

牛頓文庫

最新科學入門②

原著者／艾西摩夫

S8807 / 86 (中7-11 / 14-2)

最新科學入門 第2冊

(牛頓文庫)

BG 000210

最新科學入門2

發行人 / 高源濟

總編輯 / 劉君矩

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 張鳳翹

文字編輯 / 王存立

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 方紫雲・彭淑容

原作者 / 艾薩克・艾西摩夫

譯者 / 牛頓編輯中心

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

郵檢 / 0731186-1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⁹

牛頓出版社

目 錄

第四章	地球	5
	形狀及大小	7
	地球爲球形 / 象地體的量測 / 測量地球質量	
	地層	18
	地震 / 火山 / 地殼的形成 / 液態地核 /	
	地函 / 月球的起源 / 液態地球	
	海洋	41
	洋流 / 海洋資源 / 深海及陸地的變遷 /	
	深海生物 / 深海潛水	
	冰帽	66
	北極 / 南極 / 國際地球物理年 / 冰河 / 冰河時期的成因	

第五章	大氣層	85
	空氣殼層	87
	測量空氣 / 天空之旅	
	空氣中的氣體	102
	低層大氣 / 平流層 / 游離層	
	磁鐵	115
	磁與電 / 地球的磁場 / 太陽風 / 磁層 / 行星的磁層	
	流星和隕石	137
	流星 / 隕石	
	空氣層的保有及獲致	149
	脫離速度 / 原始的大氣	

第六章	科學中的數學	159
	重力	161
	運動學第一定律	
	第二和第三定律	
	相對論	173
	麥克爾生和莫爾利的量驗	
	賽茨吉拉德方程式	
	勞倫茲方程式	
	愛因斯坦方程式	

S 8807 / 36 (中7-11 / 14-2)

最新科学入门 第2册

(牛顿文库)

BG 000210

最新科學入門2

發行人 / 高源鴻

總編輯 / 劉君祐

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 張鳳惠

文字編輯 / 王存立

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 箱 / 0731186-1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 / 局版臺美字第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。

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侯了，那麼應該怎麼命名呢？「聰明人的新新科學入門」？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侯了。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



4

地球

形狀及大小

太陽系包含一個巨大的太陽、四個較大的行星、五個較小的行星、四十多個衛星及數以千計的小行星，同時可能有數百億個彗星，以及截至目前所知唯一有生命的星球——我們的地球，因此，我們必須對地球有更深入的認識。

地球爲球形 古希臘人的妙想之一乃認爲地球是圓球形狀，而這個想法據說是西元前五百二十五年的畢達哥拉斯率先提出的。希臘人所以懷有這樣的想法，乃基於哲學的觀點——球形是完美的形狀。但是希臘人也以實際觀察證明了這個想法，西元前三百五十年左右，亞里斯多德將觀察證據綜合整理，證明地球不是平的而是圓的。他最具說服力的說法是若向北或向南旅行，星星會從前方地平線出現，而於背後的地平線消失。船航行遠方，無論航向何方，船身總是先消失；月蝕時，不論月球在何處，地球在月球表面投影的截面也總是圓的。這些事實都只有當地球是圓的時候才能成真！

這種地球是圓的觀念一直在學者之間留存著，即使在黑暗時代（Dark Ages），義大利詩人但丁（Dante Alighieri）所寫的神曲（The Divine Comedy），仍假設地球呈球形。

另外一件事是有關旋轉球面的問題。早在西元前三百五十年，希臘本都（Pontus）的哲學家赫拉克利提斯（Heraclides）認爲，地球繞軸旋轉的想法遠比整個天空繞著地球轉簡單得多了。但無論如何，大部分古代和中古時的學者都

