

牛頓文庫

# 最新科學入門4

原著者／艾西摩夫

S 8807 / 38 (中 7 - 11 / 14 - 4)

最新科学入门 第 4 册

(牛頓文库)

RC 000220

## 最新科學入門 4

---

發行人 / 高源清

總編輯 / 劉君祖

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 張凰惠

文字編輯 / 王存立・莊曜禮

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 方紫雲・彭靜容

原作者 / 艾薩克・艾西摩夫

譯者 / 牛頓編譯中心

封面圖片 / 方 智

企劃製作 / 牛頓雜誌社

出 版 / 牛頓出版社

地 址 / 臺北市和平東路二段107巷25號之1 一樓

電 話 / 7059942・7061976・7061977・7062470

郵 撥 / 0731188-1牛頓出版社

印 刷 / 江淮印刷廠

定 價 / 新臺幣 160元

初 版 / 1986年9月20日

出版登記證 / 局版臺業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

●版權所有 翻印必究●

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本社更換。

牛頓文庫

# 最新科學入門4

牛頓出版社



# 目錄

|            |                       |           |
|------------|-----------------------|-----------|
| <b>第九章</b> | <b>波</b>              | <b>5</b>  |
|            | <b>光</b>              | <b>7</b>  |
|            | 光的性質 / 波動 / 光速 / 雷達 / |           |
|            | 穿過太空的光波 / 磁單極 /       |           |
|            | 絕對運動                  |           |
|            | <b>相對論</b>            | <b>23</b> |
|            | 羅倫茲—費茨吉拉德的方程式 /       |           |
|            | 輻射與蒲朗克的量子論 /          |           |
|            | 愛因斯坦的粒子—波動理論 /        |           |
|            | 相對論 / 時間—空間及時鐘的矛盾 /   |           |
|            | 萬有引力與愛因斯坦的廣義理論 /      |           |
|            | 廣義相對論的證實              |           |
|            | <b>熱</b>              | <b>38</b> |
|            | 溫度的測量 / 熱的兩種理論 /      |           |
|            | 熱為能量 / 熱和分子運動         |           |
|            | <b>質能互換</b>           | <b>48</b> |
|            | <b>粒子及波</b>           | <b>53</b> |
|            | 電子顯微鏡 / 電子的波動性 /      |           |
|            | 測不準原理                 |           |

|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| <b>第十章</b> | <b>機器</b>            | <b>66</b>  |
|            | <b>火與蒸汽</b>          | <b>67</b>  |
|            | 早期科技 / 蒸汽機           |            |
|            | <b>電</b>             | <b>78</b>  |
|            | 靜電 / 動電 / 發電 /       |            |
|            | 電在科技方面的早期應用          |            |
|            | <b>電機科技</b>          | <b>91</b>  |
|            | 電話 / 錄音 / 電發明之前的照明 / |            |
|            | 電燈 / 攝影術             |            |
|            | <b>內燃機</b>           | <b>105</b> |
|            | 汽車 / 飛機              |            |

|                |     |
|----------------|-----|
| 電子             | 117 |
| 無線電 / 電視 / 電晶體 |     |
| 邁射和雷射          | 132 |
| 邁射 / 雷射        |     |

## 第十一章 反應器 144

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 能量                | 145 |
| 煤與油：化石燃料 / 太陽能    |     |
| 原子能戰爭用途           | 155 |
| 核分裂的發現 / 連鎖反應 /   |     |
| 第一座原子反應爐 / 核子時代 / |     |
| 熱核子反應             |     |
| 原子能和平用途           | 172 |
| 核子動力船 / 滋生型反應爐 /  |     |
| 原子能發電 / 放射線的危險 /  |     |
| 核分裂產物的利用 / 輻射塵    |     |
| 控制下的核融合反應         | 191 |

