

牛頓科學研習百科

地球



牛頓出版社

牛頓科學研習百科



發行人 / 高源清

總編輯 / 丁錫綱

特約編審委員 / 王執明・余貴坤・徐明同・陳民本
陳正宏・陳汝勤・楊昭男・盧善棟
顏滄波(依姓氏筆劃排列)

日文編輯 / 陳秀蓮・劉蕤昭・賴璽媚・徐世榮
宋碧華

科學編輯 / 張鳳蕙・李子玲・沈秀雀・陳育仁

執行編輯 / 邱寶貞・陳妙侶・鄧美貴

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20號1樓

電話 / 7059942・7061976・7061977・7062470

郵撥 / 0731188-1牛頓出版社

原作者 / 伊藤久雄

原出版者 / 株式會社 講談社

插畫 / 石原恒和・山崎典子

攝影 / 奧村和泰

製版印刷 / 中華彩色印刷股份有限公司

定價 / 新臺幣1100元

初版 / 1985年7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

■本書版權所有，翻印必究■

牛頓科學研習百科



• 特約編審委員(按姓氏筆劃排列) •

王執明(臺灣大學地質系教授兼主任)

余貴坤(中央大學地球物理系主任兼所長)

徐明同(臺灣海洋學院教授)

陳民本(臺灣大學海洋研究所教授)

陳正宏(臺灣大學地質系教授)

陳汝勤(臺灣大學海洋研究所教授)

楊昭男(臺灣大學地質系教授)

盧善棟(臺北工業專科學校教授)

顏滄波(中央大學地球物理系教授)

總審訂 • **丁錫鏞**

牛頓出版社

序言

科技文明的脚步不斷地向前邁進，而且已由漫步逐漸加速為快跑。以近日備受矚目的太空科技來說，自古以來，人類始終夢想著翱翔天際，但雖歷經了千百年的努力，在十九世紀之前，人類仍在地面行走，航空科技的進展幾乎為零。直到一九〇三年萊特兄弟完成第一次離地飛行的實驗之後，至今不過八十餘年，人類不僅已能藉著各種航空載具像鳥類一樣海闊天空、自由自在地飛翔，而且衝出了大氣層，踏上月球的寧靜海，以土星、木星為跳板，奔向太陽系外浩瀚無窮的宇宙深處。

然而，沒有一項劃時代的發明是偶然的，如果沒有紮實的科學知識為根基，所有的理論都是空想。沒有物理基礎力學，那來的流體力學，更不可能研製出飛機，航向太空的美夢又從何圓起？因此，儘管太空梭、電腦、雷射、機器人等應用科技喧囂一時，但如果不在基礎科學方面多下功夫，到頭來終究是黃粱一夢而已。

我國教育的隱憂之一，在於中學階段「考試領導教學」，國中生為高中聯考而疲於奔命，高中生為大學聯考而心力交瘁；大學時代則基礎科學不受重視，考入「冷門科系」者極多非其本意，對畢業後出路更是惶惶不安。所幸近年來教育當局已對這些缺失痛下針砭，陸續展開一連串革新行動，諸如：由師大科學教育中心改編中學教材、實施彈性化及多元化的新高中課程標準、開闢大學社會與科技學門之間的通識課程、修訂留學辦法等。國科會在訂定八大重點科技時，也不忘再三強調：絕不忽略基礎科學。

這些措施確是極為睿智的決策，因為基礎科學可以說是培養科學態度、鍛鍊科學精神、訓練推理思考最重要的工具。尤其身處科技發展日新月異的現代，若想迎頭趕上時代潮流，注重基礎科學教育已是必然的趨勢。

牛頓雜誌社有感於基礎科學教育的重要，自民國七十二年五月十五日「牛頓雜誌」創刊之後，不斷地以「推動大眾科技傳播、加強科學紮根教育、提升全民科技水準」自我鞭策，在全體編審委員、編譯委員及編輯工作同仁的合作之下，緊接著又推出「小牛頓雜誌」，並企劃製作「透視地球」、「探索能源」、「動物獵奇」、「人體的奧秘」、「航向太空」、「銀

河之旅』、『科技天地』、『大自然之美』、『科學的最前線』、『生物奇觀』、『星星·月亮·太陽』、『科學家列傳』等十二本「牛頓特集」與『基礎科學』專書。爲了達到相輔相成的效果，對應用性的尖端科技也不遺餘力地推廣，先後出版了『雷射光電』、『資訊電腦』、『機器人』等專輯。『臺灣科學之旅①——墾丁國家公園』則是「牛頓」關心大自然生態環境的另一個起步。

這一系列期刊及叢書的推出，已在國內蔚爲一股科學研習與科技傳播的風氣，如今面對我國科學教育此一重大的轉型期，牛頓雜誌社深受國人的殷切叮囑與期盼，遂再次動員了十九位編輯，花費了一年半的時間及鉅額經費，在八十餘位專家學者的協助之下，製作這套「牛頓科學研習百科」，因應社會大眾及莘莘學子的需求。

