

國民小學天文學教材之研究

成 映 鴻 著
國立教育資料館 編印
中華民國八十三年九月

序

本館職司國內外教育資料之蒐集、整理、研究、編印與推廣事宜，對於各類教育資料之蒐集，向來不遺餘力，希望能對各級教育行政機構、各級學校教師及教育研究人士有所裨益，以彰顯教育功能。

歷年來本館陸續出版教育資料輿情專輯、教育問題調查研究、教育問題座談會專輯及教育叢書等，並推廣至各級教育行政機關、學校及社教機關參考運用，深獲教育界人士熱烈之迴響。唯教育問題領域廣袤，教育內容經緯萬端，實難全面兼顧。鑑於天文學專門性研究著作國內較為欠缺，且今日科技日益進步、教育革新迫切要求之際，天文學教育已成為科學教育之一大主流，教育行政機構及各級學校莫不積極推廣天文學教育，而且國小自然科課程中，天文方面的教材也日漸增加，因此亟需有關教育研究單位提供學術性專門著作，以供教育研究人士參考。有鑑於此，本館特委請成映鴻教授撰寫「國民小學天文學教材之研究」乙書。

本書作者成映鴻先生係國立台中師範學院數理教育系之教授，對天文學有深入之研究，同時對國小教材教法亦有專攻，曾經出版古代天文學等專著及相關之論文數十篇。

本書內容包括國民小學科學教育的認識、天文學與民族文化的演進、我國上古天文學及其應用、地圓說的

開始及演進等十四章，其中介紹四季的成因、潮汐、星座等種種與日常生活息息相關之天文學知識，足可供讀者一探大自然之奧秘，進而培養更正確的科學知識。

編者 吳俊、蔡豐、葉國、郭行、沈以松、江孟、林怡中、
蔡豐平、沈明、張謙、呂家俊、張慶雲、陳慶、吳連坤、吳宗
會、魏及輔、林博、孫振香、張耀斌、劉清英 館長 毛連塏謹識
臺灣科學館編印 民國八十三年九月

自開辦以來，蒙各界人士踴躍參加，欣見社會大眾對科學知識之興趣日益濃厚，深感欣慰。本館為配合社會發展需要，特將本館所編之《四季的成因、潮汐、星座》等三冊，重新修訂，內容更為充實，圖文更為精美，以期能更廣泛地普及科學知識，提高國民科學素養。此三冊之出版，不僅是科學普及工作的一項重要成果，也是本館服務社會、推廣科學教育之具體體現。希望各界人士繼續支持與鼓勵，共同推動我國科學事業之繁榮與發展。

國民小學天文學教材之研究

目 次

引言	1
第一章 國民小學科學教育的認識	3
一、國民小學自然科教學目標	3
二、國民小學自然科教師的責任	3
三、兒童的學習環境	4
四、兒童學習興趣的培養	5
五、科學與兒童發展	7
六、兒童與天文學	8
七、兒童對宇宙的幻想	9
八、培養兒童的科學觀念	9
第二章 天文學與民族文化的演進	11
一、民族文化的起源	11
二、人類生活與天文觀察的開始	11
三、天文學與科學思想的開端	13
四、天文學與民族文化的階段	14
五、發揚中華民族的創造精神	15
第三章 我國上古天文學及其應用	19

一、史學與天文學	19
二、天文學在史學上的應用	22
三、我國史書中有關天文的卷冊	23
四、我國古代天文學發達的原因	24
五、我國古代曆法與天文學的研究	25
六、遠古時代的傳說	25
七、堯舜以前天文學之發展	26
八、堯舜時代天文上的貢獻	28
九、夏曆	30
十、干支紀日	35
十一、周代天象的觀察	41
第四章 地圓說的開始及演進	47
一、古代的看法	47
二、世界的中心點	51
三、環行世界的證明	52
四、地球真正的形狀	54
五、兒童可能得到的證明	55
六、「上」「下」的相對觀念	57
第五章 人類對宇宙觀念的轉變	63
一、地動說的起源	63
二、哥白尼行星系	66
三、刻卜勒定律	68
四、伽利略的觀察	70

五、牛頓與引力定律	72
六、宇宙間一粒微塵	74
第六章 我們生活在一個動的世界	77
一、地球的運動	77
二、地球自轉的證明	77
三、地球之軌道運行	83
四、光行差	84
五、極星的變易	85
六、緯度的變遷	88
七、太陽前進的頂點	88
第七章 太陽系的認識	91
一、水星軌道	98
二、金星的相位	100
三、火星	102
四、木星衛星與光速	104
五、土星的光環	105
六、天王星、海王星、冥王星	106
七、彗星	108
八、流星與隕石	109
九、波特定律與小行星	110
第八章 太陽	113
一、日冕	115

二、日珥.....	117
三、太陽黑子.....	118
第九章 地球	121
一、時間單位——日.....	121
二、地方時與標準時.....	123
三、我國干支紀時的起點.....	124
四、四季的成因.....	125
第十章 月球	127
一、恆星月與朔望月.....	127
二、月球和地球的軌道.....	127
三、月之盈虧.....	128
四、月球的自轉.....	132
五、潮汐.....	134
第十一章 星座	137
一、星座的認識.....	137
二、星等.....	149
三、如何輔導兒童認識星星.....	149
第十二章 方向的認識	157
一、方向觀念.....	157
二、在日常生活中如何定方向.....	158
三、指南針.....	159

四、我國古代對方向的測定·····	161
第十三章 空間的量度 ·····	163
一、地球的體積·····	163
二、行星的距離測定·····	165
三、恆星距離的測定·····	166
四、三角測量·····	167
第十四章 太空發展 ·····	169
一、人造衛星的發射·····	169
二、無重力狀態·····	174
三、兒童對人造衛星的看法·····	175
參考書目 ·····	179
附錄：	
一、天文大事年表·····	181
二、天文常數·····	187

引 言

天文學爲自然科學的一部門，其研究範圍包括天體之運動，和支配此等運動之法則；以及天體之形成、形狀、大小與宇宙間一切物理現象。其研究基礎則建立於高深的自然科學和數學理論與技術上。顯然近年來其進步情形已超過古人所謂序二十八宿，步五星日月，以紀吉凶之象，聖王所以參政也的界限。

目前世界各國爲了增進兒童天文知識，在自然科課程中，天文方面的材料已日漸增多。但是天文學本身極爲煩難，在國民小學中我們所能做到的，只限於輔導兒童了解一些簡單的天文現象，兒童們主要的活動，僅在於星象之觀察。

天文學在我國古代是普遍知道的知識，顧炎武在他的日知錄中說：「三代以上，人人皆知天文，七月流火，農夫之辭也；三星在戶，婦人之語也；月離於畢，戍卒之作也；龍尾伏辰，兒童之謠也。」語出詩經和左傳。又禮記內則篇云：「六年教之數與方名。」方名指東西。「九年教之數日。」，數日指朔望與六甲。由此可知我國古代在兒童教育方面，天文學是非常重視的課程之一。

數十年來舉國上下熱烈推行中華文化復興運動，並以發展科學教育爲當前要務。蓋國民教育爲教育之基礎，而天文學又爲科學研究之重心。因此如何指導兒童學習

天文學，實在是一件非常重要的事。

本文之編寫，包括教學法之研究，並介紹我國古代天文學發達情形，以及天文學之演進和天體之認識。而全文之重心在闡揚中華文化之精粹，和科學思想進展之途徑。務期培養兒童科學觀念，建立國家長期科學發展之社會基礎。

第一章

國民小學科學教育的認識

第一章 國民小學科學教育的 認識

一、國民小學自然科教學目標

國民教育為教育的基礎。由於科學的突飛猛進，從個人生活到國家大事，以及世界前途，都深受科學發達的影響。如何發展科學，利用科學，已成為世界各國努力的方向。近年來我國也增加了許多專門機構，從事科學研究，推行科學教育，培養科學人才，鼓勵從事高深科學探討。然而我們深深感覺到，這些工作固然重要，但是為了長期發展國家科學教育，還應該同時從國民小學做起，在兒童時代即培養他們愛好自然，欣賞自然，研究自然的興趣，指導他們從自然環境中發現問題，養成應用科學方法解決問題的態度。我們希望兒童能概略的知道自然界中各種事物簡單的變化法則，明瞭人生和自然的關係，知道適應自然及應用科學知識去改善生活的重要性。簡單的說，我們要使兒童能生活在我們這個世界裡，不會感到無所適從，最低限度，要使他們的衣、食、住、行都能跟上時代，再進一步，使他們具有研究科學的興趣，使他們將來有能力研究高深的學問。

二、國民小學自然科教師的責任

我國現行國民教育法第七條規定：「國民小學及國民中學之課程，採九年一貫制，應以民族精神教育及國民生活教育為中心。國民中學應兼顧學生升學及就業之需要除以文化陶冶之基本科目外，並加強職業科目及技藝訓練。」由此可知國民小學教師的責任，並不單是對兒童知識的傳授，其主要目的是要為國家培養優良的國民。國民小學自然科教學為其統整計劃的一部分，內容包括了天文地理，和宇宙間萬物的變化，以及衛生教育、健康教育等。事實上，兒童日常生活中的一舉一動，都離不開自然科教學的範圍。並且在自然科各種活動中，還可以對兒童作行為上的訓練，培養他們良好的工作態度，和互助合作的精神。例如問題的實驗與求證，各種標本的搜集與製作，這些工作並非個人之能力所能完成的，如果要做到盡善盡美，必須有賴大家合作。我們要使兒童了解，團體的成就便是大家的榮譽，並且要使兒童從小養成一種愛團體不自私的美德，將來長大了，一定是一個愛國家愛民族的好國民，由此可知國民小學自然科的重要和自然科教師的責任了。

三、兒童的學習環境

在教學之初，我們自己應該建立一種觀念，那就是我們應該認清，學校是幫助兒童獲得身心健康的園地。兒童在這個園地裡有機會獲得知識，並學習獲得身心健康的技能。因此學校一定要使兒童感到是愉快的地方，

裡面充滿著活潑、輕鬆、有生趣的氣氛。教師一定要以熱心，和藹的態度輔導他們學習，為他們解決問題。兒童在這種良好的環境裡，能勇敢而毫無顧忌的說：「我不明白。」「我想這樣是對的。」或「我要問一個問題。」應該讓兒童感覺到在學校裡，有如在他們自己的家裡一樣，課室是屬於他們的，在那裡他們能夠得到安適的生活，和快樂的學習，一切的一切，都要使他們感到興趣盎然，不至枯燥無味。

四、兒童學習興趣的培養

無論在自然科或其他學科方面，兒童在學校裡是有很多有趣的事可以做的。我們應該多多培養他們這些濃厚的興趣。因此自然科教師在選擇教材的時候，應當根據教育目標，注意到兒童的興趣，從多方面去選擇適當的教材，指導兒童學習，以充實他們的科學知識，和解決問題的能力。在教學時應著重思考和理解，指導兒童以科學態度解決問題的方法。

兒童對他們環境中許多事物都是有興趣的，我們往往可以發現到他們在同一時間內，對同一事物，每個人的興趣都不相同，有些兒童不善觀察，對環境的反應遲鈍，缺乏對問題的好奇心與求知慾。當發現兒童對某種問題或事物有不同的反應時，我們做教師的人不可妄求統一，應該要以客觀的態度，幫助兒童解決他們所要解決的問題。因為在兒童發展過程中，智慧和能力有他們

的個別差異，我們應該鼓勵優秀兒童發展其特殊興趣，同時也要顧及到那些不熱心學習的兒童，可能是由於他們心智能力，不足以理解抽象的觀念，所以對教材的選擇，應該注意到內容的簡易，使那些較差的兒童不至感到枯燥無味。

當兒童詢問我們科學問題時，千萬不要抹殺掉他們自己的意見。應該供給他們適當的資料，讓他們大膽的去活動、去探討。使他們對於這些簡單事實可以理解，並從自己活動的經驗中得到正確的答案。在課室裡教師不應該直接把答案告訴他們，而必須幫助他們造成問題的真實性及啓發性，輔導兒童提出假設，或可能解決的方法。讓他們造成某種錯誤的設計和判斷，使他們能夠找出這種問題的所在和錯誤的原因，以刺激他們研究科學的興趣。

