及每半小時的分劃。其中有一個為後日鄉人稱之為「衣撒克日規」者，似乎只是經歷數年的實測所作成。但尚有烏索泊老屋牆上的日規直至牛頓歿後尚見留存，究竟是否亦由觀測而得，或由日後依球面知識而繪，則不可考了。

牛頓後父史密斯牧師歿於 1656 年。牛頓母乃携其三子女返至烏索泊老屋。牛頓此時已滿十五歲，校課亦有進步。其母因牛頓年已稍長，可助家人生產，乃從學校召回。欲其歷練農村買賣事務，故常遣其於星期六往格郎哈姆市集出糶

穀物土產而購辦家中應用物品。由於牛頓還是少不更事，其母乃遣一老僕陪伴。市西門一酒店名 Saracen's Head 者，常爲此主僕歇脚之地。但兩人才一下馬，我們的小主人便會溜到其舊居地藥劑師的屋頂樓內。因爲在那裏屋主人克拉克滿儲舊書，足以消磨一日。直至老僕做完買賣，勉強携小主人同歸。有時牛頓甚至半途隱身路旁叢樹間，繼續他的思想，直至老僕再向市回頭找尋。鄰在家園放牧牛羊，亦往往遊心冥想，甚至羊亡歧路，牛踐黍麥，而熟視無覩。

其母不久亦覺悟其子非農村長材，且知其子愈來愈厭棄他業而求知之慾日增。乃很明智的決定予以所可能的教育機會。牛頓於是回至格郎哈姆本校，勤修數月，預備升學。牛頓之舅愛斯考牧師 (Rev. W. Ayscough) 時任烏索泊以東一村之教區長，曾在「三一學院」(Trinity College) 讀書，見其聰慧異常兒，乃勸牛頓準備進三一學院。是爲其時英倫最高學府劍橋大學 (Cambridge University) 之一學院也。

二、牛頓在劍橋

牛頓於 1660 年六月五日正式入學於劍橋之三一學院，時年十八歲。巴羅博士 (Dr. Barrow) 適於是年被選爲劍橋希臘文教授。牛頓最初興趣頗想研究星占術的道理，但不久他用歐幾里得幾何學的一兩個問題就發現所謂星占術的無稽。繼而他覺歐氏幾何學可以不講自明。乃不藉任何其他初

步研究，但依他自己的才能及其忍耐而自修笛卡德氏 (Descartes) 之幾何 (按即解析幾何)。但其後有致友人書中却自認其為學路線之錯誤。他說：「我嘗放棄歐幾里得之『幾何原本』而選讀笛卡德氏及其他代數學名家之著作，其實是對於歐氏極良好基本的不够注意」。蓋有牛頓之天才尚可走此超越路線，否則將覺滿地荆榛矣。其時，牛頓常讀之書尚有華理斯氏 (Dr. Wallis) 的「無窮算法」 (Arithmetic of Infinities)，山特生氏 (Sanderson) 的理則學 (Logic)，以及刻卜勒氏 (Kepler) 的光學 (Optics) 等等。他於研讀之餘，常有批注。在若干問題上，其見解之深入往往超越其導師巴羅博士之上。

在 1664 年時，牛頓得到了一個三稜玻璃，這對於他日後的發明有重大關係，但在他三年求學期間，科學史上或是傳說上都沒有記錄下任何可資紀念的發明。

依據劍橋的學籍紀錄：牛頓是於 1661 年名列「附生」 (Sub-sizer)，1664 年列為「學生」 (Scholar)，1665 年錄取「文學士」 (Bachelor of Arts)。1666 年由於疫癘流行，牛頓返鄉停學。1667 年復學，名義為「副研究員」 (Junior Fellow)。1668 年得「文碩士」 (Master of Arts) 學位，同年並被命為「正研究員」 (Senior Fellowship)。巴羅博士原任三一學院院長，兼任路加講座 (Lucasian Professorship) 的數學教授，於 1669 年自任神學主任，乃以牛頓繼其數學

講席。至是牛頓可稱為進入最光耀的發明階段，而科學史亦寫成最輝煌的一章。

牛頓的發明是多方面的，但其最偉大而影響最深遠者當數三項：其一為光學，其二為萬有引力，其三為微分算法。且其受任路加講座與此發明似都有關係，因此三種發明的初步成功似乎都在 1666 至 1669 年年初之間。茲擬依此三大發明分述之。