「牛頓科學研習百科」共有『物理』、『宇宙』、『人體』、『化學』、『地球』、『動物』、『生命』、『植物』八冊，各冊章節脈絡分明，內容儘量避免抽象化的符號，而代以輕鬆活潑的筆調、精美透晰的圖解。從生活周遭的實例著手，在科際整合的新穎觀念指引之下，介紹科學概念、原理及方法，探討各種科學與人類的關係，幫助讀者在心中建立起完整的科學知識體系，並受本書啓發式的誘導，進一步萌發研究的動機。例如「物理」一書中介紹慣性作用時，即以搭乘公車時乘客摔得人仰馬翻的慘狀來說明。相信凡是搭過公車的讀者，都會深深地體會出其中奧妙，進而研究出調整自己身體重心的對策，從此不再怕公車。

這不僅是一套圖文並茂的中學基礎科學研習教材，離開校門已久的社會人士也可以藉此溫故知新，對非理工背景的讀者更是一套十分理想的科學入門指導。此外，各冊書後都附有詳細的中、英、日對照索引，所以也是從事科學教育工作及科技行業的專業人員手邊不可或缺的工具書。

推行科學普及運動一直是「牛頓」的中心目標，願「牛頓」的每本佳作及每場科學活動都能成爲您立志做個「科技人」的助力，共同迎接二十一世紀新科技浪潮的來臨。

目錄

-
- 1 地球的形狀····· 7**
- 太陽系中的地球 / 8
 - 地球的形狀和大小 / 10
 - 地球的表面 / 20
 - 地球外圍的大氣 / 26
 - 地球的內部 / 28
 - 地球上的各種作用力 / 34
- 2 地球的形成····· 36**
- 地球的誕生 / 36
 - 大氣與海洋的起源 / 40
 - 生命的起源和演化 / 42
 - 地球的年代 / 46
 - 地球的歷史 / 50
- 3 地球的構成物質····· 60**
- 構成地殼的岩石 / 60
 - 由岩漿凝固而成的岩石 / 68
 - 沈積形成的岩石 / 74
 - 在地下變化而成的岩石 / 84
 - 組成岩石的礦物(造岩礦物) / 88
- 4 地球的表面和內部的變化··· 98**
- 風化作用和土壤 / 98
 - 沙漠 / 100
 - 河川的作用 / 102
 - 湖泊與沼澤 / 108
 - 冰河與冰山 / 112
 - 地下水和溫泉 / 114
 - 火山的活動 / 118
 - 地震 / 126
 - 山脈的成因 / 128
 - 大陸漂移說 / 132
- 5 海洋的探究····· 138**
- 海底之謎 / 138
 - 海水的性質 / 146
 - 海水的流動 / 150
 - 海岸的地形 / 156
- 6 地球與人類····· 162**
- 對地球的探險與調查 / 162
 - 地下資源的開發 / 170
 - 自然與環境 / 174

有人認為地球非常大，若一天步行五十公里，則繞行赤道一週大約需要八百天，也就是二年又二個月以上。假定出發時是國中一年級，走完全程時大概已經是三年級了。這麼說來，地球的確相當大。

相反地，也有人認為地球非常小：如果把太陽當做運動會上直徑一公尺左右的滾球，則地球便是直徑不到一公分的玻璃彈珠。如此看來，地球確實很小。

對整個浩瀚宇宙而言，地球是相當渺小的一點，但對生活於其上的人類來說，地球卻是個不算小的星體。若欲循科學方法來探知地球的形狀，該從何處着手呢？首先，我們要知道地球是位於浩瀚宇宙中的何處？位於銀河系的那一點？確定地球在太陽系中的位置後，再觀測地球的運動及其表面或內部所發生的各種現象，同時，更進一步地運用顯微鏡詳細觀察岩石和礦物。

月球上所見的地球



太陽系中的地球

地球的夥伴 地球是太陽系中的一分子，太陽系的中心為發光的恆星——太陽，而太陽四周的行星依序為水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星等九大行星。火星和木星之間有數萬個小行星，而九大行星的周圍共分布了四十四顆衛星。除此之外，繞著橢圓軌道行進的彗星和分布於行星間的大量塵粒及氣體也都是地球的夥伴。

