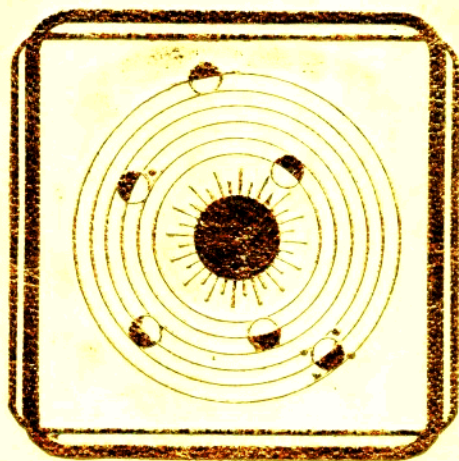


牛頓科學研習百科

宇宙



牛頓出版社

牛頓科學研習百科



發行人 / 高源清

總編輯 / 丁錫鏞

特約編審委員 / 任立渝・吳心恆・鄒志剛・劉復誠

蔡章獻・蔡清彥・盧世斌

(依姓氏筆劃排列)

日文編輯 / 陳秀蓮・劉蔭昭・賴璽媚・徐世榮

科學編輯 / 李子玲・沈秀雀・張凰蕙

執行編輯 / 邱寶貞・陳妙侶

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 / 高瀬文志郎・関口直甫・田鍋浩義

西惠三・平瀬志富・安井春雄

原出版者 / 株式會社 講談社

插畫 / 石原恒和・山崎典子

攝影 / 奥村和泰

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5月25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) •

任立渝(中央氣象局預報中心副主任)

吳心恆(中央大學物理系教授)

鄒志剛(中央大學物理與天文研究所教授)

劉復誠(中央氣象局預報課課長)

蔡章獻(臺北市立天文臺臺長)

蔡清彥(臺灣大學大氣科學系教授)

盧世斌(臺中明道中學天文館館長)

總審訂 • 丁錫鏞

● 序言

科技文明腳步不斷地向前邁進，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，以上星、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，到頭來終究是黃梁一夢而已。

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」——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，在科學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

宇宙篇

- 1 宇宙的形態..... 8
 - 宇宙與各種天體 / 8
 - 宇宙觀的沿革 / 12
- 2 太陽..... 20
 - 太陽的形態和大小 / 20
 - 太陽的光 / 22
 - 太陽的表面 / 24
 - 太陽內部及其能量 / 30
- 3 地球..... 32
 - 地球的形態 / 32
 - 地球的大小和重量 / 34
 - 緯度、經度和自轉 / 36
 - 公轉 / 38
 - 太陽和星座的移動 / 40
 - 太陽的運轉和季節 / 42
- 4 月球..... 44
 - 表面的地形 / 44
 - 地球與月球的距離和月球的大小 / 46
 - 月球的運動 / 48
 - 潮汐 / 50
 - 日蝕和月蝕 / 52
 - 利用月球探測船研究月球 / 54
- 5 太陽系..... 56
 - 太陽系的形態 / 56
 - 行星的運動 / 58
 - 內行星、外行星 / 60
 - 太陽系的起源和進化 / 62
 - 水星 / 64
 - 金星 / 66
 - 火星 / 68
 - 小行星 / 70
 - 木星 / 72
 - 土星 / 74
 - 天王星、海王星與冥王星 / 76
 - 彗星 / 78
 - 流星和隕石 / 80
 - 黃道光 and 對日照 / 83
 - 太陽光 / 84

6 星球和宇宙..... 86

- 星球的亮度與距離 / 86
- 星球的顏色、溫度和直徑 / 90
- 各式各樣的恆星 / 92
- 星球的一生 / 96
- 星團、星雲 / 98
- 星球的運動 / 100
- 銀河和銀河系 / 102
- 銀河系外的世界 / 104
- 宇宙的膨脹與進化 / 106

7 季節和星座..... 108

- 星座 / 108
- 星座因季節而轉移 / 110
- 春天的主要星座 / 113
- 夏天的主要星座 / 115
- 秋天的主要星座 / 117
- 冬天的主要星座 / 119
- 南天的星空 / 120

8 時間與曆法..... 122

- 決定時間的方法 / 122
- 根據天文觀測決定的時間 / 123
- 日曆 / 124
- 日晷儀 / 126

9 天體的觀測.....128

- 觀測天體的方法 / 128
- 天體望遠鏡 / 130
- 折射望遠鏡 / 132
- 反射望遠鏡 / 134
- 施密特望遠鏡(施密特相機) / 136
- 電波望遠鏡 / 138
- 世界的天文臺 / 140
- 行星儀 / 148
- 地球大氣層外的觀測 / 150