興趣是學習的要素。在學習的過程中，教師總是希望兒童努力不懈。但是兒童是否能努力學習，要看他的興趣而定。所以引起兒童學習興趣，乃是使兒童努力學習的基本條件。科學教材的範圍很廣，其內容因時代的進步不斷的充實，其教學的方法也因時代而日新月異，教學的主要關鍵是在如何運用有效的教學方法，和適當的去選擇教材。我們對兒童實施科學教育尤其要注意引起兒童的興趣，否則可能造成他們的厭煩。例如我們專門注意事實記憶，或閱讀書本，是難以引起他們興趣的，相反的我們一開始就應用真實的問題，給兒童自己去活動，使他們從實際的活動中找出真實的答案，這樣

他們對知識的洞察力，一定可以得到良好的發展。

五、科學與兒童發展

科學的本身是因為人類迫切需要明瞭宇宙現象而產生的，人類自始對於自然界各項現象，如日蝕、月蝕及月之盈虧，無不竭盡智力和幻想尋求解釋，這些事實與其適應環境頗有關係。科學的創始遠在古代，一切科學的發現與發明，乃人類經久努力的結晶，在兒童發展過程中，亦有類似的努力，國民小學科學教學要以發展的觀點來看，這是非常符合兒童的天性和科學的特性的。

自然科學思想本無新舊可分，一切都是一脈相承的，每一個偉大的發明和發現都有一個起點，有人想了一下，嘗試了一下，做了些實驗，一個觀念產生了；另一個人掌握了這個觀念，做了進一步的研究，改變了這個觀念，並且再把它傳給其他的人，這段過程有時經歷數百年。大科學家牛頓曾經說過：「假若說我曾看得比較遠，那是因為我站在往昔科學家們肩膀上的緣故。」現代科學發明進步如飛，其原理與技術都在不斷修正與改進。由於人類的求知慾與好奇心急須改變其周圍環境的事物，科學便成爲人類探求新知識，改變舊環境的力量。

這一事實，與兒童積極的生長發展頗爲配合，當兒童開始認識其環境時，他們便開始各種學習活動，此項早期的學習，便是人類天然尋求適應環境的開始。兒童

由於天性使然，常於學習新知識後，必修改其舊觀念，他們放棄了舊有的經驗，而獲得新的知識，並繼續不斷的努力探求新的發展，從新的發展中再求改進。這種現象在成年人也是一樣，只是成人不如兒童易於放棄成見而已。如果一旦人類失去這種求知慾，世界文化就難期進步了。

六、兒童與天文學

天文學在國民小學自然科課程裡，是使兒童感到最有興趣的一部分，根據飽羅克氏(Pollock)調查兒童最喜歡研究的十五個自然科題目，其順序是電、星辰、無線電、熱、光、行星、月亮、太陽、火星、植物、風、重量、空氣、飛機及地球。庫來基氏(Craig)發現兒童最喜歡研究的十五個題目，其順序是鳥、星辰、太陽、水、月、花、地球、人、樹、世界、電、空氣、動物、無生物與雲。他們的統計，可以看到大部分的題目是屬於天文方面的。當然由於地區和文化水準的不同，也會影響到兒童的興趣。在天文學上，久居城市的兒童似乎不及鄉區兒童來得熱心。城市裡高大的建築物，限制了人們的視野，燈光通宵達旦，人們幾乎沒有機會看到天上的星星，有些城市裡的兒童甚至沒有見過月亮，在我國還沒有這種情形，最少在中秋節的晚上，無論大家小戶都會出來欣賞一下月色的美，我們的兒童對於星星月亮可能還不會太陌生。近年來由於各國太空科學的發

展，報章、雜誌、電視對太空知識的報導愈見豐富，城市兒童在這方面的知識，一定超過鄉區兒童。根據我們的經驗，無論怎樣在我們教學自然時，和兒童們談到天文學，他們都普遍的表現了莫大的興趣。

七、兒童對宇宙的幻想

由於天體間各種現象，千變萬化，往往使兒童難以理解，舊有的環境、思想、和局部的現象，造成他們觀念上的錯覺，許多問題至少有一段時間，使他們感到困惑不解；如果說地球浮在空間，那麼我們的小皮球為什麼不能呢？一隻小蟲在地球儀的球體下面向上爬行，是多困難，地球那邊的人，不是在我們的下面嗎？那裡的人走路是不是也和這隻小蟲一樣的困難呢？國小三、四年級的小朋友，他們很可能有以上的想法；而低年級的兒童可能會說，天地是有邊的，天邊是在很遠的地方，那裡是太陽的家，那有多遠呢？太陽也有家嗎？也許在你聽來好笑。然而，在人類思想進化過程中，這些問題最初都是探討宇宙現象的各項論點，直到哥倫布時代，尚有人擔心他們準備環行世界的船隊，在地的邊緣滑出地外去呢！當然那時還沒有簡單的地球儀，幫助他們思考。

八、培養兒童的科學觀念

兒童有時會說出充滿想像的報告，有如上節所說的他們可能的幻想，使我們聽來認為荒謬不經，遇到這種情形，我們要使兒童知道，什麼時候他們可以用想像，什麼時候他們應該用正確的知識；培養他們科學觀念。前面已經談過在我們教學過程中一定要注意兒童理解，千萬不能僅僅因為兒童能呆板的告訴我們日蝕、月蝕的定義，和太陽系九大行星的名稱，便認為他們已學完了這個單元。因為這僅不過是一種空洞的事實記憶而已，並不能證明他們已理解天文現象。科學事實固然重要，但是如何整理這些事實，成為有意義的觀念更為重要。使他們在學習上，知道信賴正確的知識，培養他們明辨的能力，一切迷信、偏見、謠言、神話均不足採信，更不能藉猜測或濫用想像而獲得正確的解釋。兒童有一相當長的時間，需要依賴成人的幫助，初生嬰兒只能表現一些簡單的反射動作，以後才能慢慢的得到各方面的平衡發展，在這段期間表現了他們對各方面的興趣，一般家庭和學校，在這期間如何去指導兒童學習，實在是一大責任。

總之我們教自然科學，就是要幫助兒童了解在他們生活環境中所遇到的各種事物變化，成為有意義的觀念，和學習整理這些觀念，並且指導他們應用這些觀念，去解決他們環境中的各種問題。去除一切成見，建立正確的科學觀念。在我們教天文學時也是一樣。

第二章

天文學與民族文化的演進

第二章 天文學與民族文化的演進

一、民族文化的起源

民族文化的起源，莫不與自然環境相關，由於最初人類生活的地區不同，因此他們的生活方式也不一樣，當一部分人已經開始農耕生活，另一部分人仍然居住在高山荒野之中，以游牧為生。時至今日，還有一些交通不便的山林間、荒島上，以及其他文化落後的邊遠地區，他們仍然保持著原始人類的部落生活。在四、五千年以前，人類文化已經相當進步，當時在東半球的北部，地中海到我國沿海的幾個河谷平原上，出現了許多先進民族。論他們活動的範圍，只集中在幾個有限地域上，可能是河谷平原，由於河流的沖積，土壤肥沃，便於人類放牧和種植，造成了這些地區的繁榮。如尼羅河(Nile)、幼發拉底河(Euphrates)、底格里斯河(Tigris)，以及我們的黃河流域等都成為世界早期的文化中心，和天文學的發源地。而中國、巴比倫、埃及、印度則成為四大文明古國。

二、人類生活與天文觀察的開始

古代民族文化的發展，和天文學有密切的關係。自

有人類開始，我們這個世界不知道已經經過了幾千萬年的時間。人類文化沒有發達以前，我們的祖先長期生活在一個滿佈猛獸疫癘的世界裡，所過的是原始狀態的野蠻生活，一切都在啓蒙時代，確是渾渾噩噩一無所知，單憑他們潛在智慧，在原始環境裡摸索。大自然的一動一靜，都使他們感到新奇和恐懼。而當時宮室廬舍尚未營建，有一段時期他們生活在大樹上，或山洞裡，白天四出覓食，日落擇地棲息，渡過漫長的黑夜，顯然在他們想像中是充滿恐怖的。尤其是在原始的荒野裡，獅吼狼嘯，蛇蠍遍地，隨時隨地威脅著他們的生命。他們既無銳利的爪子，又無鋒刃的獠牙來自衛，於是一方面以他們的智慧與自然格鬥，一方面則尋求心靈上的安全。由於他們夜夜與滿天星斗爲伴，晴空萬里，星光閃爍，對他們的影響至深且鉅，在他們心靈上無所依託時，星光在夜空中自然使他們感到親切，因此引起了他們各種幻想，而開始天象的觀察。雖經千萬年的歲月，爲人們累積了不少的經驗，但是在觀察中並沒有完全發現星斗間關係位置的變化。宇宙之大，星球的移動在人們看上去極其細微，總以爲它是永恆不變的，而又有少數星辰卻常在天上行動，這些星是我們現在稱它爲行星的幾個太陽系中的星辰；又加上日蝕、月蝕、彗星、流星等異象，因此引起了許多神秘的傳說，總以爲這些變化注定了人生的命運，或豐年，或惡歲，皆可由星象中預卜而知，於是就這樣產生了各種充滿宗教性的神話，和詩意的寓言，所謂占星術，也就因而興起了。他們把許多耀

眼的星，分作一個個的星座，想像著這些星座是神、人、動物和人們日常所見到的東西。我國更把星星分成官名、地名、國名。

三、天文學與科學思想的開端

如果我們要探求科學思想的開端，應該回溯到人類最初設法利用天體作鐘錶和曆書的時代。由於「太陽的運動」產生了日和年，月亮的運動量出了月份，星星表明了季節，天文知識顯示了自然界的現象有一定的規律，前後相循，井然有序。人類最初利用天文可能自游牧時代就開始了。游牧民族移居就食，晝行以太陽為南針，夜行以星辰為嚮導，慢慢的知道了南行極星漸低，北行極星遂高，東行則日出較早，西行則日入稍遲，而知道以星象來定方位；迨進入農耕時期以後，由於農作物要有好的收獲，必須在適當的時間下種，於是開始尋求自然界的規律，對天文星象作有系統、有條理的研究，訂曆法，明四季。天文學的研究就這樣開始了，由此人類真正具備了科學思想，並知道以科學態度注視自然。

在那個時期人們對許多有關日月星辰的行動規則，已經知道得很準確，但是他們對天體的看法卻一直認為日月星辰是掛在天上隨天移動的。有關天圓地動的學說，那只是有如我國慎子、尸子這班人的幻想而已，當然他們更沒有想到星球間有引力存在了。當時天文上的

記載，大部分有關預卜國運的神話故事，缺乏科學上的創見。事實上人類至今並未能完全脫離那些無稽的迷信。

四、天文學與民族文化的階段

人類社會由漁獵、游牧而漸次進入農耕時代；在思想上，由迷信而慢慢體會到實際的經驗；又由經驗的累積而使人們具備了科學觀念。最初人們一切都受自然環境的支配，以為禍福安樂受之於天。在天文方面，對點點星光一無所知；以後由於人類為了謀求生活上的改進，漸漸知道利用經驗克服困難，以減少天然災害，這時期科學思想已經逐漸萌芽，在天文上，雖然對科學理論仍知道得很少，但是他們已能簡單的利用天象，配合生活中的需要。等到他們知道以經驗觀察各種現象，搜集事實，研究因果關係，探求自然定律，天文學已相當發達了。

在科學史上我們可以找到一件事實，人類由於科學上的發明，而改變了原來的生活狀況，又因為原有生活狀況的改變，而發生了新的需要，為了尋求解決的方法，又引起新的發明。這是人類文明必經的途徑，也是促成科學進步的原因。天文學在早期對人們生活影響最大的是農業。在學術上首先促使了對數學的研究，如我國的周髀算經就是一部專門用來測天的書。以後隨著人類文化的演進，知識的交流，天文學的應用也漸漸廣

泛。而人類對求知的慾望也更為迫切，對宇宙之研究亦更為深入，因而促使近代實用科學的發明，由於實用科學的進步，使天體運行定理，得以推算至精至微，科學上的高深理論因而得到證實。文化的進步是世代相繼的，積前人之經驗，而有現代的文明，綜觀古今，天文學為數千年來科學研究的重心，科學的發達，莫不藉天文學以推進，而民族文化的起源與演進，和天文學的關係就更為密切了。