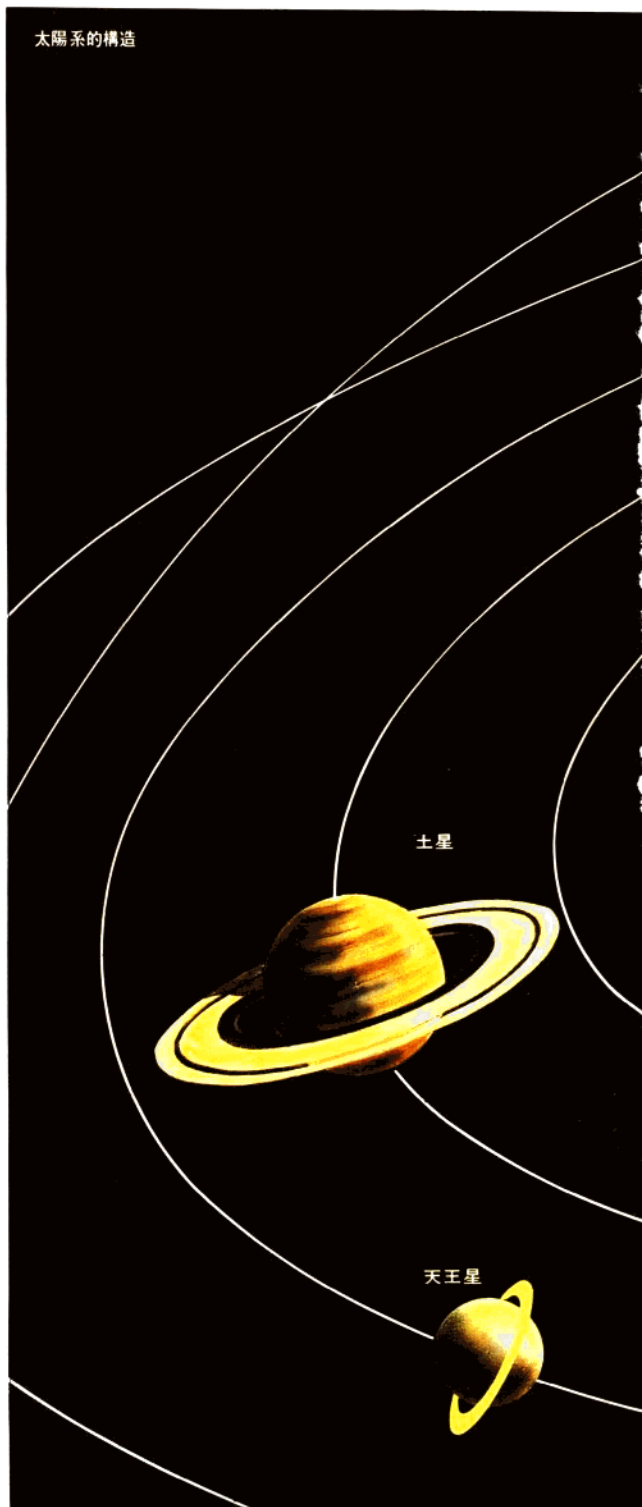
地球和其他的行星 地球和太陽系中其他行星有何異同呢？這一點我們可由行星特徵的比較而得知。在九大行星中，較接近太陽的四顆行星是小型行星，其餘的四顆則是大型行星（冥王星除外，因為它距離我們太過遙遠，所以我們對它還不甚了解）。另外一種分法，是將水星、金星、火星和小行星等構造與地球類似的星體，稱為地球型行星（terrestrial planets，類地行星），當然也包括地球本身在內。土星、天王星及海王星有類似木星的構造，所以連木星在內稱為木星型行星（Jovian planets）。在這個分法裏，構造尚不明確的冥王星仍然無法歸類。

地球是小型行星中最大的行星，密度也最大，每立方公分約為5.5克。水的密度每立方公分為一克，岩石為三克，由此可知，地球是由比重相當大的物質所構成。雖然很多行星上都有大氣，但是卻找不出像地球一樣，在地表上有那麼多水的行星，因此，地球又被稱為水行星。有水與否，可說是地球和其他行星之間最大的不同，而更重要的是，水能調節氣候。

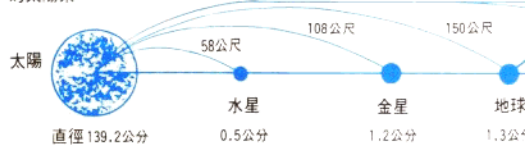
由於水有調節氣候的重要功能，而月球上並沒有水與大氣，所以晝夜溫差很大。在向陽面，溫度高達攝氏一百一十度，反之，背陽的一面則為攝氏零下一百五十度。經由人造衛星的觀測得知，地球之外的其他行星表面有許多坑洞地形及大岩塊，這是因為這些行星上沒有水所引起的侵蝕和堆積作用的結果。再者，地球與其他行星的最大不同點，是地球上存在著賴水維生的各類生物。