氣象篇

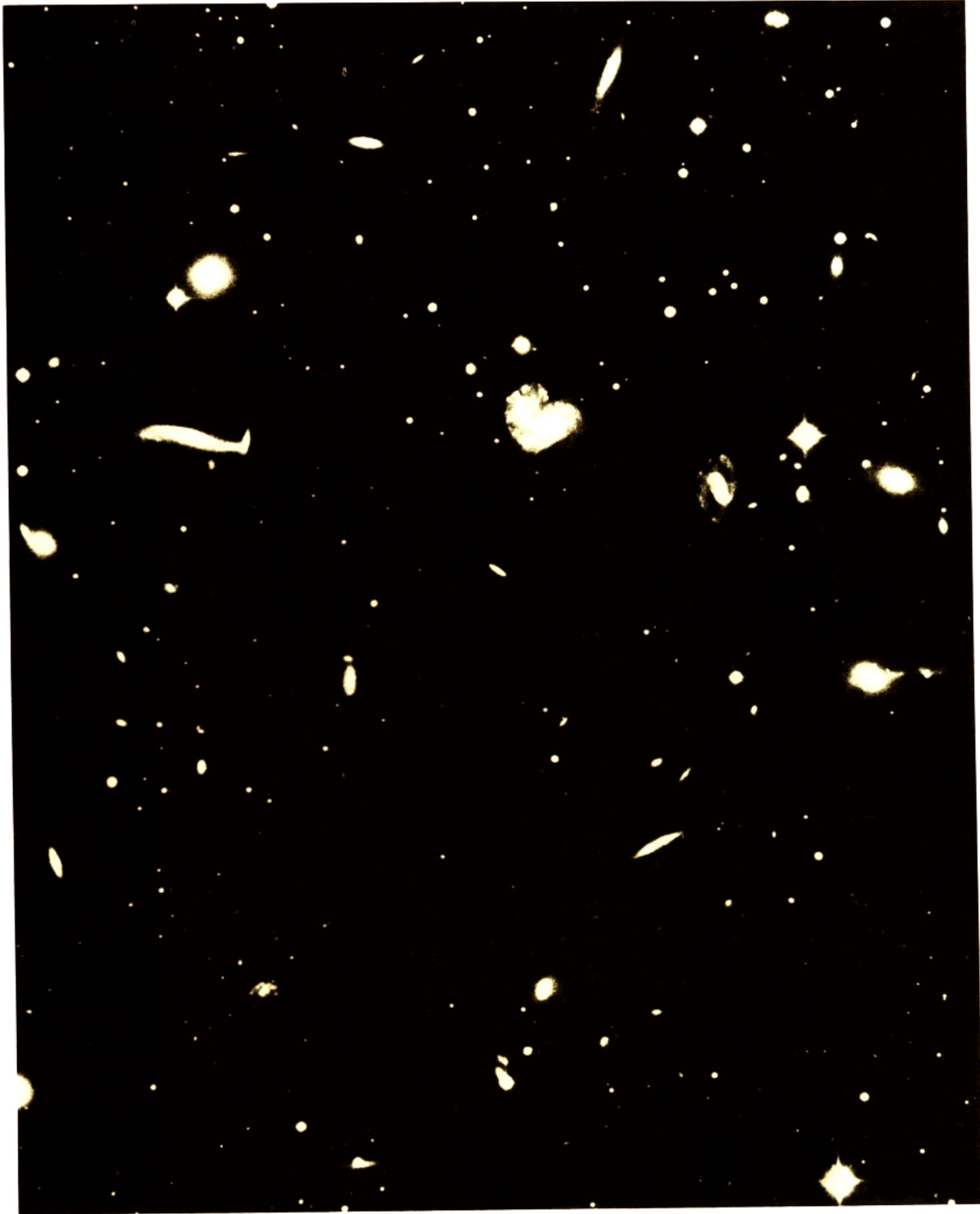
1 環繞地球的大氣..... 152

- 大氣 / 152
- 各種形態的風 / 157
- 大氣的溫度 / 159
- 大氣中的水汽 / 162

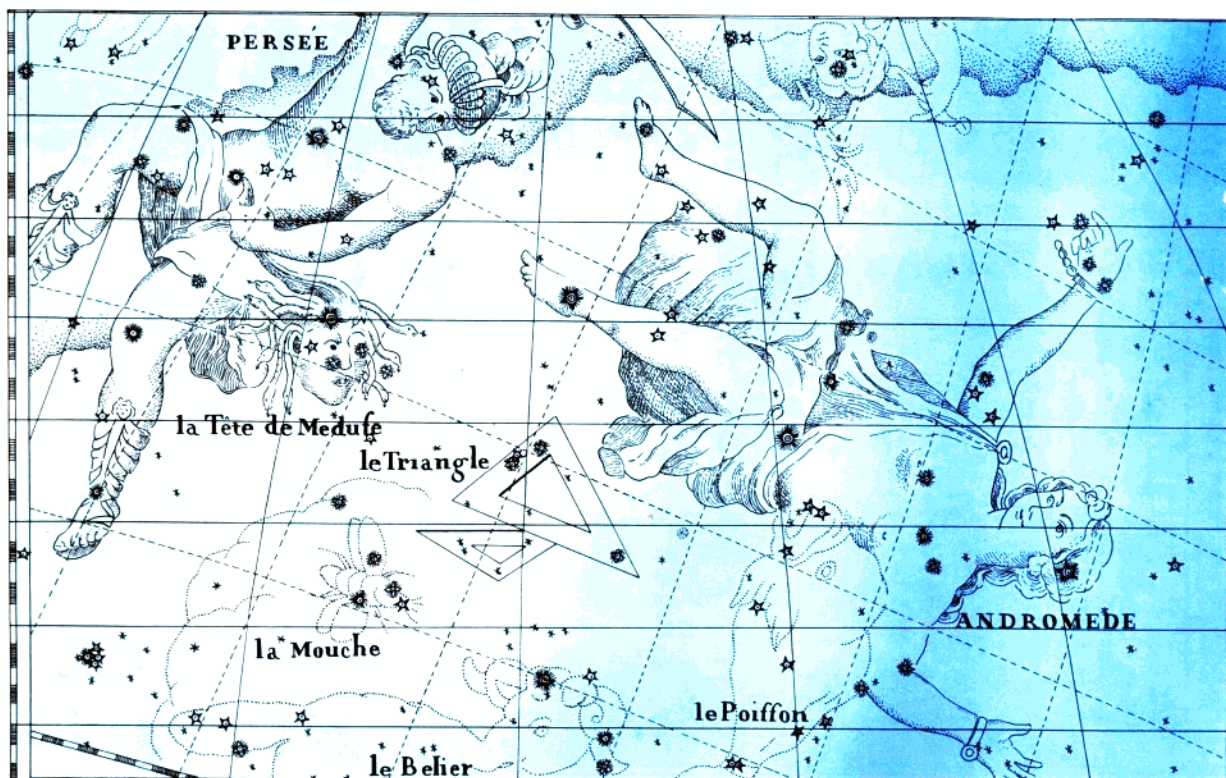
2 氣象觀測和天氣預報..... 164

- 氣象觀測 / 164
- 天氣預報 / 168
- 颱風 / 174

宇宙篇



武仙座銀河團。位於距離數億光年之遙遠宇宙空間中的形形色色銀河團。



演出一幕希臘神話故事的主角仙女座、英仙座、三角座附近。(取自弗拉姆斯迪天球圖)