拒絕接受這種想法。晚至一六三二年，伽利略也曾遭羅馬宗教法庭判罪而被迫放棄地動的說法。

不管怎麼說，哥白尼理論（Copernican theory）認為地球靜止的說法完全不合邏輯；自此以後，地球轉動的想法逐漸為每一個人所接受。直到西元一八五一年，此一理論才真正地由實驗證實。當年，法國物理學家佛科（Jean Bernard Leon Foucault）在巴黎教堂的圓頂內裝置一個大單擺。根據物理學家的結論，不考慮地球自轉，單擺應在一固定平面擺動。比方在北極，即使地球以二十四小時的週期逆時針轉動，單擺仍在固定平面擺動。有人觀察這個單擺（和地球一起動，所以對他來說地球是不動的），它的平面則順時針二十四小時旋轉一週。在南極，這個結果除了單擺平面的轉動方向相反之外，其他皆相同。

在緯度比極點低的地區，單擺的平面仍會轉動（北半球為順時針方向，南半球為逆時針方向）。而距極點愈逆週期愈長，在赤道處，單擺平面將一點也不動。

在佛科的實驗中，單擺平面以恰當的方向轉動，而速率也剛好吻合，也就是說觀察者可以親眼看到單擺下地球的自轉。地球自轉帶來許多的影響。赤道表面移動最快，在二十四小時內繞一週四萬公里，時速一千六百公里以上。當某人從赤道向北（或南）走，他會發現地表上的點會愈轉愈慢，因為該點在同樣二十四小時內繞的圓周愈來愈短，在極點附近，圓就很小，而在極點上使一點也不動了。

空氣由於地球表面的運動而搖曳不定，假若一股空氣從赤道向北移動，它自身橫向的速度（和赤道一樣）將比所經表面的速度快，由西向東的行徑追過地表面而使整股空氣向東漂移。這樣的漂移即為柯氏效應（Coriolis effect）之一例，乃西元一八三五年由法國數學家柯瑞歐里斯（Gaspard Gustave de Coriolis）所命名的。

柯氏效應對空氣團所造成的效應，使它在北半球呈順時針扭曲旋轉；在南半球，此效應會有反時針扭曲的結果。上述的情況會導致氣旋擾動（cyclonic disturbances），這類型的強力暴風在北大西洋稱颶風（hurricanes），在北太平洋稱颱風（typhoons）。較小卻更強的這類暴風為氣旋（cyclones）或龍捲風（tornadoes），在海上，這種狂烈的龍捲風會造成戲劇性的海水龍捲（sea spouts）。

無論如何，從地球自轉現象導引出最令人興奮的推論，是在佛科實驗之前兩世紀的牛頓時代。在當時，地球為一佛完美球形的觀念早已支配了近兩千年，但牛頓卻更仔細地考慮這球體旋轉時可能發生的情形。他注意到地表上不同緯度會有不同的運動速度是必然發生的現象。

當旋轉愈快，離心效應愈強——意即將物體推離旋轉中心的趨勢愈強烈。因此從固定的極點到快速旋轉的赤道地帶，離心效應從零到最大。而地球應在中間部分向外突出最多；也就是說，它應是扁圓球體（oblate spheroid），亦即赤道突出，兩極扁平。它必然有點象柑橘的形狀而不像高爾夫

球。牛頓甚至計算出扁平的程度應為直徑的二百三十分之一，令人驚訝的是這結果與事實非常接近。

可是地球轉得如此慢，使得扁平突出太小而不易測出。不過還好有兩件甚至當時就可做到的天文觀測支持牛頓的說法。第一是科學家們可明顯地見到木星及土星的兩極有扁平的現象，這在前一章中已經說明過了。

第二，假如地球真的在赤道處突出，由於月球的軌道面大部分時間都位於地球赤道的南北兩側，其對赤道突出部有不同的吸引力，因此會使地軸畫出一個雙圓錐，以致於地軸指向慢慢改變，要經過二萬五千七百五十年才會在天空畫完一圈。事實上，早在西元前一百五十年，希巴克斯便以當時星星的位置與一百五十多年前的紀錄相對照，發現了這種個移。地軸的偏移會使太陽到達春（或秋）分點（equinoxes）時每年東移五十秒弧，也就是平晨的方向。由於分點每年會早來，希巴克斯便將此現象稱為分點進動（即歲差，precession of the equinoxes），且沿用至今。