五、發揚中華民族的創造精神

民族文化發展的過程，有三種形式。即創造、累積、同化。三者互為因果，無分軒輊。實際上三者都出於人類求新求精的心理，此種心理使民族充滿了生氣，成為現代科學發展的靈魂，亦即我固有民族文化精神之所在。一個民族最初在適當的天然環境下，由於本身的活動，而累積下各種經驗，創造出早期文明。以後經過長期的演進，或受到別的民族文化的影響，或吸收了其他民族文化的優點，使他本身更為光大，進入另一個文明境地。然而文化的發展是漸進的、錯綜的和常常不規則的，一個民族在某一個時期，一方面進步到很高的程度，而另一方面卻極其落後，如愛斯基摩人(Eskimo)他們有顯著的工業天才，但是他們的政治社會生活，仍未脫野蠻狀態。中美的馬雅(Mayas)人在曆書、文字上都很進步，尤其建築上有動人的成績，但在其他方面又

很落後。研究其原因，或由於地理環境的限制或由於沒有和其他民族文化接觸，而終究使他們的文化不能光耀世界。

我中華民族由於地理環境優越，早期文化進步，已無可非議。我們在此要強調的是我國文化是精神與物質並重的。並非如一般人所言沒有科學思想，所謂宮室之美、舟車之勝，這絕非一個科學思想落後的國家所能做到的。我們也談過自古天文學為科學研究的重心，我國為早期天文學發展中心之一，當其時科學思想在世界上亦當佔先進地位是可意想的事，在我國學術思想上有所謂「格物致知」、「日新又新」、「止於至善」的至高理論。這完全是合乎近代科學精神的。因此無論怎樣看，我國古代的科學思想是進步的。但至秦漢以後，國人流於清談，遇事畏懼，且多泥於古法，不思改進，總以為今不如昔，新不如舊，此種觀念，隨時代而日漸蔓生，至宋代以後尤甚，科學思潮亦因此而沒落。在天文上雖宋元時代尚稱興盛，但已無特殊進展。到了清代，外受強敵侵略，國人心理上由自大而自卑，最後失去民族自信心，甚至對我國固有文化也發生了懷疑。研究其根本的原因，乃我民族久已失去創造精神。

在我國民族史上，我們的祖先起自黃河流域，由於民族本質的優秀，不知同化了多少入侵的民族，吸收了他們的文化，在我們民族發展的過程中，我們國家不知道遭受到多少次動亂，但是亂平以後，我民族文化卻更為光大，所以說創造、同化、累積乃我民族文化精神之

所在，並歸納稱其為中華民族的創造精神。

爲了維護我國固有文化，復興我國固有文化。我認爲最重要的是弘揚我民族固有的創造精神。融會中西文化，取人之長，補己之短，使我民族文化更爲光大。在我們教學時應該特別注重我國固有文化的宣揚，使兒童了解我國古代科學發達的情形，訓練他們手腦並用，培養他們獨立的思考，使他們具有創造的信心。目前世界各國在各級學校科學教育上，正推行新教材教法，而新教材的精神即在培養國民推理與創造的能力。

總之，人類從初民時代到游牧生活，然後進步到農耕社會，而趨於現代文明，我們現在所尋求到的知識，與千萬年前留待後人去學習的相比較，真是微不足道。我們爲了恢復我國固有文化，我們要去學習，我們更應該去教育兒童，使他們知道我國民族文化精神之所在，使他們能有勇氣創造更多的奇蹟，留給以後的人。我們知道民族文化因天文學而光大，而目前科學的方向依然趨於天文學的研究，我們相信未來的太空科學，定能縮小廣大的宇宙。

1. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

2. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

3. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

4. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

5. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

6. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

7. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

8. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

9. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

10. 關於「中華民國」之定義，係指「中華民國」之國家而言，而非指「中華民國」之人民而言。

第三章

我國上古天文學及其應用

第三章 我國上古天文學及其應用

一、史學與天文學

我國自黃帝時代，始立史官，國家能有專人負責記言、記事，歷代相承，從未間斷。最初由於人事簡單，史官並兼掌文史典籍、天文曆算之事，這是我國學術史上的一大特色；而史官多係清廉方正之士，在工作上，都能忠於職責，其所記載，多能保持客觀，重視事實，一字一句，是非分明，成爲我國寫史者的光榮傳統。

梁啓超先生說：「胚胎時代之文明，以重實際爲第一要義，重實際故重人事，其敬天也，皆取以爲先例之典型也，於是乎由思想發生爲學術，其握學術之關鍵者，有二職焉。」其所指的二職，一爲祝，一爲史。而祝又分司祀之祝，主代表人民之思想，以達之於天，而祈福祉者；司曆之祝，主協時月正日，以便民事，推終始五德，以定天命，占星象、卜筮以決吉凶。又說：「史與祝之職有相輔者，蓋言吉凶禍福之道，祝本於天以推於人，史鑒於祖以措於今。」又說：「胚胎時代之學術思想，全在天人相與之際。」古代研究天文者，莫不重視曆法，祝即掌管天文曆算之官。這裡所述史官與天文官，其職責有別，而事實上，只是理論上的分類。

再看通志、通典等書說明。通志太史局令：「昔少皞以鳥名官，以其鳳鳥氏爲歷正，顓帝氏命南正重以司天，北正黎以司地，唐虞之際，羲氏和氏紹重黎之後，世序天地，夏有太史終古者，當桀之暴，知之將亾；執其圖法，而奔至商，商太史高摯，見紂之亂，載其圖法出奔于周，周官太史掌建邦之六典，正歲年以序事，頒告朔于邦國，魯昭公二年，晉韓宣子聘魯，觀書于太史氏，見易象與魯春秋，曰：周禮盡在魯矣。又有馮相氏，觀天文之次，保章氏掌天文之變；當周宣王時，太史官失其守，而爲司馬氏，司馬氏世典周史，惠襄之間有子頽、叔帶之亂，故司馬氏適晉，晉中軍隨會奔秦，司馬氏入梁，秦爲太史令，胡母敬之爲之。漢武置太史，以司馬談爲之，位在丞相上，天下計書，先上太史，副上丞相，談卒其子遷嗣之，遷死後，宣帝以其官爲令，行太史文書而已，後漢太史令掌天時星曆，凡歲將終，奏新年曆，凡國祭祀喪娶之事，掌奏良日，及時節禁忌，國有瑞應災異，則掌記之，秦漢以來太史之任蓋併周之太史、馮相、保章三職。」通典史官：「史官肇自黃帝有之，自後顯著，夏太史終古，商太史高摯，周則曰大史、小史、內史、外史……秦有太史胡母敬，至漢武始置太史(公)，以司馬談爲之。」周禮天官冢宰：「史有十二人」注：「史掌書者。」周禮春官：「大史掌建邦之六典。」注：「大史日官也。」疏：「以其掌曆數，故云日官。」司馬遷史記序云：「是歲天子始建漢家之封，而太史公留滯周南，不

得與從事。」「太史公執遷手而泣曰：余先，周室之大史也，自上世常顯功名於虞夏，典天官事，後世中衰，絕於予乎，汝後爲太史，則續吾祖矣。」五經通義：「易姓而王致太平，必封泰山，禪梁父。」封禪即祭天地，禪，讀墀。所謂增泰山之高以報天，附梁甫之基以報地。司馬遷所說的是漢武帝行祭天大典，而司馬談滯周南未能參與其事，周南係指洛陽，司馬談亦因此氣憤而死。但至漢武帝元封七年，武帝又曾詔公孫卿、壺遂、司馬遷議定漢曆。然則由以上各項記載看，向摯、終古、司馬氏是史？是祝？蓋太史一職始於三代，爲曆官、史官之長，兩漢屬太常，魏晉修史之職始由秘書著作等職任之，太史惟知占候而已。由是觀之，我國漢以前史官多兼言天文之事。

考諸史實，重、黎、羲、和世掌天地四時之官，商封其後於程，因以爲氏；周宣王時，程伯休父失其官守，以諸侯入爲司馬。司馬爲官名，少昊始置，周制夏官大司馬爲六卿之一，掌軍政。因其克平徐方，賜以官族，爲司馬氏。後乃典周史。故太史公曰：「余先周室之太史也，自上世常顯功名於虞夏，典天官事。」由以上各項記述觀之，撇開古代官制不談，而司馬氏之先世，似多身兼史官天文官之職。

再就史官記事論，推研古代大事，莫過於敬天授時，五行星變，史官重視天文，而史書中多有天象記載，也是非常自然的事。我們打開尚書，堯典中就有大半是記天文的。司馬遷在他的史記中更特別有天

官、律、曆三書。後世寫史者，因史遷，對天文之事，亦多有記述。因此我們可以說，我國史學和天文學是無法分開的。

同時我們也可看到，夏太史奔商，殷太史適周，皆執其圖法，所謂圖法即典籍。由此可知史官尚有保存史料之責，他代表了國家的正統，其去留象徵著人心的背向，故殷太史適周，武王大悅，而告諸侯曰：「商王大亂，妲己爲政，守法之臣出奔周國。」而後世士人，亦多以存亡繼絕爲己任。故我國自古至今能保存了一部完整的史冊，也就這樣使我國有了一部完整的天文紀錄。在現代天文學研究上占著很重要的地位。再說古代雖經秦亂以後，舊籍散失，然而司馬氏世代爲史官，其有關史記中各項記載，當可信而無疑也。

二、天文學在史學上的應用

近代史學家多以現代科學知識，推算史書中所記的天文現象，以考證史書的價值。像巴比倫和埃及兩國，最古的記載總在三千年以前，而過去史家推算埃及之建國年代有相差二千餘年的，今由多祿某(Ptolemy)天文集之記載，及西元前七六三年之日食，以考訂兩國之紀年，始知西元前九百年以前，已難徵信。我國史書，最古的莫過於尚書，經董作賓先生就天文考證，證明其記載非常可靠。我們看胤征中的一段記載：「乃季秋月朔，辰弗集于房，瞽奏鼓，嗇夫馳，庶人走，羲和尸厥

官罔聞知，昏迷于天象，以干先王之誅，政典曰：先時者，殺無赦，不及時者，殺無赦。」經考證此次日蝕為仲康元年甲申九月壬申朔，西元前一三七年十月廿二日，推算無誤，胤征所載完全是當時見到日蝕慌張的情形。董氏云：「尙書堯典與仲康日蝕並得天象之證明，其時學術文化之高，非可懷疑之目光小視之也。」天文學應用在史學上，這是非常好的例證。歷史本來是前人生活經驗的記載，但在學術研究上，我們可以在裡面找出許多寶貴的資料，在這裡更可以看出史學與天文學的關係。

三、我國史書中有關天文的卷冊

我國史冊中對天文作有系統之記載當自漢以後，歷代正史中對天文曆法，彗流異象記載甚詳，就二十五史說，史記中之律、曆、天官三書、漢書、後漢書、晉書、魏書、隋書及宋史之律曆志，天文志；宋書、新舊唐書、舊五代史、金史、元史、明史中之曆志、天文志；南齊書中之天文志；新五代史中之天文考；遼史中之曆象志，以上各卷皆專門記述天文之事，其他如兩漢及宋書則另以五行志，記日食星變之現象，北齊書之方技傳，北史之文苑，藝術、儒相諸傳，亦有關天文之記載，總觀前後二千年未曾中斷，諸如哈雷彗星、太陽黑子，都有紀錄。

我們已經談過，最初由於人類對天體幻想，而產生

各種神話，在我國史冊中亦有類似的記載，但其並不失歷史價值，神話本來是不科學的，它只是古代沒有科學以前，人類受外界的影響而虛構的，這不單是天文上，在其他自然界變化上也是一樣，當他對自然現象無法解說時，他們會想出一套玄妙的見解來說明，一些神奇鬼怪的事，也就慢慢搬進去了。不過在星象上一些神話，最初似乎是爲了記憶而設計的。直到現在在研究天文上，還是有著很大的幫助。我國史冊上的記載有所謂五行星變，其吉凶之說雖不可信，而其所記載之事實，當不失研究之價值，其他民族亦然，在各個民族史上實在是最寶貴的一部分。

四、我國古代天文學發達的原因

前面已經討論到，在人類文化演進的過程中，由於農人們必須知道在適當的季節播種，才能有好的收穫，促使他們對天文的研究。根據史冊記載，我國農業發達很早。如晉書律曆志云：「炎帝分八節，以始農功。」史記五帝本紀：「舜耕歷山。」漢書食貨志：「后稷始耨田，以二耜爲耨，廣尺深尺曰耨，長終晦，一晦(三耨)，三耨，一夫三百耨，而播種於三耨中。」總之，由於古代我國農業的進步，而自古聖賢又都能以利民生爲終始，因此測天、授時、造曆成爲王者治國之急務。左傳文公元年云：「舉正於中，民則不惑，歸餘於終，事則不悖。」左傳文公六年云：「閏月不告朔，非禮