宇宙與各種天體

何謂宇宙

根據中國古書的說法，「四方上下謂之宇，古往今來謂之宙」，換言之，宇宙是指整個空間與時間的範圍而言。

天文學上所謂的宇宙，是指所有天體範圍內的時間與空間而言，而太空開發、太空漫步中所謂的太空，則是指能够利用人造衛星接近或來回的地球大氣層外之空間，這個空間僅是宇宙中極小的一部分。

宇宙的範圍

根據大型望遠鏡的觀測，目前我們所知道最遠的天體距離地球大約在一百億光年以上(一光年約十兆公里)。也就是說，在距離我們這個銀河系一百億光年以上那麼遙遠的地方，尚有無數天體存在，因此，宇宙的範圍至少有一百

億光年以上。此外，由於宇宙的空間會隨著時間而脹大，如果我們將宇宙自膨脹以來的年數當做是宇宙的年齡，則宇宙的年齡約為一百億年，而這就是宇宙空間與時間範圍的具體數值。

宇宙的直接構成要素是銀河與充斥其間的稀薄銀河間物質，各銀河又是多數恆星與星際物質的集合體，而恆星之中亦不乏像太陽那樣擁有行星、行星之衛星等體系者。以各種不同的方法測得星球及銀河內的各個相關距離，便能讓人了解太陽系、銀河系、宇宙的大小及宇宙中的星球分佈真相。

地球的直徑大約是一萬三千公里，若與宇宙的範圍一百億光年比較起來，實在是微乎其微。人類出現在地球上的時間大約在五十萬年前，如果把宇宙的年齡一百億年當做一年計算，那麼，人類就是在那一年的十二月三十一日晚間十一時三十五分才出生。

宇宙舞台上的演員

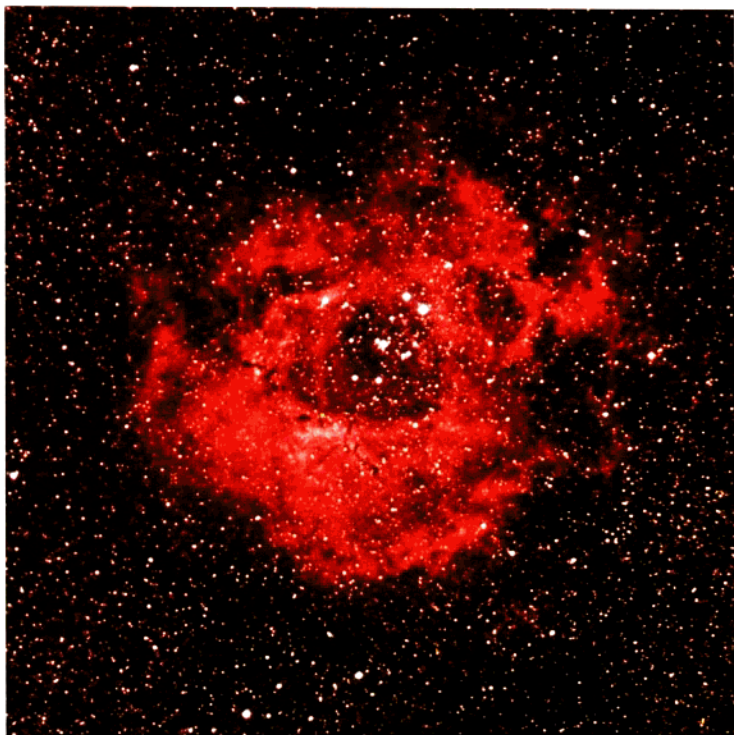
古時候的人們把夜空中所見的一些較明亮星星連成星座，按其大致的形狀予以命名為獵戶座(Orion)、大熊座(Ursa Major)、天蠍座(Scorpius)，或是將部分星座想像成神話故事中的人物，賦予仙女座(Andromeda)、仙后座(Cassiopeia)、英仙座(Perseus)等名稱，於是這些「明星」便在廣闊而璀璨的宇宙舞臺上，演出一幕幕浪漫、淒美的神話與戲劇。

現代天文學家對星球的想像帶有較濃厚的科學色彩，不過，當他們在觀測星體，以及探知這些星體在宇宙的大舞臺上所演出的創造與進化的劇情時，所抱持的一股熱情和古時候的人們並無二致。

夜空舞台上的主角是美麗耀眼的恆星群，然而，只有幾個主角憑空唱獨角戲並不能構成一齣完整的戲劇，必須加上配角及布景的襯托，方能使整齣戲變得多姿多采。此處所謂的配角是指行星、能够放射微弱光芒的衆多較平凡的星星，以及在舞台上一晃即逝的新星(nova)與超新星(supernova)。所謂的布景則是指星際物質、白矮星，以及肉眼無法看見的脈動電波星(pulsar)、X光線星體、黑洞等。目前，科學家們已經了解恆星是由塊狀的星際物質凝結而成，而星球的壽命將結束時，會變成新星與超新星；至於脈動電波星、黑洞則是新星及超新星的最後形態。