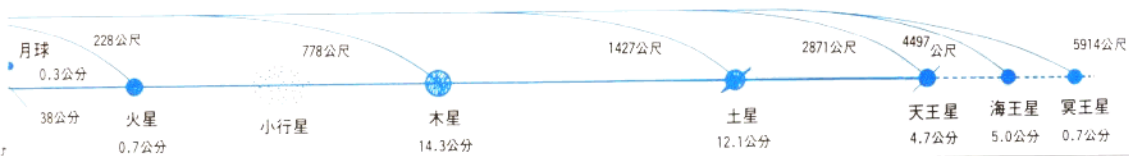
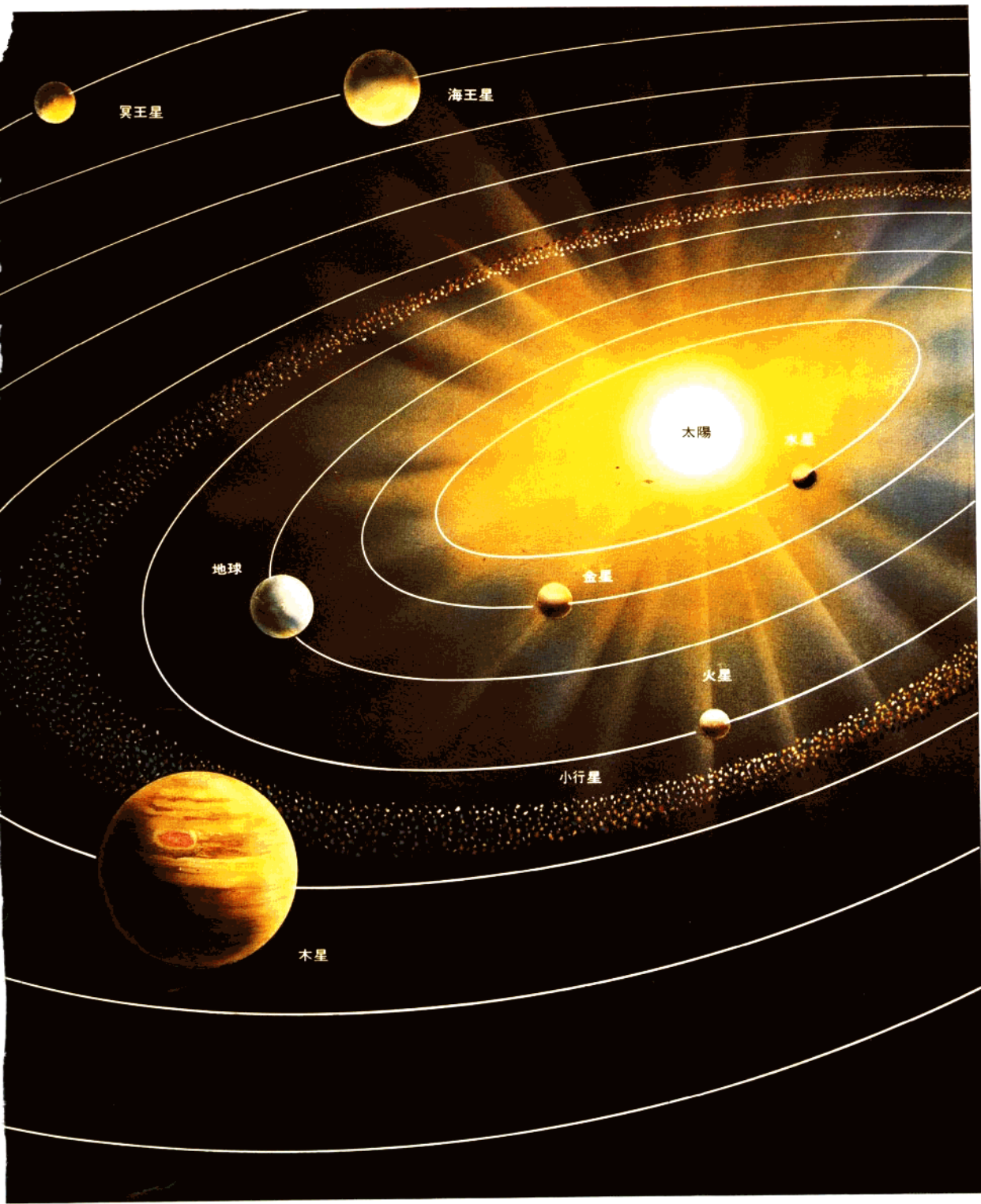
多年以前，地球上的人們透過望遠鏡的觀測，認為火星上有運河的痕跡，因而懷疑那兒也有生物存在。雖然後來證明並非屬實，但是火星上有四季的變化卻與地球相近。

地球的位置 太陽系所包含的空間極其浩瀚，要詳細了解其型態頗為不易，因此，我們將其依比例縮小為十億分之一，如右下圖，您不妨仔細觀察地球在太陽系中的位置，並將它和其他行星的大小做一番比較。



十億分之一的太陽系





地球的形狀和大小

古代人的地球觀

原始人和地球 在製造石器、以狩獵為生的原始時代裡，人們每日忙於求生存，活動的範圍也小，或許未曾對地球的大小或形狀感到好奇。後來，人類有了田園，懂得飼養被馴服的野生動物，才漸漸地進入文明時代。到了數千年前，人類擴大了自然的觀察領域，注意到了美麗的星空、月球規則的圓缺變化，以及季節的變遷等。然而，這些僅是為了農業上的需要，至於對地球本身或宇宙情形的了解，則仍停留在幼稚的階段。這就如同人在兒童時期對事物均採自我為中心的看法是一樣的，原始人類也是以他們聚居的村落或族群為中心來觀看世界。