也，閏以正時，時以作事，事以厚生，生民之道於是乎在矣，不告閏朔，弃時正也，何以爲民。」故堯年耆禪舜，而命舜曰：「天之曆數在汝躬。」曆數，爲天曆運之數。帝王易姓而興，故言曆數爲天道。舜亦命禹。到夏仲康之世，羲和因昏迷於天象，而遭殺身之禍，這種種都說明了我國古代對天象的重視，也因此促使我國早期天文學的進步。

五、我國古代曆法與天文學的研究

天文學與曆法是兩件事，若研究其根源，兩者卻有密切關係。我們已經談過，古人觀察天象主要在明曆授時。現在再就治曆的基本觀點論，後漢書律曆志云：「建曆之本，必先立元，元正然後定日法。」蓋我國古代曆法首在曆元，必以甲子朔旦夜半冬至齊同，爲起算點，當其時且須日月五星同度，謂之上元。爲達到此理想，於是晝測日影，夜測中星，定節氣之早晚，測日月星辰之行度，因此促使我國早期天文學的研究。而我國古曆也就是因爲能與天象配合，所以在各方面都非常完美。

六、遠古時代的傳說

我國古代傳說盤古氏開天闢地，天皇始制干支，地皇定三辰，制日月，女媧氏鍊五色之石補天，在苻秦徐

整著三五歷記中這樣說：「未有天地之時，混沌如雞子，盤古生其中，一萬八千歲，清陽爲天，濁陰爲地，盤古在其中，天日高一丈，地日厚一丈，盤古日長一丈，如此一萬八千歲。天數極高，地數極深，盤古極長，後乃有三皇。」在司馬貞補史記三皇本紀中說：「天地初立，有天皇氏，十二頭，澹泊無所施爲，而俗自化，兄弟十二人，立各一萬八千歲。」「地皇十一頭，十一人，興於熊耳、龍門等山，亦各萬八千歲。」「人皇九頭，乘雲車，駕六羽，出谷口，兄弟九人，分長九州，各立城邑，凡一百十五世，合四萬五千六百年。」又「共工氏與祝融氏戰，不勝而怒，頭觸不周山崩，天柱折，地維缺，女媧氏乃鍊五色石以補天，斷鼇足以立四極。」淮南子云：「往古之時四極廢，九州裂，天不兼覆，地不周載，於是女媧氏鍊五色石以補蒼天，斷鼇足以立四極。」這些話未免神乎奇神了，都不足採信。不過近代史家多認爲這些傳說，可能是代表了一個時代，比如女媧氏代表著石器時代。

七、堯舜以前天文學之發展

曆數之法，相傳始於伏羲，他以陰陽兩種符號，錯綜配合，發生各種變化來說明宇宙現象，和人生道理。易擊云：「古者庖犧氏之王天下也，仰則觀象於天，俯則觀法於地，觀鳥獸之文，與地之宜，近取諸身，遠取諸物，於是始作八卦。」周髀算經云：「古者庖犧立周

天曆度。」漢書律曆志云：「自伏羲畫八卦，由數起。」管子曰：「慮戲氏造作六峯，以迎陰陽，作九九之數，以合天道，而天下化之。」伏羲氏約當距今五千年前的舊石器時代，無論怎樣那個時代人們已經注意到天象的觀察是可想像的。

到神農時代，神農氏又用八卦之理，作耒耜，定八節，以利農功，那時我國已進入農耕時期，時間約在西元前三四九四年至二六七五年間。八節，即冬至、夏至、春分、秋分、立春、立夏、立秋、立冬。周髀算經注：「二至者，寒暑之極，二分者，陰陽之和，四立者，生長收穫之始，是爲八節。」

史記曆書索隱：「案古曆者，謂黃帝調曆以前，有上元太初曆等，皆以建寅爲正，謂之孟春。」漢書律曆志：「迺以前曆上元泰初四千六百一十七歲，至於元封七年，復得闕逢攝提格之歲。」也就是說上元泰初曆，在黃帝以前，距漢武帝元封七年，凡四千六百一十七歲。但不知爲何人所製。總之，在神農之世，由於農業的發達以及農耕的需要，當時可能已經有較爲進步的計時方法。

到黃帝時代，造曆置閏定歲、分廿四氣，天文學已經很進步了。曆法上也有了相當基礎。

史記曆書：「黃帝考定星曆。建立五行，起消息，正閏餘，於是有天地神祇物類之官，是謂五官，各司其序，不相亂也，民是以能有信，神是以能有明德，民神異業，敬而不瀆。故神降之嘉生，民以物享，災禍不

生，所求不匱。」索隱：「黃帝使羲和占日，常儀占月，叟區占星氣，冷綸造律呂，大橈作甲子，隸首作算數，容成綜此六術而著調曆也。」又史記曆書：「昔者黃帝合而不死，名察度，驗定清濁，起五部，建氣物分數。」孟康曰：「五部，五行也，天有四時，爲五行也，氣，二十四氣。物，萬物也。」

少皞摯時代，據左傳昭公十七年：「少皞摯之立也，鳳鳥適至，故紀於鳥，爲鳥師而鳥名，鳳鳥氏歷正也。玄鳥氏司分者也，伯趙氏，司至者也；青鳥氏，司啓者也，丹鳥氏，司閉者也。」歷正爲治曆數，正天時之官，而玄鳥氏等爲歷正四屬，在官制上已較爲分明。

又據史記曆書：「少皞氏之衰也，九黎亂德，民神雜擾，不可放物，禍菑薦至，莫盡其氣，顓頊受之，命南正重，司天以屬神，命火正黎，司地以屬民，使復舊常，無相侵瀆，其後三苗服九黎之德，故二官咸廢所職，而閏餘乖次，孟陬殄滅，攝提無紀，歷數失序。」由此可知少皞以後曆法上經過了一段混亂時期。

總之，我國天文學發達時日已久，在以上所述的一段期間中，即自遠古至堯即位以前，因缺乏史料，無法再作進一步之考證。昔孔子刪書，斷自堯舜，而司馬氏不言神農以前治曆之法，就是這個原因吧！

八、堯舜時代天文上的貢獻

堯最大的功業，而爲後世所稱道的，莫過於觀象授

時，復定曆法。其以閏月定四時成歲之制，一直延用到四千餘年。尚書堯典：「乃命羲和，欽若昊天，曆象日月星辰，敬授人時。」傳：「曆所以紀數之書，象所以觀天之器。」王安石云：「曆者，步其數，象者，觀其象。」總之，其目的在觀測天象，頒告國人時日。尚書堯典：「分命羲仲，宅嵎夷，曰暘谷，寅賓出日，平秋東作，日中星鳥，以殷仲春；申命羲叔，宅南交，平秋南訛，敬致，日永星火，以正仲夏；分命和仲宅西，曰昧谷，寅饑納日，平秩西成，宵中星虛，以殷仲秋；申命和叔，宅朔方，曰幽都，平在朔易，日短星昴，以正仲冬。」宅與度通，度日景也，謂測東西日出入相差時刻，及南北日影相差。又日中，春分也。殷，正也，日永，夏至也。可見當時已知實地推測太陽之視行，四季寒暑之變化，並參照星象以定歲時，故在曆法上非常精確。尚書堯典：「帝曰咨汝羲暨和，朞三百有六旬有六日，以閏月定四時成歲，允釐百工，庶績咸熙。」因此史記曆書曰：「堯復遂重黎之後，不忘舊者，復典之而立羲和之官，明時正度，則陰陽調，風雨節，茂氣至，民無夭疫。」而其曆法的基礎則在陰陽並用，由此可知當時天文學已非常進步。

舜在觀天象方面更爲精細。書舜典：「在璿璣玉衡以齊七政。」疏：「在，察也；璿，美玉；璣衡，王者正天文之器，可運轉者；七政，日月五星各異政，舜察天文齊七政，以審己當天心與否。」或說璿璣玉衡即漢時之渾天儀。而渾天儀起於何時說法不一。事物紀原

云：「高陽造渾儀。」春秋文耀鉤：「唐堯即位，羲和立渾儀。」後漢書明帝紀注：「渾儀以銅爲之，置於靈臺，王者正天文之器也。」後漢書張衡傳：「再遷爲大史令，遂乃研覈陰陽，妙盡璇璣之正，作渾天儀。」高平子先生根據史記天官書，認爲璿璣玉衡以齊七政，系指北斗七星。總之，堯舜之世，測天的方法已很進步。

九、夏曆

前面已經談過，人類爲利用天象計時，而促使天文學的進步，因此曆法的精密，乃天文學進步的象徵。

夏代最大的貢獻是夏曆，古王者易姓，有改正朔的事。史記曆書：「夏正以正月，殷正以十二月，周正以十一月。」我國古曆，本有建寅、建子、建丑之分，建子以十一月爲歲首，建丑以十二月爲歲首，建寅以正月爲歲首，夏建寅，故後世稱建寅之曆爲夏曆。因爲夏曆四季，自正月始平均分配在十二個月中，最能配合農事，所以至今民間尙在使用。

我國古曆自伏羲至黃帝已漸進步，到堯舜時代而大備。夏承唐虞之制，故其曆法基礎實建立於堯舜。至殷周則改用其國原有之舊曆。尙書大傳：「夏以孟春月爲正，殷以季冬月爲正，周以仲冬月爲正，夏以平旦爲朔，殷以雞鳴爲朔，周以夜半爲朔，不以二三月爲正者，萬物不齊，莫適所統，故必以三微之月爲歲之三正也。」後漢書章帝紀：「春秋於春每月書王者，重三

正，慎三微也。」注：「三正，謂天地人之正，三微者，三正之始，萬物皆微。」後漢書陳寵傳注：「三微三正也，言十一月陽氣始施，萬物動於黃泉之下，微而未著，其色皆赤，赤者陽氣，故周以天正爲歲，尚赤，夜半爲朔；十二月萬物始牙，色白，白者陽氣，故殷以地正爲歲，色尚白，雞鳴爲朔；十三月萬物始達，其色皆黑，人得加功以展其業，夏以人正爲歲，色尚黑，平旦爲朔，故曰三微，王者奉而成之，各法其一，以改正朔也。」而自漢武帝以後，歷代皆用夏正，即以建寅之月爲正月，其間僅王莽代漢，改國號新，改定正朔，行殷正，自建國至滅亡，先後十五年。至漢光武帝仍復夏制。其後魏明帝景初元年至三年用殷正，唐肅宗上元二年至次年用周正，爲時至爲短暫。

故知三正即子爲天正，丑爲地正，寅爲人正。書甘誓：「有扈氏威侮五行，怠棄三正。」即怠惰廢棄天地人之正道，言亂常。馬融謂：「建子、建丑、建寅之三正，有扈氏廢棄正朔，不用夏正，亦不用唐虞以前建子、建丑之正也。」

我國古曆初以三百六十五又四分之一日爲一年，每年四季十二個月，每月以月亮之圓缺週期作爲月份日數，十二個月的總日數與全年總日數之差，以十九年七閏章法修正之。後漢書律曆志云：「日發其端，周而爲歲，然其景不復，四周千四百六十一日而景復初，是則日行之終，以周除日，得三百六十五日四分日之一，爲歲之日數。」又分一年爲二十四氣，每月二氣，周禮春

表一 三正比較（見中華五千年史）

天文月	夏正	殷正	周正	四時	節氣	中氣
子	十一	十二	正	仲冬	21 大雪	22 冬至
丑	十二	正	二	季冬	23 小雪	24 大寒
寅	正	二	三	孟春	1 立春	2 雨水
卯	二	三	四	仲春	3 驚蟄	4 春分
辰	三	四	五	季春	5 清明	6 穀雨
巳	四	五	六	孟夏	7 立夏	8 小滿
午	五	六	七	仲夏	9 芒種	10 夏至
未	六	七	八	季夏	11 小暑	12 大暑
申	七	八	九	孟秋	13 立秋	14 處暑
酉	八	九	十	仲秋	15 白露	16 秋分
戌	九	十	十一	季秋	17 寒露	18 霜降
亥	十	十一	十二	孟冬	19 立冬	20 小雪