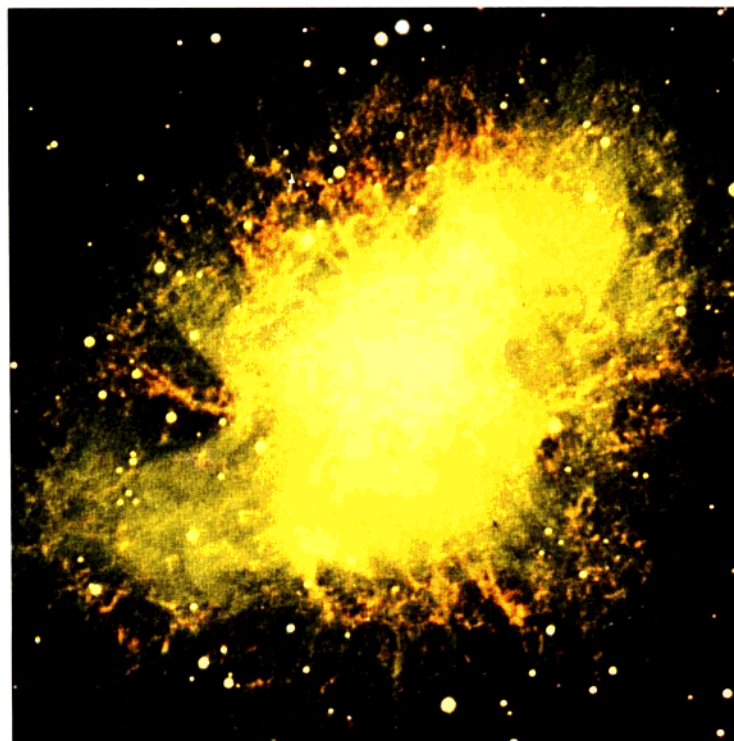
在X光線星體方面，自從一九六二年科學家首度發現恆星世界中有發放X光線的星體，爾後又藉著X光線觀測專用人造衛星的發射，逐漸了解到目前的X光線星體共有約二百顆。

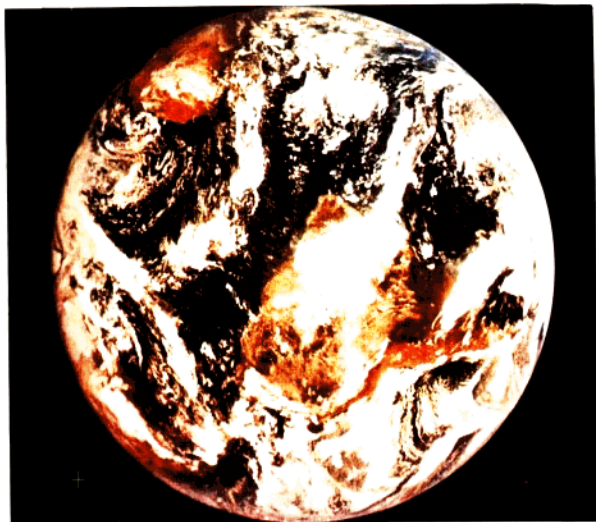
電影或戲劇的精彩除了在於劇情的發展及趣味性外，最重要的當然是演員、道具及故事的背景。同樣地，宇宙的舞臺上也有無數閃爍的星球，以及星際物質所形成的星團、星雲、銀河與銀河團等，極富變化之美。如果利用望遠鏡來觀測這些星體，將是美不勝收，令人百看不厭。



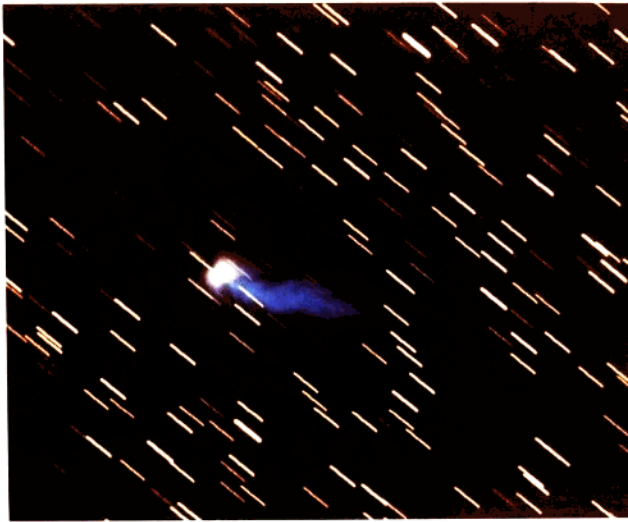
薔薇星雲。如果把它當做一朵薔薇，則散於花瓣左下方的黑色裂縫般物質即可稱為「星之孢子」。據推測，這種孢子會逐漸變成原始星。

蟹狀星雲。在一〇五四年超新星出現的位置可以看到這種氣體星雲。它的中心部分有脈動電波星，可能是星球結束生命後的形態。





地球也是天體之一



哈瑪遜彗星

各式各樣的天體

天體的種類 提到天體，我們通常會想到夜空中閃爍的星星、星雲、銀河、太陽和月亮等。這些都是會自行放射或反射光芒，可以用肉眼或望遠鏡看到的天體。此外還有由氣體與塵埃所形成而無法直接以肉眼觀測的天體、無法發射光芒卻只能以電波或X光線觀測的天體，以及觀測不到而只能間接了解其形態的變種星體如黑洞等。