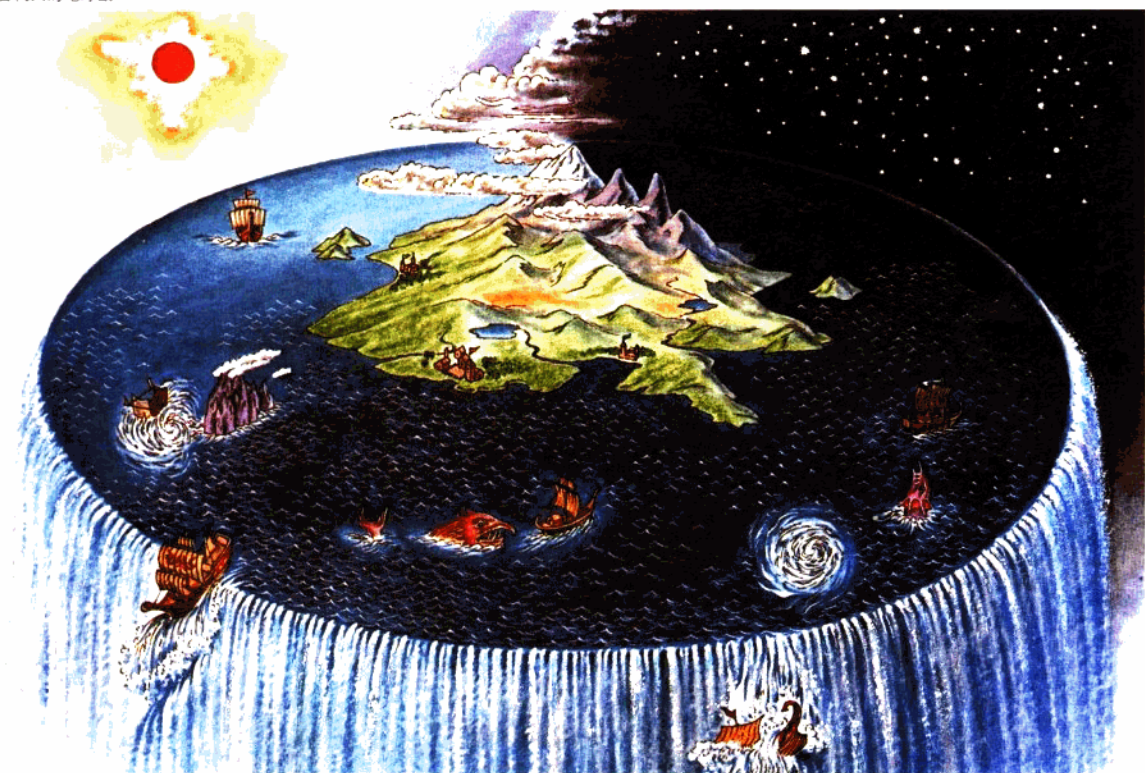
文明發源地的人們之地球觀 居住在美索布達米亞(Mesopotamia)平原的巴比倫人、尼羅河畔的埃及人，以及古代的印度人，文明開創較早，對地球的看法也受到土地的影響。他們認為，大地——地球形狀就如平坦的圓盤，周圍被海包圍，而海的彼端即為地球的盡頭。在西元前一千年左右，中國的周代曾出現所謂的蓋天說。此說曾提及，天如同一把覆蓋著地球的傘，而地球就如同一只倒置於天底

下的鍋子，天和地的中央皆隆起，周圍則微微低垂；地的中心為北極，天的中心則為北極星。由此可見當時確有些聰明的學者認為地球呈半球形。

文藝復興時代以前人們的地球觀 在西元前三百五十年左右，亞里斯多德(Aristoteles，西元前384~322)證實了地球為球形，這種觀念一直延續到二世紀的托勒密(Klaudios Ptolemaios)時代。然而，往後歐洲的科學就如炭火熄止般地沈寂下來，人們對地球的想法也跟著改變，誤以為地球不是圓的，文明蕭條期於是持續了一千年之久。直到十三至十六世紀，進入文藝復興時代以後，人類才漸漸懂得以較合乎科學的方法來證實地球為圓形的說法，而哥倫布(Christopher Columbus，1451?~1506)和麥哲倫(Ferdinand Magellan，1480~1521)的世界探險便是其中的實例。