官大史：「正歲年以序事。」疏：「一年之內有二十四氣，節氣在前，中氣在後，節氣一名朔氣，朔氣在晦，則後月閏，中氣在朔，則前月閏。」後漢書律曆志：「月之餘分，積滿其法，得一月，月成則其歲月大，四時推移，故置十二中以定月位，有朔而無中者爲閏月。」所謂中氣、節氣都是爲了農作上的方便，即分太陽年爲二十四段，以每兩段爲一天文月，每一天文月起點是節氣，中點是中氣，因以節氣、中氣作爲置閏的標準。

置閏之法始於黃帝，語見史記曆書：「黃帝起消息，正閏餘。」而行於帝堯，漢書律曆志云：「堯復育重黎之後，使纂其業，故書曰：迺命羲、和，欽若昊天，歷象日月星辰，敬授民時，歲三百有六旬有六日，以閏月定四時成歲。」商武丁以前，閏月放在當閏之年的最後一月，稱十三月，祖甲時，始置於當閏之月。

我國古曆有黃帝、顓頊、夏、殷、商、魯等，史稱六曆，其書久已失傳，而僅存史書、子書、緯書上之片段記載。據史家考證，六曆之基本法數，都和後漢四分曆完全相同。宋書曆志載祖沖之歷議：「古之六術，並同四分。」又據開元占經載六曆法數爲：

- 一歲三六五日又四分日之一。
- 一月二九日又九四〇分之四九九日。
- 一章十九年。計二三五五月。
- 一部四章。計七六年九四〇年，二七七五九日。
- 一紀二十部。計一五二〇年。

一元三紀。計六十部，四五六〇年。

考巴比倫陰陽合曆，到西元前三八三年才實行十九年七閏章法，埃及曆的太陽年，直到羅馬時代西元前六十三年，才加上尾數四分之一日。所謂「四分」是指一年中三六五日以外，還有小數四分之一。其計算法是四年一組，前三年每年三六五日，第四年三六六日。最初人們對我國古曆，疑信參半，但近數十年來，經董作賓先生甲骨文之證明，我國最遲在盤庚遷都以後便使用了四分曆，故知我國行十九年七閏章法，比巴比倫早一千多年，用三六五又四分之一的歲實，比羅馬早一千三百多年。

蓋我國曆法以太陽年爲主，以太陰月爲輔，依四季寒暑定年，日月合朔定月，太陽中天定日，又以干支紀日。在世界古曆中是非常進步的。自夏后氏頒夏時，成爲我國正朔之標準，以後雖屢經修正，大體上無甚變動，平年十二月，大月三十日，小月二十九日，全年三百五十四日或三百五十五日，每三年一閏，五年再閏，十九年七閏，閏年十三月，全年三百八十四日。每月以朔爲始，晦爲終，望爲月之半。一年中又分二十四氣，七十二候。所謂候，即東風解凍、蟄蟲始振蘇，魚上負冰、獺祭魚、候雁北之類。語見於禮記月令、淮南子時則訓等篇，其用以記載每月自然現象，即五日爲一候，三候爲一節氣，故歲有七十二候。

到民國成立，南京臨時政府頒布改用陽曆，爲我國曆法上的第一次大的改革，這種曆法係羅馬教皇格勒哥

里十三世(Pope Gregoria XIII)於西元一五八二年依據羅馬儒略曆法所改進的，高平子先生論世界曆法曾說：「我們所採用的陽曆，就是世界各國最大多數通行的曆法，卻並不是一個理想的好曆法。」

寫到這裡，我們絕非泥於古法，但是我們總覺得我國古曆有很多優點，其一能與農時配合。廿四氣七十二候，明白的指出耕種收穫的時間，給予農人很多方便。正如董作賓先生所說：「再精細一點有每節氣又分三段，每段五日的辦法，就是七十二候，寫盡了一年之中黃河流域天文地理人事和自然界的一切景物。」其二每月日期與月之盈虧配合，人們看到月亮的圓缺，就可以知道當天的日期。在陰曆中一個月二十九天，或三十天，是根據月亮朔望週期的近似值來的。而陽曆中一個月三十天，或三十一天，獨二月為二十八天，或二十九天，似並無所依據。一般人都稱我國曆法為陰曆那是不對的。高平子先生分曆法為三大典型，第一型是純陰曆，第二型是純陽曆，第三型是陰陽合曆。而我國古曆正屬於第三型，故實際上我應該稱其為農曆、華曆、夏曆，無論怎樣它總象徵著我國古代天文的發達，和歷史文化之悠久。

十、干支紀日

干支紀日始於何時，已無法考證。相傳天皇氏始制干支，以定歲之所在；太昊氏命潛龍氏造甲曆，以定歲

時。而尙書紀日確已用甲子，殷代帝王多以干支命名，在甲骨文中更是普遍的應用著。考諸史冊，我國曆法雖屢經變革，而干支紀日相續，故古代日序仍得以推算。董作賓先生考證，從商代太甲元年至民國五十年元旦，經三六九八年，以干支紀日未曾錯過，或間斷過。這是我國天文學發達最早的標幟。

干支即天干——甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸；與地支——子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥。用干支兩兩相配，合成「甲子」至「癸亥」六十個特別名詞，作為紀日之用，商書伊訓：「惟元祀十有二月乙丑，伊尹祠于先王。」中的乙丑，可能是史冊第一次見到的干支紀日，即太甲元年，民國元年前三六四九年。又董氏「庚申月有食。」牛胛骨的研究，知道那次月食為武丁廿九年，合西元前一三一年，民國紀元前三二二二年。

六十甲子是一種複合周期，這種周期的普遍應用，可能暗示其前期已有簡單的周期，高平子先生認為就是以十天干排列的旬，虞書益稷：「娶于塗山、辛壬癸甲。」高氏認為是禹和塗山氏女的結婚，只請了辛壬癸甲四天的新婚休假。蓋我國古代以旬紀日，說文：「十日為旬。」一月分上、中、下三旬。旬之最早見於尙書堯典：「朞三百六旬有六日。」大禹謨：「三旬。」傳：「旬，十日也。」周禮天官大宰：「期十日。」疏：「魯之卜，三正下旬之日。」周禮春官馮相氏：「十日。」疏：「十日者，謂甲乙丙丁之等。」

干支的本意，已難考證，周禮秋官鄉士協刑剝注：「和合支幹善日。」疏：「十二辰，子丑之等是支，甲乙丙丁之等是幹。」後漢書律曆志：「記稱大橈作甲子。」注：「引月令章句：大橈始作甲子以名日，謂之幹，作子丑以名日，謂之枝。」詩經：「芄蘭之支。」故支與枝通無疑。「干」「幹」可能是借用，說文通訓定聲：「干段借爲榦。」正字通：「於古干支之干，必作幹。」由此觀之，干支可能是取樹木繁生之義，以名紀日之法。

又說文通訓定聲：「干段借爲竿。」段氏說文解字注：「支，去竹之枝，以手持半竹。」干支可能是持竹以測日影之意，干即爲測日影之竿。

皇極經世：「十干天也，十二支地也，干支配天地之用也。」皇極內篇：「十爲干，十二爲支，十干者五行有陰陽也，十二支者六氣有剛柔也。」五行即水、火、金、木、土；六氣即陰、陽、風、雨、晦、明。

茲再舉史記律書十二字的說明如下：

子——滋也，萬物滋於下也。

丑——紐也，言陽氣在上未降，萬物厄紐未敢出。

寅——萬物始生，蟄然也。

卯——卯之爲言茂也，言萬物茂也。

辰——言萬物之帳也。

巳——言陽氣已盡也。

午——陰陽交故曰午。

未——言萬物皆成有滋味也。

表二 商代甲子表對照

51 甲寅	41 甲辰	31 甲午	21 甲申	11 甲戌	1 甲子
52 乙卯	42 乙巳	32 乙未	22 乙酉	12 乙亥	2 乙丑
53 丙辰	43 丙午	33 丙申	23 丙戌	13 丙子	3 丙寅
54 丁巳	44 丁未	34 丁酉	24 丁亥	14 丁丑	4 丁卯
55 戊午	45 戊申	35 戊戌	25 戊子	15 戊寅	5 戊辰
56 己未	46 己酉	36 己亥	26 己丑	16 己卯	6 己巳
57 庚申	47 庚戌	37 庚子	27 庚寅	17 庚辰	7 庚午
58 辛酉	48 辛亥	38 辛丑	28 辛卯	18 辛巳	8 辛未
59 壬戌	49 壬子	39 壬寅	29 壬辰	19 壬午	9 壬申
60 癸亥	50 癸丑	40 癸卯	30 癸巳	20 癸未	10 癸酉

十 崇 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 九 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 一 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛
 十 戌 一 夕 四 庚 口 卩 戌 辰 己 卯 辛 未 一 辛 未 工 九 父 辛 辛

申——言陰用事，申賊萬物。

酉——萬物之老也。

戌——言萬物盡滅，故曰戌。

亥——該也，言陽氣藏於下，故該也。

許氏說文解字對十干的說明如下：

甲——東方之孟陽氣萌動，从木載孚甲之象。

乙——象春艸木冤曲而出，陰氣尚彊，其出乙乙也。

丙——位南方，萬物成炳然，陰氣初起，陽氣將虧，从一入门，一者陽也。

丁——夏時萬物皆丁實、象形。文字蒙求：「似即今之釘字。」

戊——中宮也，象六甲五龍相拘絞也。

己——中宮也，象萬物辟藏詘形也。

庚——位西方，象秋時萬物庚庚有實也。

辛——秋時萬物成而孰，金剛味辛，辛痛即泣出，从一，从辛，辛皃也。段氏說文解字注：「从一辛。」

壬——位北方也，陰極陽生，故易曰龍戰于野，戰者接也。

癸——冬時水土平，可揆度也，象水從四方流入地中之形。

總之，我國「干支」系統，是世界最古老，最長久的一種紀日方法。甲乙和子丑等可能是一種符號，它與日月星辰，季節寒暑，以及人們生活環境的事物相關，或最先是甲乙為主紀日，而後再以子丑與其相配成甲

子。地支十二之數，可能與一年中日月約交會十二次相關。左傳昭公七年：「晉侯謂伯瑕曰：吾所問日食從矣可常乎？對曰：不可六物不同，民心不壹，事序不類，官職不則，同始異終，胡可常也。」「公曰：何謂六物？對曰：歲、時、日、月、星、辰是謂也。公曰：多謂寡人辰而莫同，何謂辰？對曰：日月之會，是謂辰。故以配日。」註：「一歲日月十二會謂之辰。」疏：「日謂十日，從甲至癸也，十二會從子至亥也。」注：「謂以子丑配甲乙。」

干支用以紀時是太初以後的事。至東漢建武年間，始同時用之紀年、月、日、時。



圖一 十二地支圖案

到民國初年，政府命令廢止農曆與干支紀日，而農曆與干支紀日在我國已通用數千年之久，故在史學考證方面仍佔著重要地位。與曆法同樣代表著我國悠久的歷史文化。

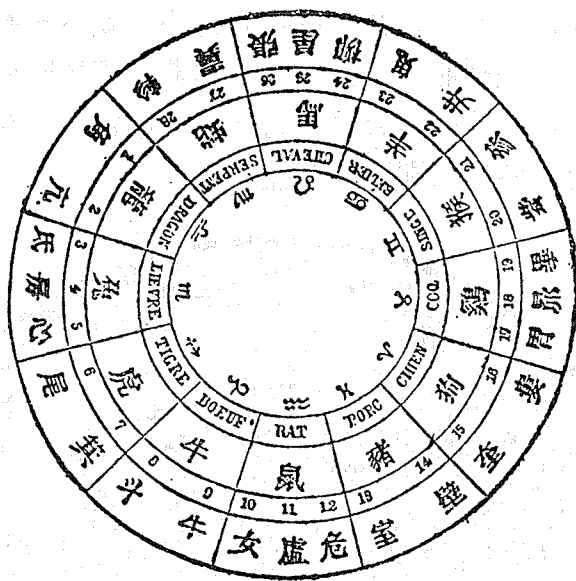
十一、周代天象的觀察

周代有土方氏，掌土圭之法，以致日景；保章氏觀日月星辰，以志其變動；馮相氏察天體，以測其次序。而甘德，石申所作之星圖，為我國繪製星象位置之始，亦為世界最早之恆星錄。在此時期，我國天文學，在理論和觀察各方面，都有了相當基礎。