# 前言

人類以不屈不撓的精神及科學方法去洞悉宇宙的奧秘，對於任何一個深受其感動的人而言，科學的快速發展是相當令人興奮的。

但是對於留意每一步科學發展，以便把它解釋給社會大眾的人來說，那種興奮似乎並不那麼強烈，而會被一種絕望所沖淡。

科學是永不止息的，它就像是一盞轉個不停的走馬燈；我們無法在一瞬間看清它的每一個細節。

一九六〇年，我們曾出版了「給聰明人的科學入門」(The Intelligent Man's Guide to Science)，但由於科學不斷進步，為了使讀者能了解似星體或雷射等一九六〇年時還未被發現的東西，一九六五年又出版了「給聰明人的新科學入門」(The New Intelligent Man's Guide to Science)。

然而科學一日千里，脈動電波星、黑洞、大陸漂移說、人類登陸月球、快速動眼睡眠、重力波、全像攝影術等等，都在一九六五年後一一出現。

所以又到了出版第三版的時分了，那麼應該怎麼命名呢？「聰明人的新科學入門」？當然不是。第三版直截了當地命名為「艾西摩夫的科學入門」(Asimov's Guide to Science)，並於一九七二年付梓出版。

但科學的腳步仍然沒有停過，由於我們不斷地努力勘察，對於太陽的了解已可寫成一大章了。現在我們又開始探討不斷膨脹的宇宙、關於恐龍滅亡的新學說、夸克、膠子、統一場論、磁單極、能源危機、家用電腦、機器人、中斷的演化、致癌基因等等。

所以又到了印第四版的時分了。由於過去每一版都會換名稱，這次也不例外，這次的書名為：「艾西摩夫最新科學入門」(Asimov's New Guide to Science)。

艾薩克·艾西摩夫 / 紐約·一九八四年



9

波

# 光

前面所討論較具體的事物，範圍幾乎是從大如銀河到小如電子都已涵蓋。然而還是有一些重要的無形事物未曾論及，其中為人久知且具最高評價的就是光，創世紀第一章中說到，創造太陽和月亮主要也就是做為光源：「把這些光擺在天上，普照大地。」

上古及中古時代學者對光的性質可說是一無所知。他們觀察出光是由燃燒灼熱的物體所釋放，且有可能眼睛本身也會發光。他們所提出唯一的真實理論便是光以直線方式前進，也就是對鏡照射而反射時，入射角會等於反射角；另外，當光從空氣進入玻璃、水或其他透明物質時會產生折曲，也就是我們所稱的折射現象。

**光的性質** 當光以傾斜的角度射入玻璃或其他透明物質時，總是會被折射到與入射面法線成一小角度的路線。入射角與折射角間的確實關係，是在一六二一年由荷蘭物理學家斯涅爾 (Willebrord Snell) 所發現，當時他並沒有公布自己的發現，而由另一位法國哲學家笛卡爾 (René Descartes) 於一六三七年發表其中的關係法則。

第二章中已經提到，有關光性質的重要實驗在一六六六年由牛頓首先進行，他使一束陽光透過百葉窗的細縫進入黑暗的房間，並讓光線斜射到三稜鏡上。這束陽光在進入第一片玻璃時先產生折射後，經第二片玻璃入射回空氣時，又再度產生折射

，而形成與原來相同方向的光線。經兩次折射的結果卻不改變方向，其主要原因在於三稜鏡的玻璃面間夾有角度，不像我們平日所見的玻璃片兩面互相平行。牛頓將這些透過三稜鏡射出的光束呈現在一白屏幕上，藉以觀察兩度折射後的影響。他發現射出來的不再是一束白色的光，而是合成條狀的顏色帶，並以紅、橙、黃、綠、藍、紫的順序排列。

牛頓推論，認為一般所謂的白光是由數種不同的光混合而成，這些不同的光會分別影響我們眼睛而產生不同顏色的感覺。而那些條狀的顏色帶，看起來雖然是那麼具體實在，事實上卻是抽象無形的，如鬼魅一般，牛頓也因此命名它為 spectrum，中文譯為「光譜」，拉丁文則意指「鬼魅」。

牛頓認為光是由許多高速運動的粒子 (corpuscles) 所組成。這樣就能解釋光為什麼能以直線前進並產生明顯的陰影。它會被鏡子反射是因為粒子由表面反彈之故，而它在進入玻璃、水等折射物質時路線會曲折，則是因為在這類介質中運動速率比在空氣中要快。