正確的地球形狀 經過仔細的觀察與計畫，科學家們發現地球的赤道部分有稍微突出的現象，形狀近似旋轉的橢圓體。事實上，地球赤道方向的半徑和自轉軸方向半徑的差異並不大，大約是地球半徑的三百九十八分之一而已；若是將地球加以比例縮小之時，這個原本並不太大的差異便往往被忽視，這就是我們常看到正球形地球儀的理由。

古代人的地球觀



埃及人的地球觀

埃及人認為大地呈長盤形，周邊高起，中央低凹的部分即是他們居住的地方。大地漂浮在名為努恩(Nun)的無底海之上，尼羅河的水便是源自這個海。此外，他們也認為星星垂掛在如天花板的天空中，而天則由大地四周的高山支撐著，天和地連接在一起。太陽從東方的努恩升起，朝西方前進，到了晚上則經過努恩中央，翌日再出現於東方。



埃及人的地球觀

巴比倫人的地球觀

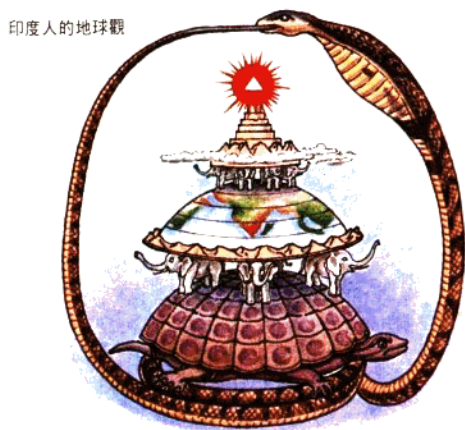
巴比倫人對地球所抱持的想法和埃及人稍有不同，他們認為地是圓的，並且被大海所包圍。大地中央有高山聳立，而且有很多河川朝四方的海流去。海的邊緣有陡峭綿延的高山圍繞，這些山支撐著天。天呈圓頂狀，星星鑲嵌在天空中。太陽由周圍山脈中隧道的東口升起，經過天空後，到了黃昏，便進入隧道的西口，夜裡太陽則通過隧道，翌日黎明再由東口升起。



巴比倫人的地球觀

印度人的地球觀

古代印度人對於地球和宇宙也有各種不同的想法。他們認為人們居住的陸地和山岳是由好幾千隻大象支撐著，另外尚有更巨大的象支撐著包括大海在內的半球狀大地，而象一動起來即會引發地震。支撐這些大象的是一隻由昆濕奴神(Vishnu)幻化而成的大龜，大龜跨在眼鏡蛇上，眼鏡蛇包圍著天地和星星並且支配著它們，同時，眼鏡蛇也是海、河川、雨水等的象徵。



中世紀科索馬斯的地球觀

中世紀科索馬斯的地球觀

歐洲中世紀時，人們對地球的想法必須完全符合聖經上的記載。在這個時代中，最具代表性的觀念來自於六世紀的埃及牧師科索馬斯(Cosmas)。他在著作「基督教地誌」(Christian Topography)中強烈地反對地球為圓形的說法，而認為平坦的大地被一狀似圓頂帳篷的天空所覆蓋；大地中央有大山，當太陽躲在山背後時，即為夜晚。同時，又有名為奧克亞諾斯(Okeanos)的大海圍住大地，大地的東端則有伊甸園。





月蝕：亞里斯多德由月蝕時月球上的影子為圓形而認為地球為球形。

地球為圓形

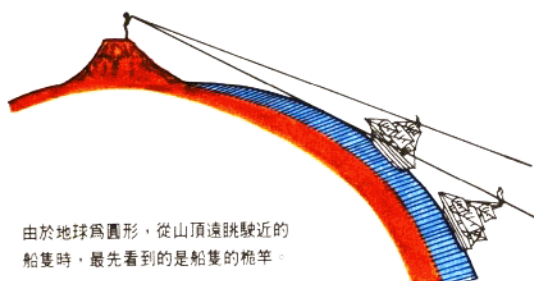
古代的東方雖是文明的發源地，但是卻沒有出現著名科學家，這大概是科學還不够發達的關係。而隨著愛琴海的希臘則出現第一位從事科學研究的學者，此人就是曾預言日蝕的泰利斯(Thales，西元前624~545)。泰利斯認為水是宇宙萬物的本源。繼泰利斯之後尚有幾位留名於世的科學家，他們是亞諾芝曼尼斯(Anaximenes，西元前585~525)、希拉克利圖斯(Herakleitos，西元前540~475)和亞諾芝曼德洛斯(Anaximandros，西元前610~546)。