三、牛頓與光學

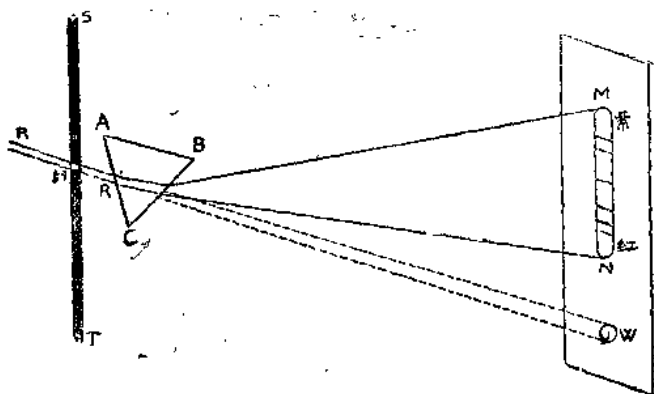
牛頓時代望遠鏡已有發明。伽利略且已用於觀天。笛卡德 (Descartes) 於 1629 年，詹姆·格列高理 (James Gregory) 於 1663 年，且均著書講明平行光線或分散光線均能在拋物線面上或橢圓面上或雙曲線面上（但非正圓球面上）作返射或折射而向一點，可達數理的精確程度。笛卡德且曾創法並描寫其磨鏡機器，以為折光透射遠鏡的改良可以隨其磨製之精審程度而達到理想的境界。

但牛頓在試磨非球面的鏡片時，似乎已覺悟折光鏡的缺點並不全在於曲率的不盡合度。這種想法，對於他以後的發明當是有幸的動機。

當時學者對於光學以及遠鏡的研究已如風起雲湧。詹姆·格列高理已創返光遠鏡。笛卡德則詳論當時流行的折光遠鏡的理論而研究其改良之方。惠更斯 (Huygens) 則實現

遠鏡的放大，而且開始研究光的性質以及雙重折光的現象。所以牛頓之起正當光學走向進步的大道，而且承受了先進諸名家的啓發。

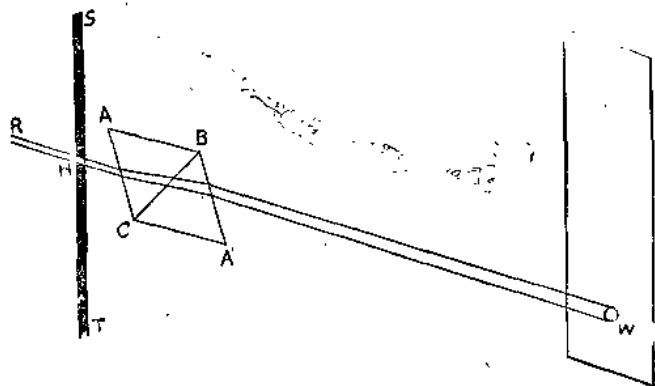
然而對於色彩的成因尙在草昧未開。觀於當時巴羅博士發表的光色理論的謬誤，可以概見。且在當時公認「各種色彩的光線穿過鏡片或稜鏡時，都作同樣的折角」，雖然三稜鏡分光的现象已在牛頓之前屢陳於世人之眼前，却似乎沒有人對此現象曾作分析。



圖一

這是在 1666 年牛頓最初試用一枚三稜鏡。如圖一， ABC 為三稜鏡的橫截面， ST 為窗板， H 為板上圓孔。他把室內光線掩蔽之後，只放一束日光 RR 透孔而過。此光束經過稜鏡之後，在其對面牆上展開為一連串色彩於 MN ，大

約有寬度五倍之長。牛頓說：「對此分明美麗之景色，一見但覺其好玩」，但轉瞬即起驚奇之念，因稍一思考便覺有不及預料者在。蓋依當時承認之折光法則，牆上 MN 景象，雖經折射，應保持圓形，仍如未加稜鏡前所成白光像 W 一般。因此，他見到 MN 長像時，他即迫不及待的想搜尋從何發生此事。他頗難想像玻璃的厚薄或者陰影的邊緣可能導致如此現象，但他想在這方面先作試驗總是不错。於是他把光線投過三稜體厚薄不同之處；或經過大小不同之圓孔；或將稜鏡移至窗外，使光先經折射而後入孔。但其結果，色彩之展佈曾無差別。



圖二

牛頓乃疑玻璃質中或有不甚均勻之處，或者有其他偶然的不規則，因而致此。他乃以同樣的另一稜鏡 $A'CB$ 加於

ABC 之後，使光束透過兩重稜鏡。他想依此情形，則稜鏡 ABC 有規律的效應將因 $A'CB$ 的反置而消除，其不規則之效果則將因重複折射而加甚。但是結果如何呢？光束因第一稜鏡而展佈的長圓帶，透過第二稜鏡之後，却變成圓形 W ，正如未受稜鏡折射的模樣。因此，無論光束展佈的原因何在，決不能是玻璃不規則的緣故。