我國古代天文學分周天之恆星為三垣廿八宿。以明日月五星的行道位置、和吉凶禍福的占卜。漢書律曆志：「日月初躔，星之紀也。」注：「躔，舍也，廿八舍列在四方，日月行焉，起於星紀，而又周之。」唐書曆志：「日躔宿度，如郵傳之過。」周髀算經：「立二十八宿，以周天曆度之法。」由於歲差的關係，目前廿八宿已不在原方位。或云廿八宿，遠自黃帝時代已被採用。事物紀原：「帝王世紀曰：黃帝受命，乃推分星次，以定律度，劉昭補漢志亦曰：黃帝定星次。即今爾雅所記十二次與廿八舍之度，皆自帝昴之也。」考其星名，已見於書、詩、夏小正、爾雅諸書，故知其當起自周代以前。三垣，即上垣太微十星，中垣紫微十五星，下垣天市二十二星，廿八宿即東方蒼龍七宿：角、亢、

表三 二十八宿(宮)

宿(宮)	五行	星相	經度		
1	木	蛟	201°	3'	0"
2	金	龍	211	42	1
3	土	貉	222	17	35
4	日	兔	240	8	48
5	月	狐	245	0	25
6	火	虎	253	27	15
7	水	豹	268	28	15
8	木	獬	277	23	6
9	金	牛	301	15	11
10	土	蝠	308	55	54
11	日	鼠	320	36	16
12	月	燕	330	23	45
13	火	豬	350	41	59
14	水	獠	6	22	9
15	木	狼	17	48	12
16	金	狗	31	10	39
17	土	雉	44	8	47
18	日	雞	57	12	1
19	月	鳥	65	39	58
20	火	猴	80	54	47
21	水	猿	79	34	6
22	木	犴	92	30	21
23	金	羊	122	56	24
24	土	獐	127	31	4
25	日	馬	144	29	44
26	月	鹿	152	54	37
27	火	蛇	170	56	9
28	水	蚓	187	56	52

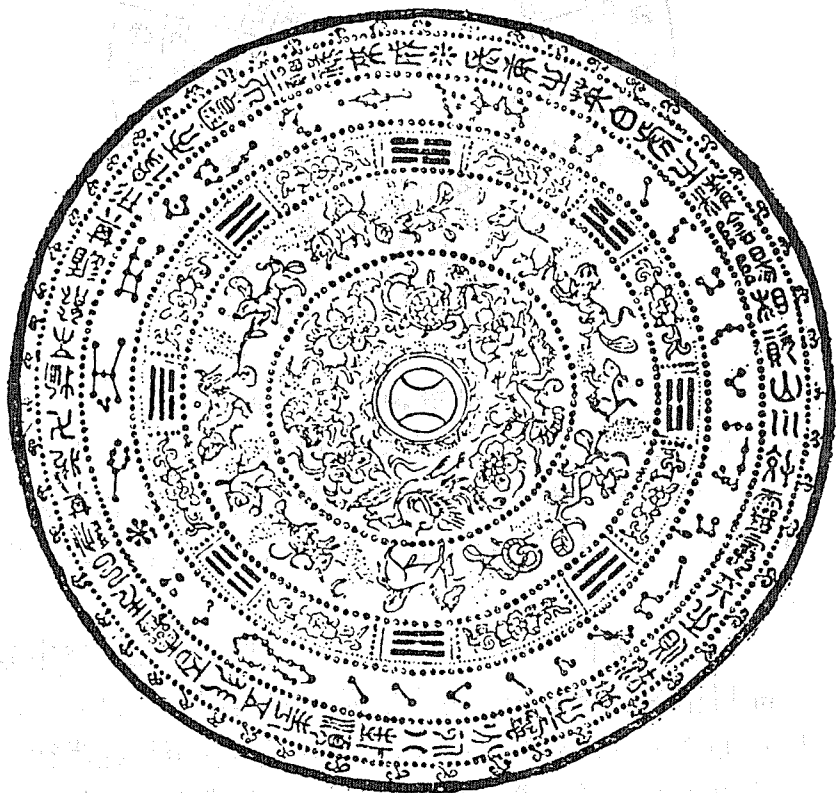


圖二 十二地支和二十八宿的配置

氏、房、心、尾、箕；北方玄武七宿：斗、牛、女、虛、危、室、壁；西方白虎七宿：奎、婁、胃、昂、畢、觜、參；南方朱鳥七宿：井、鬼、柳、星、張、翼、軫。

蓋古代定日所在，由昏明中天之星宿推之，昏中星，即日落後首現於子午圈上之星，堯典曰：「日短星昴以正仲冬。」若酉時為昏，昴星中天則冬至日在虛宿。因北半球冬至時地愈北昏時愈早，約正當酉時，故命宅朔方。又：「日永星火以正仲夏。」星火，即心宿，夏至日須至戌初方能見星，戌初心宿中天，夏至日當在星宿。又：「日中星鳥以殷仲春。」星鳥即星宿，酉時星

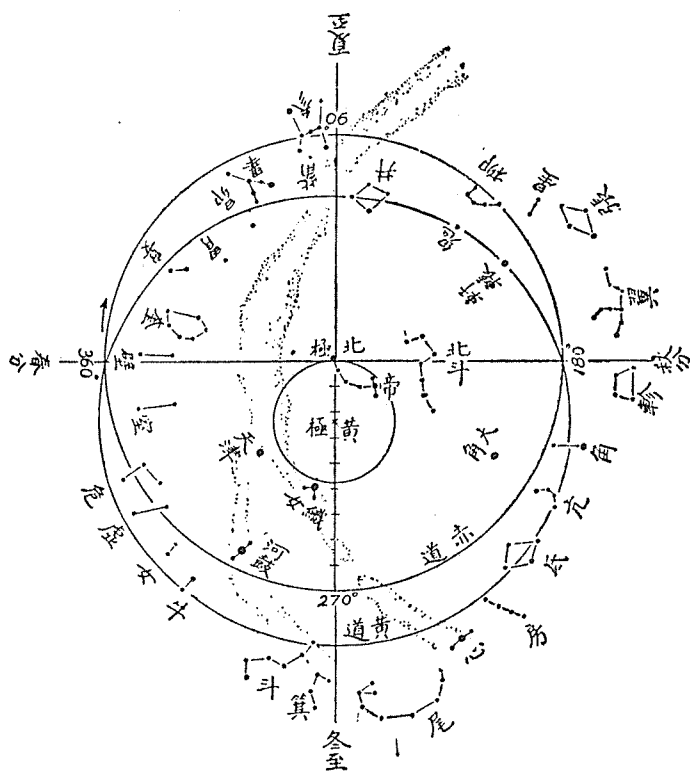
宿中天，則春分日在昴宿。又：「宵中星虛以殷仲秋。」酉時虛宿中天，則秋分日當在氐宿。就冬至點說，由於歲差年年在變動，考古證今，堯典之事於時於天均相合。由此可知我國對天象作有系統之觀察，由來已久。而至周時，各方面則更爲興盛。



圖三 唐朝的二十八宿鏡

茲再舉周代重要觀察之紀錄於後：春秋魯文公十四年秋七月：「有星孛入於北斗。」爲哈雷彗星最早的紀

錄。春秋莊公七年四月辛卯：「夜中星隕如雨。」為天琴座流星雨最早的紀錄。春秋魯僖公十六年：「春正月戊申朔，隕石於宋五」為隕石之能書其地，紀其數之最早紀錄。



圖四 中國星座略圖

第四章

地圓說的開始及演進

第四章 地圓說的開始及演進

一、古代的看法

我們已無法知道，誰最先想出了地是個球體，然而我們相信，我國在周朝已經有這樣的說法，而西方有此理論，亦當在亞里斯多德以前，但是當時這種見解，同樣沒有被人們所注意。我們先看大戴禮記中單居離和曾子的一段對話：「單居離問於曾子曰：天圓而地方者，誠有之乎？曾子曰：如誠天圓地方，則是四角之不揜也。參嘗聞之夫子曰：天道曰圓，地道曰方。」由此可知這裡的方圓並非指其形狀，所謂乾爲天爲圓，坤至靜而德方，皆言其道也。再看周髀算經上說：「春分之日夜分，以至秋分之日夜分，極下常有日光；秋分之日夜分，以至春分之日夜分，極下常無日光。故春秋分之日，夜分之時，日光所照適至極，陰陽之分等也，冬至夏至者，日道發歛之所生也。」「故日運行處極北，北方日中，南方夜半，日在極東，東方日中，西方夜半，日在極南，南方日中，北方夜半，日在極西，西方日中，東方夜半。凡此四方者，天地四極四和，晝夜易處，加四時相反，然其陰陽所終，冬夏所極皆若一也。」又說：「是以知極下不生萬物，左右夏有不釋之冰。」「中衡左右，冬有不死之草，夏長之類，此陽彰陰微，故萬物不死，五穀一歲再熟，凡北極之左右物有朝生暮穫。由

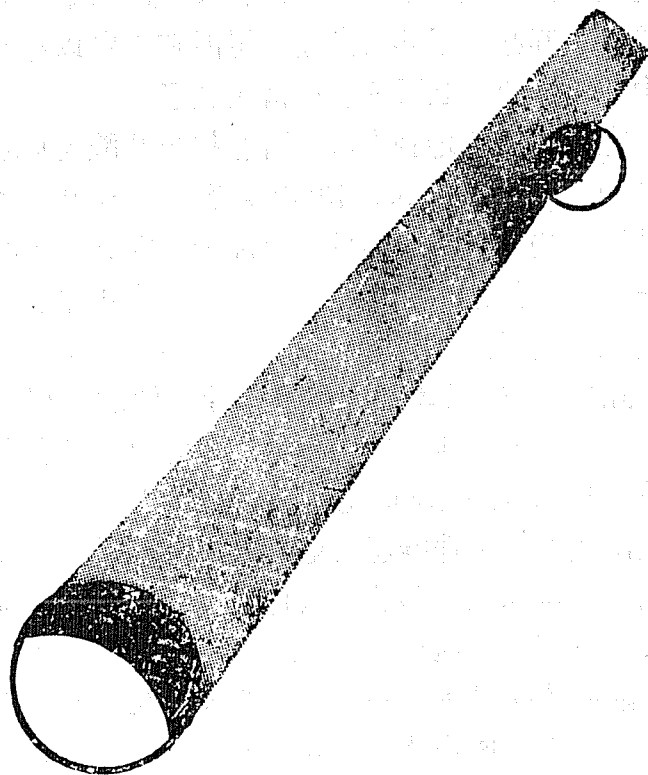
這裡可以看到，那時他們已經知道，由於陽光的往返，在北極有半年的時間受到陽光，故有所謂作物朝生暮穫的說法。呂氏春秋有始覽也談到：「冬至日行遠道，夏至日行近道，乃參於上，當樞之下無晝夜。」這似乎都是依地圓立論的。周髀中又說：「天象蓋笠，地法覆槃。」說文中解釋，槃，爲承盃器也。書舜典疏：「蔡邕天文志云：言天體者有三家，一曰周髀，二曰宣夜，三曰渾天，周髀術數具在。虞喜云：周髀之術，以爲天似覆盆，蓋以斗極之中，中高而四邊下，日月旁行遶之。」斗極即北極，見魏書崔浩傳。

周髀即所謂蓋天之說，其以句股之法，度天地之高厚，推日月之運行，而得其度數，爲句股法之祖，說明句方加股方等於弦方，以推算日之遠近，並定圓周率爲徑一周三。渾天者以爲地在其中，天周其外，日月初登於天，後入於地。王蕃渾天說曰：「天之形狀似鳥卵，天包地外，猶卵之裹黃，圓如彈丸，故曰渾天，其術以爲天半覆地上，半在地下，其南北極持其兩端，其天與日月星宿斜而迴轉，此必古有其法，遭秦而滅。」宣夜之說早已不傳，虞喜云：「宣，明也；夜，幽也。幽明之數，其術兼之，故曰宣夜，但絕無師說，不知其狀如何。」事實上我們可以看出，周髀的論點，有的地方是與渾天相同的。梅文鼎云：「地圓可信，大戴禮有曾子之說。」曾子之言本周髀之說。梅氏之論是有根據的。而如王充所持蓋天之論，似非周髀之本意，以後當論及。