地球球體說的出現，第一位認為地球可能是球形的人，是以勾股弦定理而聞名於世的畢達哥拉斯(Pythagoras，

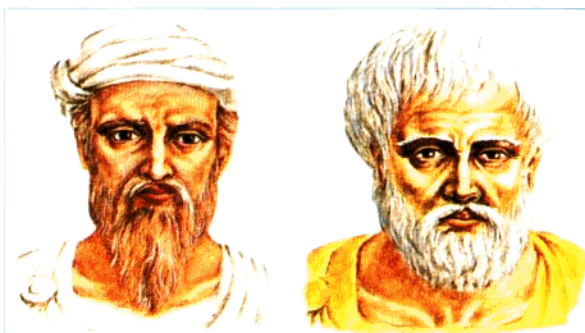
西元前582~497)。畢達哥拉斯並沒有充分的證據證明地球為球形，球形的想法僅是他由「球是宇宙中最完整的東西」的哲學思想中所發展出來的。而第一個以科學方法來證明地球為球形者則是亞里斯多德。因為月蝕時，月球表面的影子呈圓形，所以他認為地球是球形的。阿基米德(Archimedes，西元前287~212)是在亞里斯多德之後一百多年才出現的希臘學者。他認為地球呈球形，海水是這個大球面的一部分。但是，利用物理方法為此一主張尋求證據者，卻是二千年之後，亦即一八八一年時的杜霍。杜霍利用瑞士湖泊的水面做實驗，詳加觀測之後得到了證明。

被譽為希臘最後一位科學家的托勒密，活躍於西元一百五十年左右。他旅行到尼羅河上游的亞力山卓(Alexandria

觀察船隻駛近時的情形



由於地球為圓形，從山頂遠眺駛近的船隻時，最先看到的是船隻的桅竿。



畢達哥拉斯(582~497B.C.)

亞里斯多德(384~322B.C.)



從阿波羅九號俯瞰地球。圖示者為直布羅陀附近的地表，看得出地球呈球形。

),在天文和地理方面留下了偉大的成就。其中他所著的『天論』(Almagest)乃是一部把希臘時代的天文學加以統一、編纂的偉大著作,主張:

1 太陽和月球出沒的時刻以愈近東方者愈早,愈接近西方者則愈晚

2 由山頂眺望航近陸地的船隻,首先見到的是船的桅竿

3 愈往北前進,北極星愈高

托勒密根據以上的理由主張地球為球形。

進入黑暗時代 歐洲的中世紀因為科學不發達,甚至比希臘時代更落後,所以有黑暗時代之稱。造成這種情形的原因,是在這個時代,人們認為聖經上所寫的事物是絕對正確的;對自然的看法也不例外,因而有「地球是平坦」的

觀念,這段科學停頓的黑暗時代於是持續了一千年之久。

後來,文明的春天——文藝復興運動終於來到,並為科學領域帶來了生機。但是,復甦本非易事,為了它,人們勢必要付出一些代價。其中,為支持哥白尼(Nicolaus Copernicus, 1473~1543)地動說而遭受酷刑的布魯諾(Giordano Bruno, 1548~1600),以及接受宗教審判的伽利略(Galileo Galilei, 1564~1642)等人所受的痛苦皆是衆所周知,令人難以忘懷。

亞里斯多德的地球球體說、哥倫布的大航海、維斯浦奇(Amerigo Vespucci, 1451~1512)因相信托勒密說而進行的航海探險,以及麥哲倫的世界一週都是為了證明地球為球形而做的壯舉。



阿基米德(287~212 B.C.)



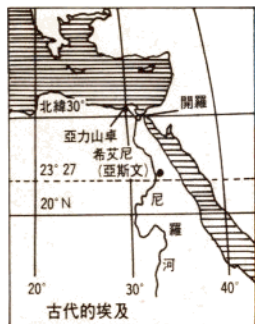
托勒密(150)



哥倫布(1451~1506)



麥哲倫(1480~1521)



在撒哈拉沙漠中旅行的駱駝商隊

測量地球的大小

艾拉特帝尼斯的方法 希臘人艾拉特帝尼斯(Eratosthenes, 西元前276~196)認為地球呈球形,為此得以成為第一位以科學方法測定地球大小的人;那是西元前二百二十年左右的事,大約和阿基米德同一時代。艾拉特帝尼斯出生於非洲面臨地中海的非洲散林(Cyrene),並且在尼羅河口最繁榮的亞力山卓學習地理學和天文學。當時由亞力山卓沿尼羅河而上的南岸有希艾尼(Syene),也就是現在亞斯文高壩(Aswan High Dam)所在的都市。這座都市有一口深井,每年到了夏至,陽光就會照進這口井的井底。也就是說,每年的六月二十二日左右,太陽會經過希艾尼的正上空,這是因為希艾尼正好位於北回歸線上的緣故,而艾拉特帝尼斯首先留意到了這點。從希艾尼到亞力山卓之間的距離約九百二十公里,因為兩城之間自古即為文明