復次，牛頓再嚴格檢查是否由於日面發光部份射入角不同所致。但經量算之後，知 MN 對於 H 孔的角度為 $2^{\circ}49'$ ，而據當時所知的光學理論「射入角正弦與折射角正弦成正比」的規則，則射出的光束應成 $31'$ 的角度。兩者差別之大，牛頓認為不可能是試驗的誤差。而且牛頓又把稜鏡漸漸轉向，使光束落於 AC 面之角度大有不同，而所得牆上彩色帶的情形並無大異。這可確證彩色不緣日面射光部位不同而來。

牛頓又擬光線越過稜鏡之後可能成為曲線，隨著曲率的不同而分佈在牆面高下不同之處。此可取譬於網球路線所成之弧形，嘗見球拍愈側擊，則球路愈成曲線。然而這一懷疑雖似有理，實際不能成立。最簡單的反證是 MN 之長恒與其離 H 孔之距度為比例，這就不是曲線所能有的現象。

這些假設或是懷疑一一擴清之後，牛頓乃從事一種試驗以證明色彩展佈的真實原因而無疑義。先取一紙板開有一小孔，置於帖近三稜之 BC 面上，使 MN 帶上只有一色能够透達而他色都被遮隔。譬如孔近 C 尖時則惟有紅色落於牆上

之 N 處。乃另取一有孔之紙板置於光線中途而使其孔接受第一板透來之紅光，更置另一三稜鏡以接受第二孔透出之光。乃轉動第一稜鏡 ABC 使透過小孔之光由紅轉橙而黃以至於紫。第二稜鏡所接亦由紅而橙而黃以至於紫。透過第二稜鏡而達牆上之光線則漸漸移位，而可見在第二稜鏡中色彩愈近紅方者折角愈小，愈近紫方者折角愈大。

從此牛頓得到一個重要的結論：

「凡光並非是單純的，而是由折率不同的各種光線所合成。」

牛頓這一發明可謂開分光術之先河，現代的物理天文學能夠對於星辰之高，宇宙之遠，而分析其物質、溫度、壓力、進退、淺深、等等現象，歷歷如指諸掌，皆緣能讀光譜中的線條一如音樂家之讀樂譜耳。惜牛頓未將其圓孔改為窄縫，致使天文樂譜中的音符未能個別分清，遂令發明譜綫之功卒歸於百餘年後之法郎霍伐（Fraunhofer），所差一間，可為牛頓惜，然而牛頓已不失為此中創制之先聖矣。

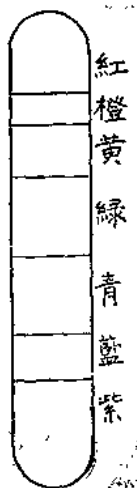
牛頓於光學之發明不止一端，然未有如分光影響之深遠者，故特加詳述其研究之途徑，也可為後學的一個模範。

牛頓既經發明稜鏡分光之後，他立刻覺悟一個凸形玻片的聚光點對於各色彩有遠近之不同，紅光折角小故聚光點遠，紫光折角大故聚光點近。其餘以此類推。焦點不同，自然無法令其同時清晰。這是牛頓智慧的敏捷。然而他似乎即此

便假定各種物質的分光帶長度都應相同，以致他認為透光鏡消色的改良為不可能。而現代的製鏡者，無論在理論上或技術上，確已在這一方面有了驚人的進步。這是牛頓始料所不及，也可算是千慮一失了。

牛頓於 1669 至 1671 三年之內在劍橋講義上雖已將他的光學發明有所講述，但學界尙少傳佈。英國王家學會是於 1672 年纔聞知此種發明。而其返光遠鏡的製造却得到更大的聲譽。這是在 1671 年十二月由牛津大學天文教授華特 (Seth Ward) 博士推薦於王家學會，而於次年一月十一日正式當選為會員。

牛頓送至王家學會有關光線折角不同的論文引起會中許多學者的注意而勸其在會刊 (Transactions) 發表。



圖三

牛頓論文大致主張白光係七種色彩所合成，光的性質屬於微小的粒子（以後稱為粒子論），白光配合的成份略如圖三所示。他用種種試驗證明白光不但可以分成七色，而且可用各色依照適宜成份再合成白光。他併且主張自然物體的有色並非物體本身內在的性質而是起於各物粒子安排的不同而對光線有阻止或吸收以致對於某色的反射發生特殊情形。

牛頓學說發表之後，引起當時學界極熱烈