然而，還是有些問題無法圓滿解決。為什麼綠光粒子比黃光粒子折射要多呢？為什麼兩束光能交叉穿透卻不會互相影響——也就是說粒子為什麼不會相互碰撞呢？

一六七八年，荷蘭物理學家海更斯 (Christiaan Huygens，一位多才多藝的科學家，曾製造第一個單擺時鐘，於天文學方面也有重要貢獻) 提出一個相反理論，他認為光是由小波動所組合而成。假如光是由波所組成，那麼在解釋不同的光透過

折射介質而有不同程度的折射就一點困難也沒有，其中還假設光在折射介質中的運動要比在空氣中來得慢。折射的程度與波長有關：波長愈短，折射程度愈大。因此紫光（折射最多者）要比藍光波長短，藍光又比綠光短，依此類推。海更斯認為，就是波長的不同使眼睛看到不同的顏色。同時，假如光由波所組成，兩束光自然能毫無困難地交會不互相干擾。（畢竟，聲波或水波在交會後也不會改變。）

但是海更斯的理論也並不是非常令人滿意。它並沒有解釋光為什麼以直線前進並投射出鮮明清晰的陰影，也無法說明為什麼光不能像水波及聲波那樣地繞過障礙。此外，假如光由波動組成，它怎麼能在真空中運動？比方說從太陽和星星經過太空而到達地球？而又是什麼介質產生波動的呢？

**波動** 上述兩種理論幾乎僵持了一年。牛頓的「粒子理論」似乎較占上風，一方面是它整體上較合邏輯，一方面則是牛頓鼎鼎有名之故。但是，在一八〇一年，一位英國醫師兼物理學家楊格（Thomas Young），進行了一項扭轉觀念的實驗。實驗方法是使一束細光穿射兩相距極近的小孔而射向後方的屏幕。假如光真是由粒子組成，那麼透過小孔射到屏幕上的光只會重疊產生較亮的區域，不重疊處則較不亮，但是楊格發現事實並非如此。屏幕上產生一系列亮帶，亮帶間則夾以暗帶。似乎是在這些暗區之間，兩束光合成產生了暗帶。

波動理論就能輕易地解釋這個效應了！亮帶表示一束光波為另一束所加強；也就是說，這兩組光波是同相的（in phase）。

），波峰與波峰疊合而相互加強。換句話說，暗帶則是代表著反相（out of phase），波峰被抵消，也就是在該處彼此相互干擾，使得淨光能為零。

從光帶的寬度及兩小孔間的距離，我們就能計算出所謂的光波長——好比說，紅光、紫光或介於其間的顏色光波長，我們會發現算出來的波長是相當小的。舉例而言，紅光波長算出來大約是 0.000075 公分。光波波長以「埃」為單位，英文為 Angstrom，縮寫為  $\text{\AA}$ ，是一公分的一億分之一。因此，光譜一端的紅光波長約為 7,500  $\text{\AA}$ ；另一端的紫光約為 3,900  $\text{\AA}$ ；而其餘可見光譜上的他種色光波長則介於其間。

波長極短是很重要的，光波以直線進行並投射出鮮明清晰的影子，就是因為波長遠較一般物體微小得多。而只有當波長並不比物體小太多時，波才能繞過障礙物。舉例來說，甚至細菌都要比光波長大上許多，這就是為什麼我們能由光學顯微鏡觀察細菌的原因。只有那些大小接近光波長的物體，如濾過性病毒，或是其他在光學顯微鏡下觀察不到的東西，才能讓光通過。

若干擾物極小，則光波可以通過，這是一八一八年由法國物理學家夫瑞納（Augustin Jean Fresnel）所證實的。在這種情形下，光產生了所謂的繞射特性。舉個例子來說，繞射光柵（diffraction grating）中那些極細的平行線就扮演著一系列彼此互相加強的微小障礙物。因為繞射量與光的波長有關，於是光譜就產生了。從光譜中任一部分或任一顏色光的繞射