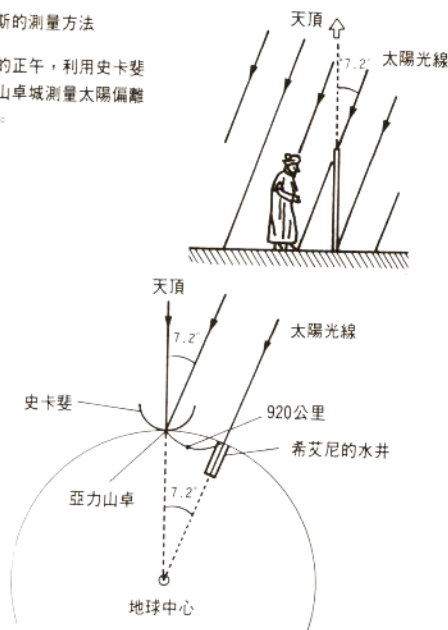
繁榮之地,也是駱駝商隊的主要通道,所以由走路的步數或旅行的日數即可推算出二城之間的距離。

其實艾拉特帝尼斯所做的測量頗為簡易,換句話說,只要在夏至當天的正午於亞力山卓測量太陽偏離天頂的角度,便可測知太陽的位置是自天頂朝南方傾斜了7.2度。艾拉特帝尼斯使用的測量儀器是一種被稱為史卡斐的日晷。這種日晷在其中空的半球中心部位有一根相當於半徑長的日晷指針(gnomon),半球內部則有呈同心圓狀從零至九十度角的刻度。如果讓日晷保持水平,中央的棒子即呈垂直,而映照在半球內的指針影子所顯示的就是天頂上太陽的角度,此角度為7.2度,這個角度也就是亞力山卓、希艾尼和地球中心三點所構成的角度。7.2度的五十倍正好是三百六十度,所以亞力山卓和希艾尼之間距離的五十倍也就是地球圓周的長度。

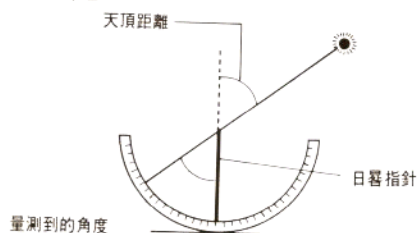
由此換算而得的圓周長為四萬六千公里,這個數值和現

艾拉特帝尼斯的測量方法

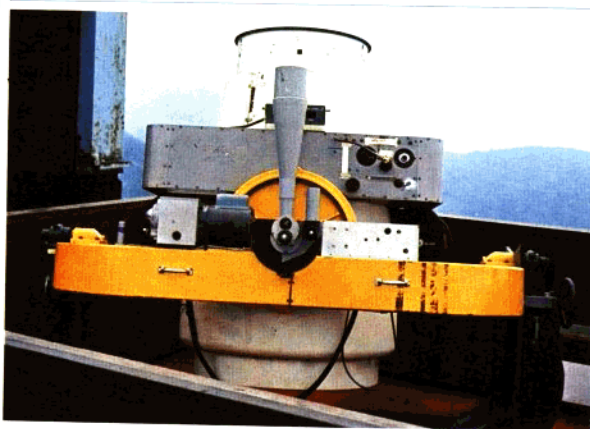
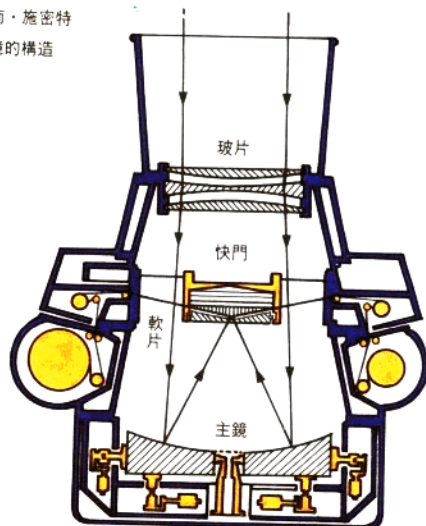
在夏至當天的正午，利用史卡斐儀器於亞力山卓城測量太陽偏離天頂的角度。



史卡斐的觀測原理



貝克南·施密特望遠鏡的構造



貝克南·施密特望遠鏡
月球雷射測距裝置

在所測知的地球圓周四萬公里比較起來，只差了百分之十五左右。差距產生的原因，是古時測量二地間距離的方法不如現代精確。再者，希艾尼的位置並非在亞力山卓正南方，而是在正南方偏東約三度四分的地方。儘管如此，在二千多年以前，當大多數人尚不知地球是否為球形的時代，能有如此的成績已經是非常難能可貴了，難怪艾拉特帝尼斯被尊稱為測地學之祖。

測量地球的新方法 自艾拉特帝尼斯之後一直到十八世紀，人們未曾再做地球大小測量的嘗試。十八世紀時，人們學會利用三角測量法進行精密的測定，其原理和艾拉特帝尼斯使用的方法相仿。近來人們測定地球大小乃是以飛行於天空的人造衛星為三角點之一，利用貝克南·施密特望遠鏡(Baker-Nunn Schmidt Telescope)進行追蹤，並且以雷射光做精密的測量。根據多種精密的測量，地球的赤道半徑為6378.16公里。