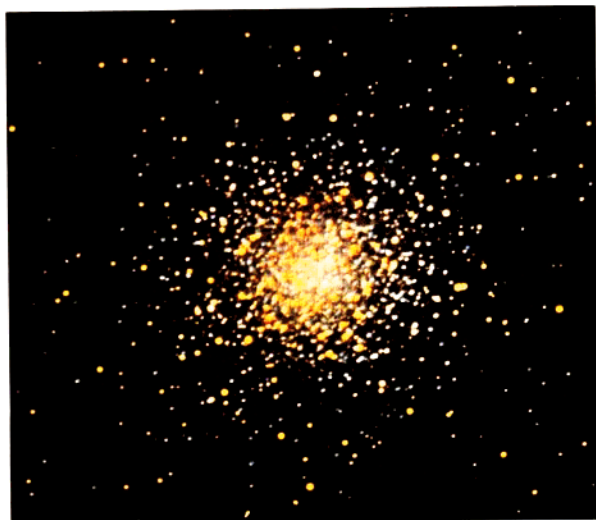
太陽系的天體 對人類及地球上的一切生物而言，宇宙間最不可或缺的天體就是太陽。環繞太陽運轉的天體即是行星，包括了水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星等九大行星及無數的小行星，而環繞在這些行星周圍的天體就是衛星，例如月亮是地球的衛

星。太陽系中除了如上的天體外，尚有許多特殊形態的彗星，以及肉眼看不到的團狀氣體與塵埃環繞在太陽四周。這些特殊形態的天體有時候會接近地球，被地球的吸引力所吸引，變成在空氣中散發光芒的流星。流星如果沒有燃盡即落到地球上，就成了所謂的隕石。

隕石 有石質隕石(stony meteorite)、鐵質隕石(iron meteorite) 和石鐵隕石(hemiron meteorite) 三種。石質隕石由橄欖岩及輝石，鐵質隕石由鐵及鎳等組成，石鐵隕石則由鐵鎳合金及岩石各半混合而成。橄欖岩一旦部分熔解，就形成類似構成地殼之玄武岩及安山岩(andesite)，因此，人們均認為地殼是因為構成地函上部的岩石部分熔解而形成。

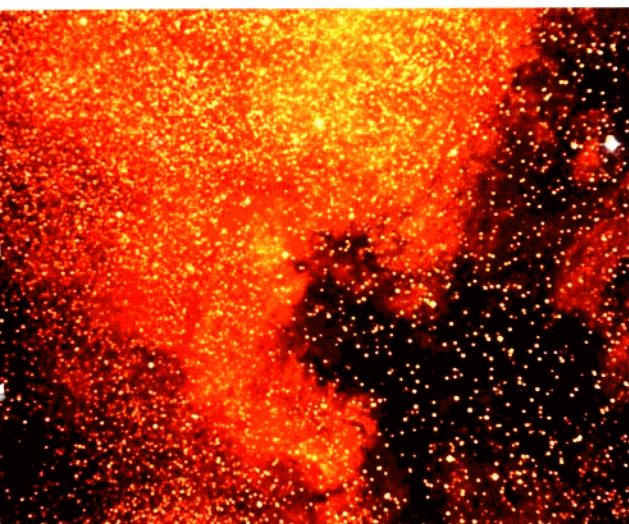
恆星 在太陽系中，只有太陽會自行放射出光芒，其他

武仙座球狀星團

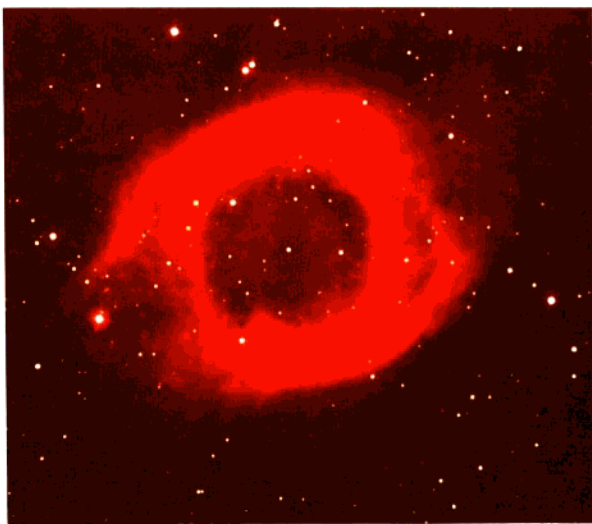


昴宿星團





北美星雲



寶瓶座行星狀星雲

的行星、衛星與彗星都是藉著反射太陽的光來發光。自己會放射光芒的天體稱為恆星。所有的恆星都像太陽般既大且亮。但是，我們肉眼所看到的恆星都像是微弱的小光點，這是因為恆星距離地球非常遙遠之故。從大小、重量的實質觀點，以及所放出能量的多寡來看，恆星確是構成宇宙的重要天體。與恆星比較起來，行星以下的其他天體只不過是微不足道的附屬天體罷了。

由於恆星的位置及亮度經常保持不變，故被稱為「恆星」。恆星雖不似其他星球般易於改變位置及亮度，但是，經過長久的歲月之後，恆星依然有改變位置的可能。不但如此，恆星之中尚有會改變亮度的變光星(variable star)。