很自然地，科學家們開始致力於直接證明地球扭曲的研究。他們再度使用標準的設備來解決幾何問題——三角學。在曲面上，三角形的三內角總和大於一百八十度，而且曲率愈大超過一百八十度的程度愈大。現在，假設地球是個扁圓球，就如同牛頓所言，那麼在赤道附近的曲率應比兩極帶的大。一七三〇年代，法國科學家分別在法國北部和南部進行首次大規模的測量，事後法國天文學家卡西尼（Jacques

Cassini，其父親也是位天文學家，曾指出木星和土星呈扁圓狀）根據測量的結果，宣布地球扁平處在兩極，不是在赤道！就像個胡瓜而不似柑橘。

但法國北部與南部曲率的差異太小了，實在不該貿然做出上述的結論。因此，在一七三五及一七三六年，兩位法國人分別遠征至遙遠隔絕的地區——一位到赤道附近的秘魯，另一位則到接近北極的拉普地區（Lapland）。一七四四年，他們的觀測得到了很清楚的答案：地球在秘魯比在拉普地區彎曲得更明顯。

今天，最好的測量技術顯示出地球赤道半徑比兩極半徑長四十多公里（12755.89 公里對 12713.12 公里）。

在十八世紀，想探究地球形狀的科學界常因測量上的諸多不同而感到相當不便，當時也沒有適當的標準可供精確的測量，而這種種不便部分原因必須歸咎於採用的標準未統一。因此在法國大革命（French Revolution）之後半世紀，乃開始採用以公尺為基準的測量公制（metric system），如今，除了美國之外，全世界的科學家都為了方便而廣泛採用公制，使之通用於世界各地。

測量上正確的標準要求非常高。科學誤差百分比的減少正不斷地朝標準化改進。標準公尺及標準公里是由鉑—銥合金（防止化學變化）製成，置於巴黎近郊，且維持定溫等特殊處理來防止膨脹或收縮。

恒範鋼（Invar, invariable 的縮寫）新合金是由鎳及鐵

以某種比例所組成，爲一種幾乎不受溫度影響的物質，可做爲極佳的長度標準材料。瑞士出生的法國物理學家季若姆（Charles Edouard Guillaume）也因發展出恒範鋼而在一九二〇年拿到諾貝爾物理學獎。

然而到了一九六〇年代，科學界便不再以物質做爲長度的標準。度量衡大會（General Conference of Weights and Measures）採用稀有氣體氦發出的光波長做標準，波長的1650763.73 倍爲一公尺，這個長度遠比以前要準一千倍以上。一九八四年，公尺採以光遠爲準，等於光在幾分之一秒中所走的距離。

象地體的量測 將地球視爲平滑如海平面的形狀即稱爲象地體（geoid），當然地表包括很多不規則的高山、峽谷……等等地形。甚至在牛頓之前，科學家就對行星的整個外形提出疑問，也曾試著測量在完美球體上的這些微小出入，於是他們重新裝設了單擺。伽利略在一五八一年，當他還只是十七歲的少年時就已經發現固定長度的單擺不論擺動多久，擺動的時間體是相同。一般認爲他是在比體（Pisa）大教堂工作時，看到體動的吊燈而發現的。在教堂裏還有一盞燈稱爲伽利略之燈（Galileo lamp），但到一五八四年時它已經不在了。海更斯在時鐘的齒輪上吊了一個單擺，利用它不裝的運動使時燈走得非常準確。一六五六年，他以這種方式設計了第一個現代燈——時鐘的始祖——準鐘度提高了十倍。

單擺的週期由它的長度和重力大小決定。在海平面，一

個長九十九公分的單擺其擺動週期剛好是一秒，這是在一六四四年，伽利略的學生，法國數學家梅仙尼（Martin Mersenne）所做出來的結果。調查地球不規則性的研究人員便利用單擺週期受地心引力作用的關係來進行研究。例如單擺在海平面週期應為一秒整，若在山頂，因距離較遠，地心引力稍弱，便會使週期略長於一秒。