我們再看揚雄在法言中的一段話：「或問渾天，曰：落下閔營之，鮮于妄人度之，耿中丞象之。幾乎！幾乎！莫之能違也。」他是用來斥蓋天而說明渾天的。由此而知，渾天說，當與渾天儀有關。渾天儀的創製前章已論述，其應用已非常久遠，可能在堯舜以前已經發明，由此可知渾天之說亦已相當久遠了。

在西方有關地圓之說，可能起自希臘大哲學家畢達哥拉斯(Pythagoras)和畢氏學派的一些思想家。畢氏在數學上的成就，已為世人所周知，在天文上的理論，卻很少為人們注意。他在西元前五三〇年左右，約當我國周景王年間，提出大地球形說和天動說。哥白尼(Copernicus)的天體學說，就是受到他的影響，不過那是西元一四七三年以後的事了。在此以前尚有大哲學家亞里斯多德(Aristotle)在西元前三八四年至三二二年間，提出這件事，他推想大地必須是個球體，因為球體具有完美的數學上的形態，只有完美的形態，才適宜於代表大地和宇宙，他指出月蝕時，月亮運行到大地的陰影中，陰影的邊緣是圓的，亞里斯多德認為大地的陰影投射到月亮上，像是圓形盤的一部分，而在一切幾何圖形的物體中，無論從它甚麼方向投射，只有球體恆投射圓形陰影。這是一個既簡單又極巧妙的證明。這也是在理論上第一次有力的證明。到西元前二五〇年希臘天文學家愛拉托士澤尼茲(Eratosthenes)深信地圓說，竟利用日影而算出了地球的體積，據說其結果，與近代用儀器計算出的數量相差無幾，關於實際的算法以後各章再論

述。愛拉托士澤尼茲在當時他和一般人一樣只知道地球上的一小部分，而單憑他的心智力量，預示了其後幾千年的科學成就。



圖五 月蝕

二、世界的中心點

無論中外雖然地圓之說發明很早，但是有史以來人類卻一直抱著一個自負的想法，總以為自己位於宇宙的中心，探究全部歷史，雖經屢次證明這種想法的荒謬無稽，而人們卻仍篤信不疑。我國和印度以及美洲的馬雅族人都有自己位居宇宙中心的信念。希臘人居然算出世界的中心點。他們認為地像圓盤，而這個盤的中心位於德爾菲(Delphi)，即著名的阿坡羅(Apollo)的殿堂所在地。德爾菲位於帕斯山(Parnassus)的山坡上，離柯林斯(Corinthian)海灣，不過幾哩。在正殿的大堂中豎著一條磨得十分光滑的大理石圓錐，據說就是所謂世界中心點。世人既承認大地為球體，就不能自命為居於世界的中心位置。球體表面上的一切位置。在數學上全是同等同級的，任何一個位置不能說是和別的位置有差別。在這裡我們不能不讚揚我國周朝有位思想家惠施，他與莊周同時，莊子說他言不能中。但是惠子有段話，卻說出了地圓的見解。他說：「天與地卑，南方無窮而有窮，今日適越而昔來，我知天下之中央，燕之北，越之南。」地是圓的，故地之下有天，南方無窮，通常以南極為南方之窮處，故可說有窮，東方日中，西方夜半，東方人今日到越，西方人可謂之前日也。地既是圓的，就無所謂中央。我們看到這段話，在當時人說也許是太抽象了，像莊子這樣的思想家，似乎亦不能接受，更可惜的是，惠子有書五車，而不能傳於後人。

三、環行世界的證明

早期的地圓說，完全是出於思考，和數學上的推理，始終只有少數哲學家、天文學家和數學家才知道這回事。直到哥倫布(Christopher Columbus)時代，西方很多有學問的人，依然否認大地為球體形態。義大利熱內亞人哥倫布，深信地圓之說，認為從大西洋一直西航，可以到達那黃金國和香料之國，即中國和印度。他向西班牙宮廷懇求支持他經由西方路線到印度去的計劃。可是當時人有好些古怪的論調，例如：「你的船隊到達世界的邊沿會怎樣呢？這些船難道不會滑出邊沿，而跌進茫茫虛空中去嗎？」「假如世界是球體的話，在它下面的人不就要滑倒下去嗎？」「在我們所住的土地的那一邊，有腳在上頭在下，顛倒著身子散步的人，和雪雨由下向上降的國家。」這種說法我們在前面也提過，這種問題不是和兒童們的疑問一樣嗎？

由於哥倫布的決心和毅力，終於得到西班牙女王伊薩伯拉(Isabella)之助，於西元一四九二年八月三日星期五上午八時，帶了八十八名水手，分乘三艘帆船，由巴羅斯港(Palos)起航，時年五十六歲，他是一位職業航海家，早年兼習天文地理，使他有豐富的海上經驗，在整個航程中，歷盡艱險，而意外的發現了新大陸，事實上他並未完成環繞地球的壯舉，而只先後到達北美洲的巴哈馬群島(Bahame Islands)、西印度群島和南美

海岸，卻誤信爲印度的東海岸。然而這並不失其對人類偉大貢獻的價值，哥倫布的貢獻並不是在他發現一塊土地，而是從此人類對世界的看法改觀。在最初歐洲人還有一種傳說，由大西洋西航，那裡是魔海，怒濤海浪中有巨大的怪龍，興風作浪，太陽的火焰燒爛了天空，那裡是海的深谷，船會由此滑進地獄，魔海上還有美麗的魔女，以美妙的歌聲吸引人的心魂，而使其溺於海底，所以當時他們西航的船隊，無異是在向魔鬼挑戰，在當時人們心目中看來，實在是一件不可思議的事。

以後葡萄牙航海家，麥哲倫(Ferdinand Magellan)與天文家法利羅(Ruy Falero)於西元一五一九年九月二十日，由西班牙塞維里亞州(Seville)的散努卡·德·巴拿打港(Sanlucarde Barrameda)出海，全隊有五艘船，他們繞過美洲的南端而行，穿過太平洋到達瑪麗安娜群島(Marianas Is.)，發現菲律賓群島。西元一五二一年麥哲倫在菲律賓爲土人所害，死於菲島。他的船隊在船長德爾·卡諾(Captain de Cano)指揮下於西元一五二二年九月九日，繞過非洲，回到塞維里亞。哥倫布、麥哲倫、卡諾同樣爲地球圓形理論實地作了證明，爲人類奉獻了最大的力量，地的真正形狀，便成爲一般人的普通知識，因此結束了長期的迷惑和爭論。

至於當時他們尋求新航路的動機，完全是受到義大利人馬哥孛羅(Marco Polo)的影響，馬哥孛羅在我國元朝做過官，回國後著了一本東方遊記，書中描述東方國家的富裕，而引起西方人東來的意想，而當時中東回

教國家聲勢頗強，阻斷其東來的通路，因此他們才有另謀航路的決心。

四、地球真正的形狀

目前已沒有人反對地是一個球體的說法了，它到底是怎樣的一個球體呢？我們過去所知它是略呈梨形的，可是近來自人造衛星所作的度量顯示，地球有四個稜角，每一個稜角涵蓋了數千平方英里的面積，假如地是一個球體，則它們高出了球面二百二十呎，它們之間的低谷，也較球面低下二百五十三呎，這四個金字塔狀的稜角，是由於計算環繞地球飛行人造衛星之軌道時所發現的，當人造衛星通過稜角中心點的上空時，它被出乎意外的強大地心引力拉下數百呎，此一項新的發現使人類對地球外形的知識增為下列四點：

- 一、球面在赤道部位凸出，此點久已為人所熟知。
- 二、略呈梨形，南極為大的一端，北極為蒂部。
- 三、赤道略扁，呈卵形而非圓形。
- 四、具有金字塔狀的稜角四個。

稜角之一其頂尖在愛爾蘭迄北，向北極方向伸展，一個頂尖在新幾內亞北方，跨過赤道而延向日本，另一在非洲以南與南極間的中途，第四個頂尖在南美洲西部，秘魯的海岸附近。

自麥哲倫證明地球為圓形以來，科學家們都在試著發現其錯誤，但一切對二萬五千哩的赤道，和一億九千七百萬平方哩表面而言，都是微不足道的。

你看過一個表示地形的地球儀嗎？事實上依比例來說，我們地球上的高山，是沒有那樣高的。地球的半徑平均是三九五六哩，地球最高的山沒有超過五·五哩。如果依五·五哩計算，其與地球半徑的比約為一比七〇〇。現在我們將地球縮小成二呎半徑的球，這個球上面的山有多高呢，約〇·〇三四吋，如果化成公制尚不及一毫米。假設地球和籃球一樣大小，上面的所謂山水根本就看不見了。再說地球是扁的，它的扁率是一比二九七。我們可以用一個籃球，測定兩個垂直方向的半徑，然後計算出籃球的扁率，其數值遠比地球的扁率要大，我們可以說籃球是扁的，任何一個籃球都是一樣，但是我們是無法以肉眼看出的。事實上，地球的形狀我們目前所知道的，它不是圓形、橢圓形、梨形等等，它的形狀是一種特有的「地球形」，然而我們如果說它是個圓球，在它表面的各種地形地物，對整個地球來說並無多大影響。

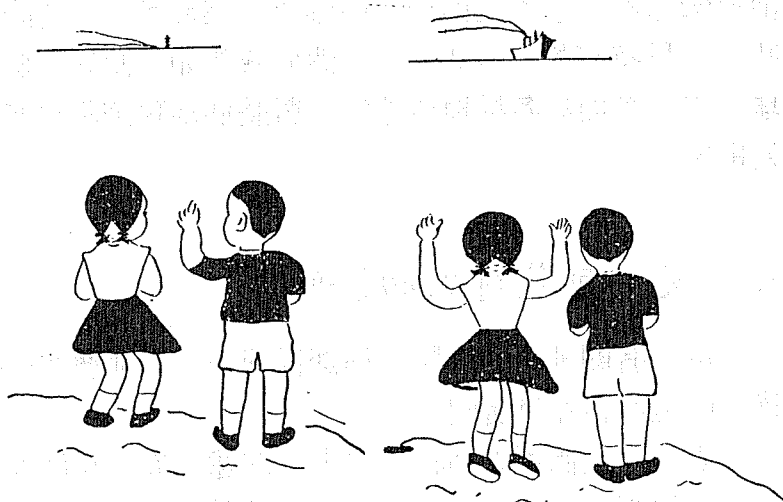
五、兒童可能得到的證明

以上有關地球的形狀已經談得很多了，那麼在教學時如何證明給兒童看呢？

第一，我們可以站在半山上，向遠處看，我們視力所及的地平線，必為一大圓弧，而視點愈高，所見之圓弧就愈大。

第二，站在海岸上看遠方來的船，先見船桅，後見

船身，因為海面亦隨地面而彎曲。這實驗是哥白尼最先提出的，他說如果我們在桅杆頂上放一盞燈，當船離岸出海，杆頂的燈光，看上去似乎在漸漸下沉，最後燈光不見了，像是沒於水中，用這理論證明地是圓的。我國漢代學者王充也做過這種實驗。他是以一人持火靶遠行至一段距離之後，火靶就不見了，他以爲這是由於距離愈遠，人之目力所不能及的緣故。並且他認爲日西沈，非日沒，而是人之目力所不能及。同樣的事實，而產生不同的理論，非常可惜。



圖六 遠處的船艦先見船桅

第三，觀察星辰方位。哥白尼曾提出在埃及和意大利，所見星辰不同。我們知道本省所見的星辰，和我國北方所見的亦不同。如老人星，在本省看到很高，而在北方就不易見到了，縱然看到也非常接近地平。如果單用這一點理由來證明地是圓的，是不夠的。我們以極星來說，如果極星非常接近地面，當距極星下方愈遠，所得的觀察角也就愈小，這項結果，若地非球形也是一樣。我國古代由於利用土圭觀測日影，一定明白這道理，也就因為這樣反而產生了錯誤的見解。