星團、星雲與銀河 恆星的集團稱為星團，能以肉眼分辨出的恆星團只有距離地球較近的昴宿星團(Pleiades)與

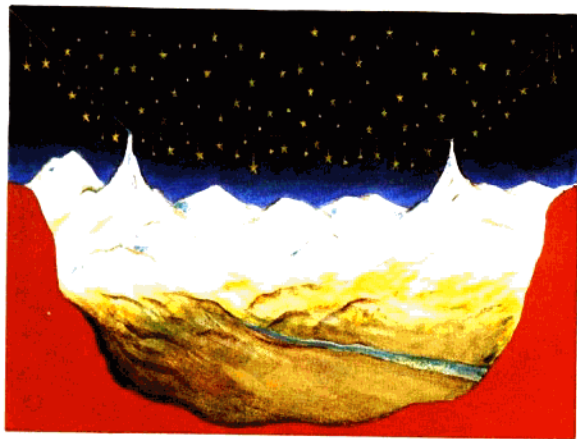
畢宿星團(Hyades)。其他的星團都必須以望遠鏡觀測，如果僅用肉眼觀察，只能看到一團模糊的光。除了星團之外，看起來一團模糊的天體尚有星雲與銀河，但是它們的實質卻各不相同。所謂星雲是星際物質（漂浮在星球與星球間的氣體和塵埃）所形成的團狀物，藉著附近高溫星球的光芒而發光，通常形態都很特殊，如果以望遠鏡來看，真是美麗璀璨，其中尤其以獵戶座(Orion)星雲最為有名。所謂的銀河，則是由好幾億或好幾兆顆恆星和星際物質所構成。其中仙女座銀河（由於外觀類似星雲，也稱為仙女座星雲）是最具代表性的銀河；我們所居住的銀河系也是屬於這類型的銀河。如果用我們的肉眼來看，銀河系的形態與大小似乎和星雲相去不遠，這是由於它們與地球的距離非常遙遠之故。

仙女座銀河



三角座的旋渦銀河





埃及人心目中的宇宙

宇宙觀的沿革

古代諸民族的宇宙觀

人類文明的開端大約可以追溯到距今六千年前。埃及、巴比倫（目前的伊拉克）、印度的印度河流域及中國的黃河流域，都曾有過昌盛的古文明。

左圖所示是這些具有高度文明的古代民族心目中的宇宙，其中共通的一點是各民族都認為自己居住的地區是宇宙的中心。這種以自我為中心的想法在活動範圍狹窄，交通不便的古代社會是相當普遍的，正如嬰兒及幼齡兒童總是把自己或自己的家當做是世界的中心一樣。

中國人的宇宙觀 中國兩漢時代的天文學已極為發達，當時談天的學說有渾天、蓋天及宣夜三家。「渾天之說如卵中裹黃，做渾儀（即渾天儀）以測之，做渾象以象之；蓋天之說起于周髀，以勾股測影，以蓋圖繪星；宣夜無傳，後人多不明其義。兩漢以來，自落下閎、賈逵、張衡以下皆宗渾天，但測算之法不離周髀；鄭伯奇、蔡邕更以為渾蓋二說僅言天宇之形，宣夜乃推究天宇之理。

宣夜之書謂：辰極常居其所，北斗不與衆星西沒，攝提（指歲星）填星皆東行，日行一度，月行十三度，遲疾任情，其無所繫著可知矣，若綴附天體，不得爾也」。凡此種種皆已證明我國自古即有符合現代天文學的天恆靜止、地有公自轉之理。

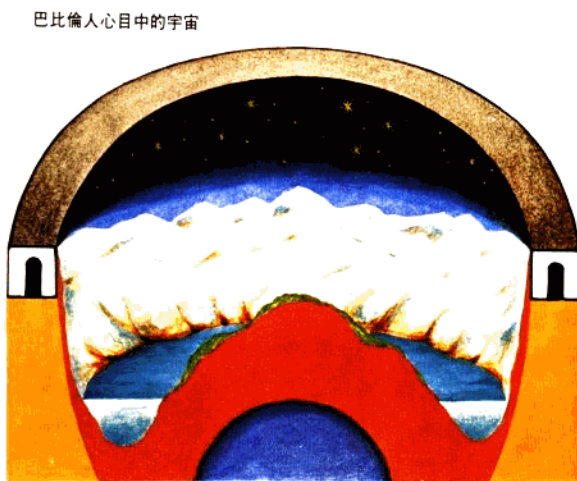
埃及人的宇宙觀 埃及人認為自己居住的地方是四周環繞高山的谷底，天被山峯支撐著，形態就像屋頂，而星星則是懸掛在屋樑上的油燈。羣山的前方是廣大的河流，太陽被裝在小舟中，順著大河來到各地，夜裡再從北方群山的背後繞回東方。

巴比倫人的宇宙觀 大地為海洋所圍繞，海洋的四周尚有高大的牆壁圍著，圍牆上端覆蓋著圓形天幕，天幕的內部則鑲滿了星星。白天裡，太陽在天上移動；傍晚夕陽西下後，太陽會通過從西方經北方直達東方的隧道，翌日早晨再從東方升起。

印度人的宇宙觀 印度人以為世界的形狀就像是球面的一部分，中央有著高聳的山脈；整個世界是由巨象的背支撐著，巨象則站在巨龜的龜甲上，而這隻巨龜又騎在捲成一團的大蛇上。