一六七三年，一位法國人遠征到南美洲的北海岸（接近赤道），發現在他所處的海平面，單擺的運動竟然變慢。爾後，牛頓就以這個發現做為赤道突出的證據，因為突出導致地表距離地心較遠，使重力減弱。上述為了驗證理論而遠征拉普地區的法國數學家克勒羅（Alexis Claude Clairault）曾發展出以單擺擺動來計算地球扁平率（oblateness）的方法，於是象地體或地球梅平面外形便可法定出來，並顯示與理想扁圓球只有九十一公尺以內的出入。現在測定重力用的重力儀，是在極敏感的彈簧下懸吊一重物，而此物的背景畫有刻度，可指出拉下物體的力量大小，而很精確地測出重力變化的狀況。

重力在梅平面的變化約 0.6%，當然，在赤道處最小。這差異在一般日常生活中並不顯著，可是卻能影響運動紀錄。奧林匹克運動會的地點選在某緯度的城市（以及高度）就是此用意。

象地體正確外形的知識是爲了要準確描繪地圖；一九五〇年代末，已有百分之七的地表可稱得上是真正準確地被畫

出來。比方紐約到倫敦之間，便無法知道每公里範圍內的情形，而太平洋內也只有些許小島可知，可能有數公里範圍的誤差。而且在那時候，若從事空中旅行，甚或飛彈瞄準，這些誤差可能變得非常大。說起來也奇怪，真正準確的地圖繪製最後卻不是經由地球表面探測，而是採用另一種新的天文測量方法。第一具新測量儀器是先鋒一號人造衛星，在一九五八年三月十七日由美國發射。先鋒一號以二個半小時的週期繞地球運行，在它開始運行頭兩年所繞的圈數，抵得上月球花好幾世紀所繞的圈數，同時並利用望遠鏡進行觀測。在某一時間，透過先鋒一號的觀察點可精確地計算出觀測點與衛星的距離，如此，在一九五九年便完成了誤差僅達數百公尺至一公里以內的精確地圖。一九六〇年四月十三日，美國發射了另外一枚人造衛星子午一號 B (Transit I-B)，乃第一具量測地表上某一點之精確位置的儀器，並將這一系列的觀測擴展成一個完整的系統，以改進及簡化航空與航海路線。

先鋒一號像月球一樣以橢圓軌道繞行地球，而且不在赤道面上；由於地球赤道突出處的引力作用，先鋒一號的近地點也像月亮一樣會偏移。同時，因為先鋒一號遠比月亮接近地球突出處，且遠比月亮小，故所受的影響也較大，而它又繞了好多圈，因此突出處所導致的效應便很容易加以研究。科學家由一九五九年近地點的偏移發現南北兩半球的突出情況並不相同，地球的突出並不以赤道為對稱直線，赤道南方的突出似乎比赤道北方多了 7.6 公尺，而更進一步的計算則

顯示出南極比北極更接近地心四十八公尺。

一九六一年，從先鋒一號、二號（一九五九年二月十七日發射）的軌道運行資料，可發現海平面上的赤道並非一個完美的圓，有些地方的直徑比其他地方長達四百二十七公尺（幾近半公里）。

報紙上曾描述地球像「梨子狀」，而赤道則像「雞蛋狀」。事實上，只有在相當精密的測量下才察覺得出它們與完美的平滑曲線有所不同，若從太空看地球沒有人會覺得它像個梨或雞蛋，畢竟地球看起來似乎仍是個完美的球。除此之外，對象地體的仔細研究，顯示出許多地區只是稍有突出或凹入，假若一定要戲劇性的描述地球，只好將它形容為「凸凹不平狀」了。

經由人造衛星直接拍攝地表的方法，科學家已經可以繪出誤差在一公尺之內的世界地圖。

飛機及輪船在過去大都以星座判斷位置，如今已可透過天空的導航衛星（navigation satellite）發射信號來加以判斷，因為微波可穿透雲霧，不受氣候影響，甚至潛水艇在海面下也可接收到。而且能準確計算出海上船艦的船攝和廚房間位置的差異。

測量地球質量 知道地球的大小及形狀便能計算出它的體積，約一兆多立方公里。但是計算地球的重量比較複雜，而牛頓的萬有引力定律則給了我們一些解決的途徑。根據牛頓的理論，宇宙中兩物體間的重力（gravitational force）可