程度，或是從在玻璃上帶狀分布的已知距離，都能計算出光的波長。

夫朗和法 (Fraunhofer) 是使用這類繞射光柵的先驅者，但這項創舉卻為自己另一項較出名的成就所掩蓋，那就是他發現了光譜線。美國物理學家羅蘭德 (Henry Augustus Rowland) 發明了凹光柵 (concave grating)，並發展出控制光柵的技術，使 2.54 公分內能有二萬條線。他的這項成就使三稜鏡在分光術中派不上用場。

由這些實驗上的發現，以及夫瑞納系統地證明波動數學的事實，光的波動論於是建立，而粒子論則銷聲匿跡。

不僅是光波的存在為人所接受，波長的測量也大有進展。一八二七年，法國物理學家巴比內 (Jacques Babinet) 建議光的波長——一項不變的物理量——應用為長度的測量標準。這項建議直到一八八〇年代才有其可行性，當時，德裔美國物理學家麥克爾生 (Albert Abraham Michelson) 發明了干涉計 (interferometer)，能非常精確地測量出光波長。一八九三年，麥克爾生測量鎢光譜所放射的紅色線，得到波長為一百五十五萬三千一百六十四分之一公尺。

即使在發現同位素存在時光波長的測量仍有誤差，因為每種同位素釋放的射線波長均略有不同。然而，隨著二十世紀的到來，數種特定同位素的光譜線都已測量出來。一九三〇年代，已測得氦八六的光譜線，這種同位素可在低溫原子運動緩慢的狀態下獲得，是一種氣體，其光譜線的變厚則較不明顯。

一九六〇年，度量衡共同會議（General Conference of Weights and Measures）把氦八六的射線定為長度標準的基礎。一公尺重新定義為這個光譜線波長的 $1,650,763.73$ 倍。這項標準把長度測量的精準度提高了上千倍。舊的公制頂多只能量到一公尺的百萬分之一，而新制則可達到一億分之一。

**光速** 很明顯的，光是以極高的速度前進。假如你想證實，可隨手關掉燈光，就會發現四周立刻漆黑一片。聲波的運動就沒那麼快了。假如你看到遠方有人在劈柴，你會發現斧頭劈下後好一會兒才聽到聲音。聲音的確要花一段較長的時間才能傳到耳中。事實上，它的傳播速率極易測得，在海平面的空氣中，是每秒三百三十二公尺。

伽利略是第一位嘗試測量光速的人。他和助手分別站在兩座山上，開始時伽利略先將自己手提燈籠上所蓋的布揭開，助手看到光後也立刻揭開身旁燈籠的布。伽利略以愈來愈長的距離做實驗，他假設助手反應動作的時間固定，那麼他揭開自己燈籠再看到助手回應的閃光，這段間隔所增加的，就是光要走額外距離時所花的時間。這個想法很好，但是光速實在太快了，伽利略這種原始的方法根本測不出有任何的不同。

一六七六年，丹麥天文學家羅米（Olaus Roemer）反而成功地以天文距離測出了光速。在觀察木星四個大衛星（在此暫稱為木星的四個月亮）的月蝕狀態時，羅米發現兩次月蝕間相隔的時間隨著地球遠離木星而加長，隨著地球在軌道上接近木星而減短。假定地球與木星的距離反應了月蝕之間的時刻：

也就是說，光在地球和木星間傳送所需的時間是其間距離的一種度量，由於月蝕間隔時間的變化可當做光橫跨地球軌道全寬所需要的時間，因此根據對地球軌道大小的約略估計，他便算出了光速，估計約為每秒二十一萬二千四百公里。就第一次的嘗試而言，這是相當不錯的了，在當時也足以獲得同儕的信賴。

羅米的實驗結果經過半世紀後，由一完全不同的方法所肯定。一七二八年，英國天文學家布萊德雷（James Bradley）發現恆星的位置似乎會因地球的運動而有所偏移——並不是視差之故，而是地球繞太陽的速度相對光速而言雖小，但仍為一可測之分數。相似的情形可見於大雨中撐傘過街的時候，雖然雨滴垂直落下，但傘仍需向前斜撐，因為人是迎著雨走。同樣的道理，地球也是迎著恆星射來的光線前進，天文學家就必須隨著地球運動方向的改變來調整望遠鏡的角度。從角度得到的光行差（the aberration of light），布萊德雷就可估計出光速約為每秒二十八萬三千二百公里——比羅米的數據要高，要準確，但仍比標準值低了約 5.5 %。