希臘文明及其宇宙觀的進步

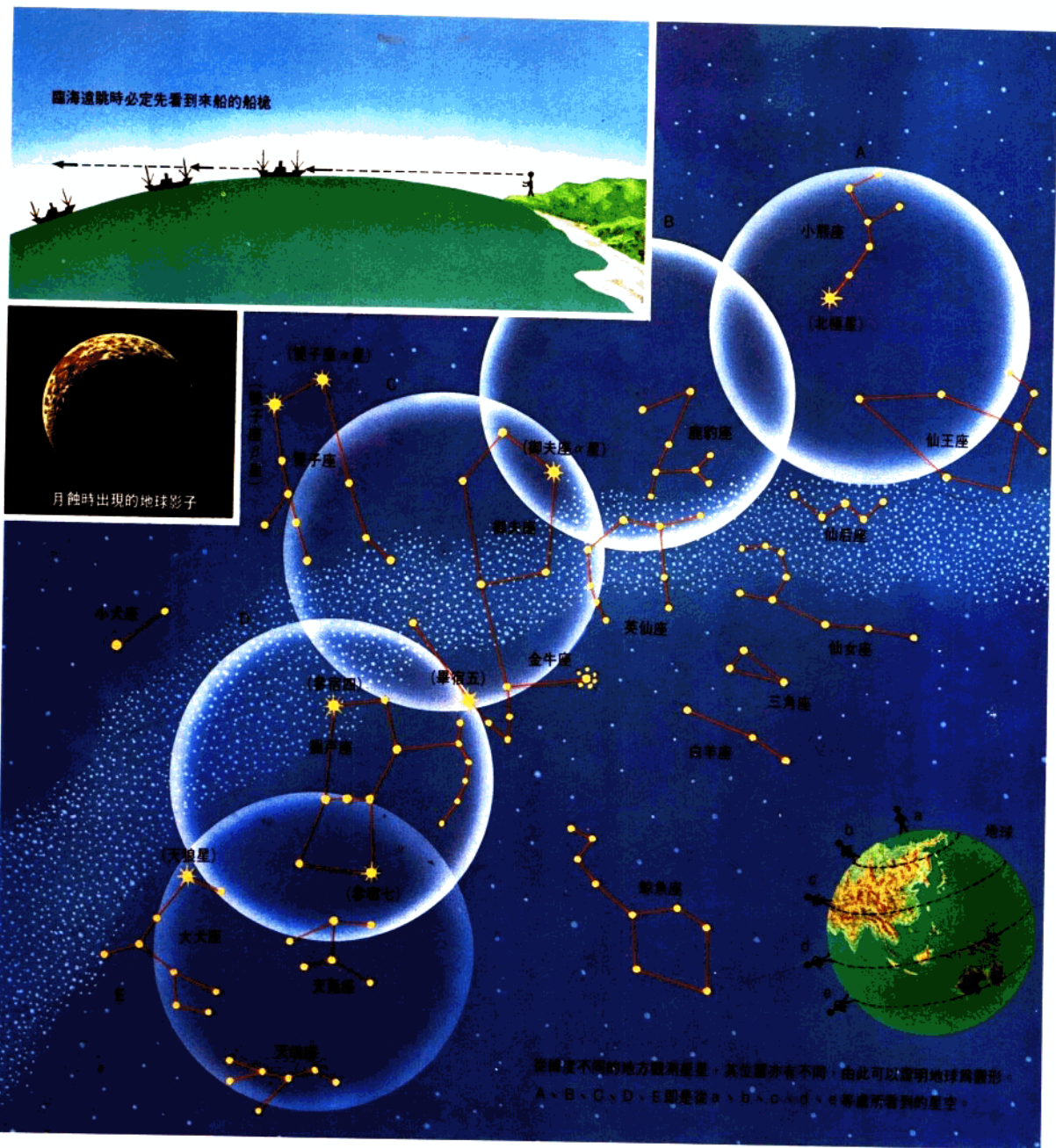
回顧科學的發展過程，自然科學是始於西元前六世紀左



巴比倫人心目中的宇宙



印度人心目中的宇宙



在緯度不同的地方觀測星象，其位置亦有不同，由此可以證明地球為圓形。
A、B、C、D、E 則是從 a、b、c、d、e 等處所看到的星空。

右的希臘時代。其後的五百年間，以亞里斯多德（Aristoteles，西元前384～322）為代表的大科學家陸續地出現，使自然科學大放異彩，而人們對於宇宙知識的提升也是在這個時期。

地球的形態與大小 西元前五世紀左右，希臘學者首先提出地圓學說，到了西元前四世紀，亞里斯多德再次將地圓說的證據歸納如下：

(1) 臨海遠眺從海平面駛近的船隻，必定先看到船桅。

(2) 由緯度不同的地方觀測天上的星星，星星的高度角會依觀測地點而異。

(3) 月蝕時，投影於月球表面的地球影子為圓形。

西元前四世紀時，人們的活動範圍擴大，船隻在各地的出入也較頻繁，亞里斯多德因而悟出了如上的道理，而希臘人當時就已了解月蝕的發生是由於地球的投影所造成。

此外，西元前三世紀時的學者艾拉特帝尼斯（Eratosthenes）也曾因測定地球的大小而名噪一時。

宇宙觀

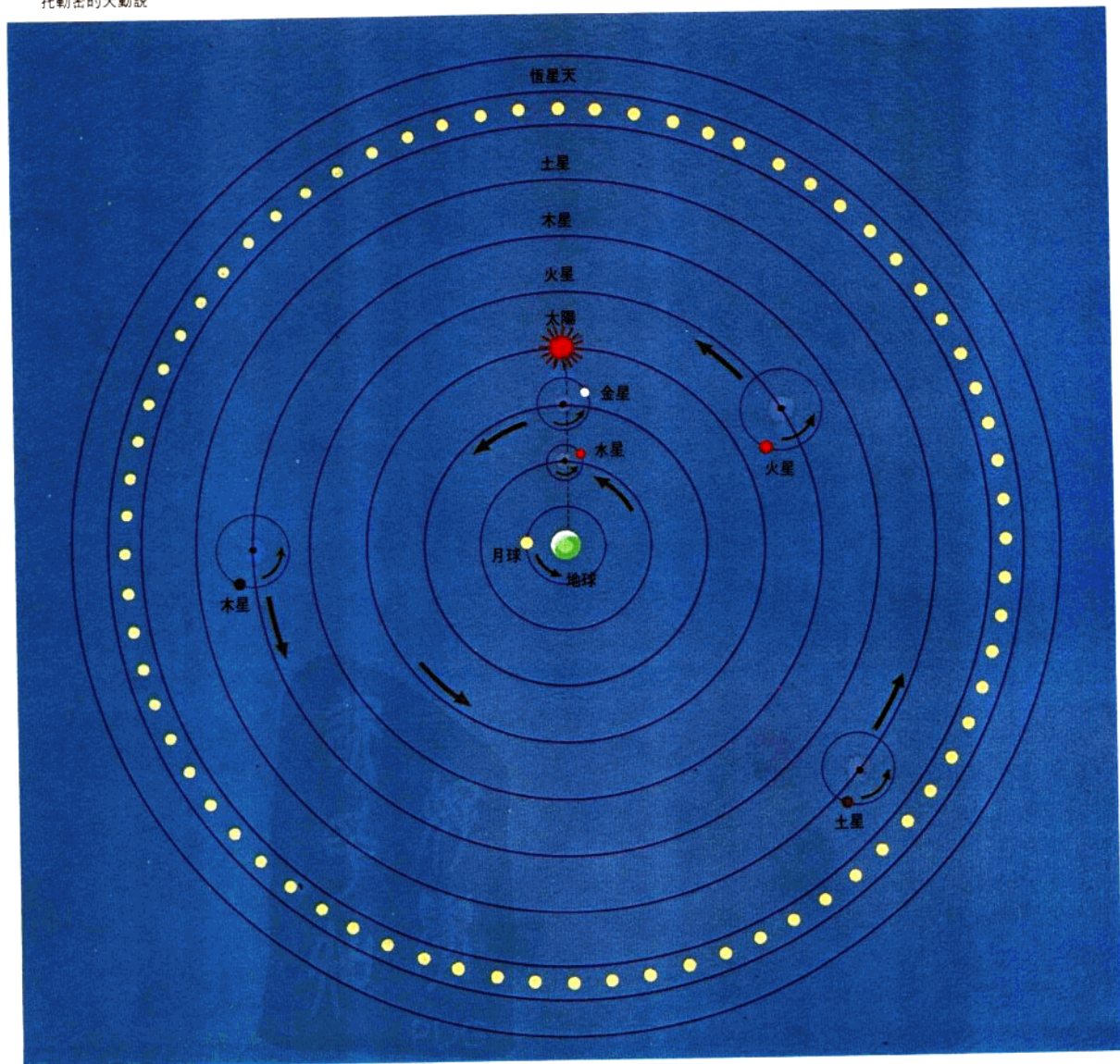
對於由太陽、月球、地球、行星及恆星所構成的宇宙，希臘學者的看法頗多紛歧。阿里斯塔克斯認為地球在自轉的同時也環繞著太陽迴轉，這種說法與後世的地動說不謀而合。然而，希臘時代宇宙觀的主流卻是西元二世紀時托勒密(Ptolemy)所倡導的天動說。

根據天動說的說法，宇宙的中心是地球，月亮、太陽及水星、金星、火星、木星、土星等五大行星則環繞著地球旋轉。如圖所示，五大行星是在稱為「周轉圓」的小圓上迴轉，而這些周轉圓的中心則環繞在地球四周的軌道上。周

轉回的最外側尚有鑲著恆星的恆星天，這個恆星天每天繞地球一周。持這種主張的學者認為，地球本身不動，只有其他的星體和恆星天會移動，故稱為天動說。

希臘人素來相信圓是幾何學上最完整的圖形，所以對托勒密的天動說自然深信不疑。後來天動說沿傳到羅馬時代，受到基督教人士的採信，成為一種任何人不容懷疑的神聖學說，在往後的一千餘年間歷久而不衰。即使是鼎鼎有名的偉大科學家伽利略(Galileo Galilei, 1564~1642)，在公開發表否定此神聖學說之後，仍不免遭到接受宗教審判的悲慘命運，最後落得終身監禁，鬱鬱不得志地終其一生的下場，由此不難看出天動說對西方世界的影響有多麼深

托勒密的天動說



遠了。

地動說與太陽系的天文學

哥白尼 哥白尼(Nicolaus Copernicus,1473~1543)出生於波蘭之時，歐洲正處於文藝復興時代。當時之前，希臘、羅馬繁盛的古文明已因蠻族的入侵而遭破壞，文化的發展幾乎完全停頓了一千多年。幸好到了十四、十五世紀時，文明的花朵才再次綻放。哥白尼在文藝復興的源地——義大利留學時，對古希臘的宇宙觀即萌生興趣，歸國後更潛心研究這個問題，因而悟出了比天動說更容易解說天體運動的方法。他認為太陽是宇宙的中心，所有的行星皆

繞著太陽運轉；地球為行星之一，每年繞太陽一周，本身每天也自轉一圈。至於他對恆星天的觀念則與天動說大致相同，只不過他認為恆星天是靜止不動的。

哥白尼於發表地動說的一五四三年去世，他的學說受到當時教會人士及保守派人士的激烈反對，但支持者的勢力也不斷增強。例如義大利道明教派(Dominicans)的修士布魯諾(Giordano Bruno, 1548~1600)，即因傳播庫薩的尼古拉斯(Nicholas of Cusa, 1401~1464)和哥白尼的地動說，早在伽利略之前約四十年被教會判處火刑而犧牲了。幸好此後隨著天文觀測及理論的發展和進步，人們終於了解地動說的正確性，總算犧牲得相當有價值。

哥白尼的地動說