最後，科學家們還是利用伽利略的原始構想來獲得較正確的數值。一八四九年，法國物理學家菲佐（Fizeau）裝了一套設備，使光閃了一下，射抵八公里外的鏡子後再反射回觀察者這邊。閃光在這段往返十六公里的旅程所耗的時間僅為二萬分之一秒，但菲佐卻有辦法量出來。他把一個快速旋轉的齒輪放在光束經過的途中，當齒輪以固定速度旋轉時，由兩齒間過的閃光會被鏡子反射回來再打到下一個齒，因此在輪子後面的菲

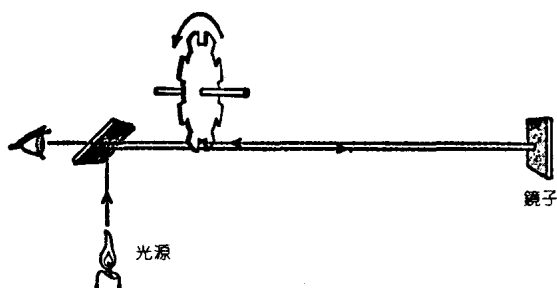


圖9-1 菲佐測量光速的設備。光線由光源經傾斜四十五度的鏡子反射，透過快速旋轉齒輪兩齒間的空隙，射到一段距離外的鏡子，再反射回到下一齒或下一個空隙。

佐就無法看到反射回來的閃光了。當輪子逐漸加速時，反射回來的閃光就不會被阻擋而通過另外二齒間的空隙。如此，以這種控制並量測輪子轉速的方法，菲佐就可獲知光來回經過的時間，而計算出光速。結果，所測出的光速約為每秒三十一萬五千四百公里，比實際高 5.2 %。

一年後，佛科（Jean Foucault，此時已將完成他的單擺實驗，請看第四章）以一面旋轉的鏡子代替齒輪，使測量的精確度再提高。現在光線運動前後所經過的時間是以快速旋轉鏡反射角的少許改變而量得。一八六二年，佛科所測得的一次最好結果——光在空氣中的速率是每秒二十九萬七千七百二十公里，只比實際光速低 0.7 % 而已。此外，佛科還利用他的方法來測定光在不同液體中的速率。他發現要比在空氣中的光速小許

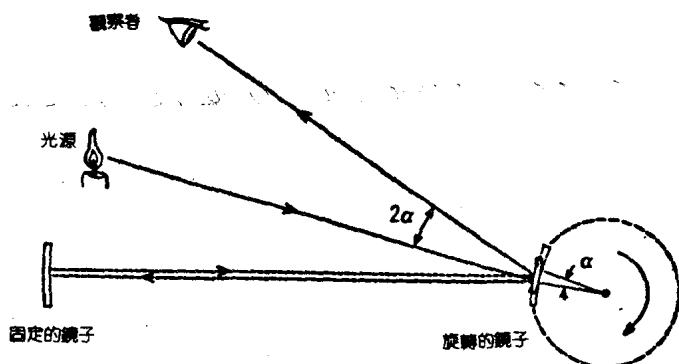


圖9-2 佛科以旋轉的鏡子取代了菲佐的齒輪來測量光速。

多，這也與海更斯的波動理論相符。

光速的測量隨著麥克爾生的成就而更趨精密，從一八七九年  
起經過了四十多年，他改良菲佐和佛科的方法，終於讓光走過  
真空（而不是空氣，因為即使是空氣也會稍稍降低光速）。邁  
克爾生用一根長達1.6公里並抽成真空的金屬管，量得光在真  
空中的速度為每秒二十九萬九千七百六十六公里，只比實際光  
速低了約0.006 %。

一九七二年，愛文生（Kenneth M. Evenson）所領導的實  
驗小組，以更精密的方法量得光速為每秒299,728.375公里。  
當我們能如此精確地知道光速時，以光或其形式來測量距離就  
有可能了。（甚至，光速還沒有如此精確測知時也是可以這麼  
做的。）