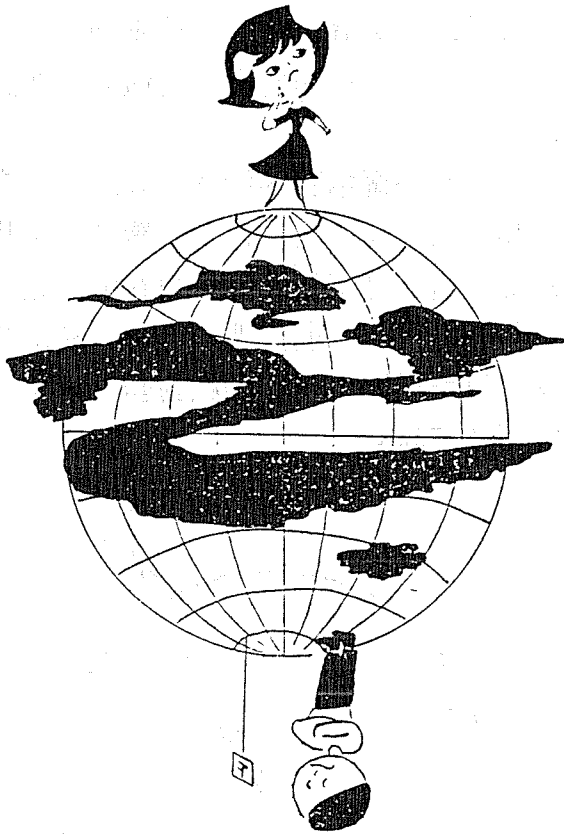
總之，地是個球體，低年級的兒童一定也會同意這一事實的，因為他們在家庭，或電影、電視上，已多少具備了這項知識。

六、「上」「下」的相對觀念

上與下的意義是非常多的，這裡我們就空間而言，如果地表上有一定點，我們就這一點作地表的垂線，在這線上遠離地表的方向為上，相反方向為之下，即物體之所謂高低。說文解字：「上，高也，此古文上，指事也。」中庸：「譬如登高必自卑。」漢書揚雄傳：「昔者禹任益、虞而上下和，中木茂。」上山也，下平地也。書舜典：「帝曰疇若予上下草木鳥獸。」傳：「上為山，下為澤。」由這些話看，上下完全是一種觀念，它必定有一個主觀的標準來比較，就我們在地球上而言，以我們自己為主，地在我們腳下，日月星辰高懸在天空

，在高處一切物體由於地之引力作用，皆有趨向地表的慣性。即在上曰上，在下曰下。這是我們一般人對於上下的看法。由於古人把天地看成為絕對的上下，他們所指的上下，有時候就是天地，我們看我國古書上的一些記載，尚書堯典：「光被四表，格于上下。」傳：「故其名聞充溢四外，至於天地。」論語述而：「禱爾於上下神祇。」注：「謂天地也。」因為地在古代人類的心目中是平的，最初有了地圓的想法，在他們而言，顯然對上下的存在有了牴觸。

如果兩個人站在地球上的兩個相對位置，一個在南極，另一個在北極，就這兩個人來說，到底誰在誰的上面或下面呢？可能他們兩個人都會感到別人會掉離地球吧！如果我們在臺灣穿過地心，向地球的那一邊打一個洞，這個洞的另一出口，是在南美的巴拉圭附近，現在一個中國兒童，和一個巴拉圭兒童，做一項遊戲，中國兒童由洞口放下一個皮球，假設這個球可以自這邊放進，而由那邊出去的話，我國的這位小朋友一定會說：「球落下去了，球由那邊落出了。」而巴拉圭的兒童站在那邊看到球卻說：「一個球升上來了，球由洞口升上來了。」球到底是升是降呢？事實上，就地球兩邊的兩個人來說，是無所謂上下可言的。地表萬物的存在，該由於引力的作用。在地表外不遠的一件物體，都會由地表的一個垂直方向落到地表來，也就是說如果地表有一點，此點與其正上方的聯線，應該是垂直地表的。過去天地是絕對的，因此地表所有的垂直線都是一個方向的，

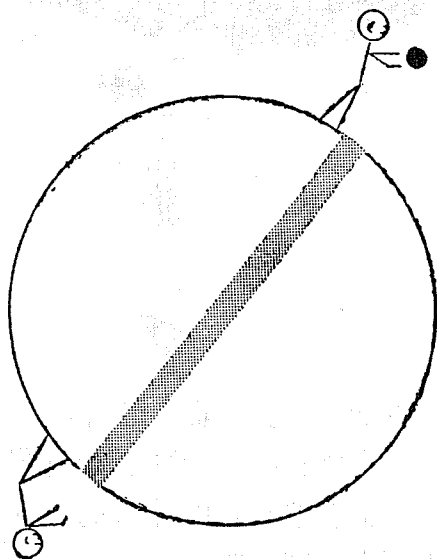


圖七 「上」與「下」(一)

那樣上下也是完全絕對的。地球證明為圓球之後，垂直的觀念動搖了，由於地球是圓球形的，垂直線的方向則取決於地球表面上何處所繪者。地球上不同點有不同的垂直線，除非指明地球表面上的一定點，否則上與下毫無意義。在中古時代人類一直對圓球形的地球觀念嘲笑

，他們認為人類那裡能夠倒著走路呢？這是他們觀念上的錯誤，其實地是圓的，地表的垂直方向也就是上下，是相對的。當地球上兩個人，在地球兩邊誰是上下的問題，並沒有什麼牴觸，只因為垂直的觀念是相對的，而不是絕對的。

總之上下只是一個相對的觀念。地球在太空中僅為一微小的天體，如果我們站在月亮上看地球，我們同樣可以看到地球高掛在月亮的上空，而在整個太空間就地與月言，並無所謂上與下或高與低之分。在地球上所說的上下觀念，只是指地表的兩個相對垂直方向，也就是地心引力的正負方向。



圖八 「上」與「下」(二)

以上所述的事實，是地球表面相當距離的兩地而言

，或地球與別的星球而言，以使我們領悟上下及垂直相對性的真實意義。如果考慮到兩座相鄰的大樓，我們實際上可把兩座樓的高牆視著平行，當兒童上體操立正排隊的時候，他們都是垂直站在一個平面上的。就是說在這座樓基的兩點，或兒童站的各點上的垂直線，可視為各個互相平行的，即這些點的垂直線或上下方向是絕對的。只要我們不牽涉到相當大的地域時，決不會發覺絕對垂直觀念的不當。中古人們對上下的絕對觀念，在我們看來似乎是可笑的，事實上只是在那個時代裡，實驗的範圍受到極大的限制，人類旅行的範圍有限，他們只知道地表的一小部分。

第五章

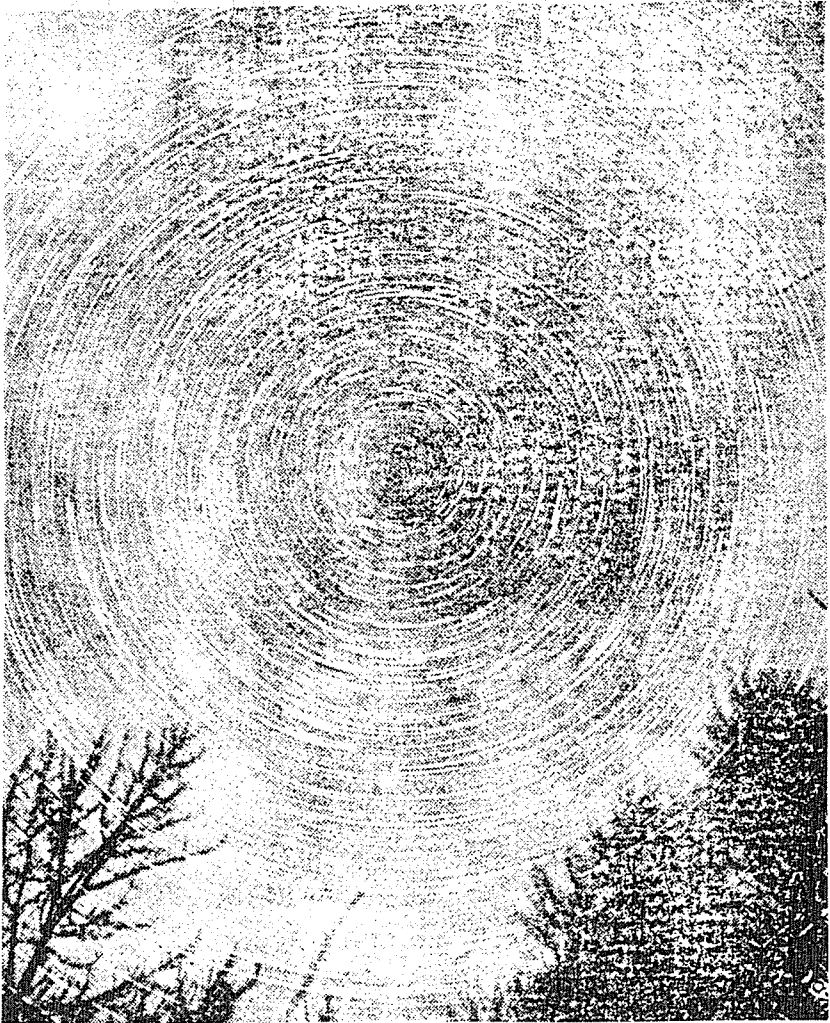
人類對宇宙觀念的轉變

第五章 人類對宇宙觀念的轉變

一、地動說的起源

自古宗教思想與科學理論，往往不能相容，直到現在還有許多事實，無法適應人們在宗教上的觀念。西元一六〇〇年，意大利僧侶奧丹諾·布隆諾(Giordano Bruno)，爲了科學真理被以「異教徒」之罪名，綁在火刑柱上活活燒成灰燼。他認爲大地像一個渺小輕微的球，像一粒灰塵那樣漂浮在空間，當時羅馬教廷和一般人們心目中認爲這看法完全是瘋狂。難道說地球的地位沒有因救世主的降臨而蒙福嗎？地球的地位一定是重要的，到了西元一六三四年，偉大的數學家、科學家、天文學家和天才實驗家伽利略(Galileo)被迫宣佈他科學理論的錯誤時說：「我伽利略，現年七十歲，是佛羅潤斯(Florence)故溫斯恩茲·伽利略(Vincenzio Galileo)之子，經受審判放棄對太陽中心和太陽不動的謬論，並不作任何方式之堅持辯解或傳佈。」顯然他的言論同樣被當時一般人所反對。

在各國古代民族文化中反映出人類可能在一萬多年以前，已在努力探求衆星的運動和宇宙的來源。他們最後以宗教性的神話解決了這些問題。中國人說我們的遠



圖九 以照相機對北極星曝光一小時的相片，圓弧是星星的視動軌跡(YerKes天文臺攝)。

祖盤古氏開天闢地。西方人說上帝創造天地萬物。於是

這些見解世代相傳。由於科學尚不能肯定的說出宇宙的起源，因此有一部分人，還不願放棄他們在宗教上對宇宙的信念。

西方在西元前六世紀，希臘哲學家畢塔哥拉斯和畢氏學派的學者們打破了神話的迷惑，首先憑理性設法了解天上的景象。他們認為只有藉著數學，才可明瞭天上光點的運動。畢氏告訴世人：數字是了解自然和宇宙的鑰匙。他們認為太陽、月亮和各行星似乎環繞地球旋轉，地球位居中央，以八個同心球體的存在解釋星辰的運動。各個球體則各自帶著鑲嵌在球體上的星辰，慢慢一圈又一圈的轉動。主張所謂天體和聲論，他們替每個球體定下了體積，並且假定行星的體積一個比一個大，其體積的增加，彷彿豎琴之類樂器的弦長增加情形。而球體是由最明澈的水晶做成的，當運轉時，互相摩擦，發出一種和諧的音樂，而這種音樂，只有神才聽到。到了西元前二百八十年，希臘天文學家阿里斯塔契斯(Aristarchus)，提出太陽位居中央，而諸行星，包括地球，卻是循著巨大的軌道，圍繞太陽旋轉，他是第一個清楚而正確地把天空的偉大圖樣描繪出來的人。阿里斯塔契斯的理論，完全是循著畢氏學派途徑的。因此西方地動說，實起源於畢氏學派，可惜由於當時人類思想未開，未能引起人們的注意。

我國周代就有地恆動不止，人不知譬如人在舟中閉牖而坐，舟行不覺之理論；或地浮空中，不氣舉之；或天了無質，仰而瞻之，高遠無極，日月星辰相浮空中，

行止皆須氣焉之說法。行星軌道不同之理論，則在周末亦已明瞭，屈原天問有「圜則九重，孰營度之。」之句。由此可知當時我國文化並不落西人之後。但經秦亂，國人對古代中華文化已無法窺其全貌，現有資料多係片段記述，亦無可考證。由於帝王之紛爭，影響到民族文化的發展；由於民族自信心的喪失，而造成科學的落後；近數十年來，大陸的動亂，使我民族文化更受到空前浩劫。

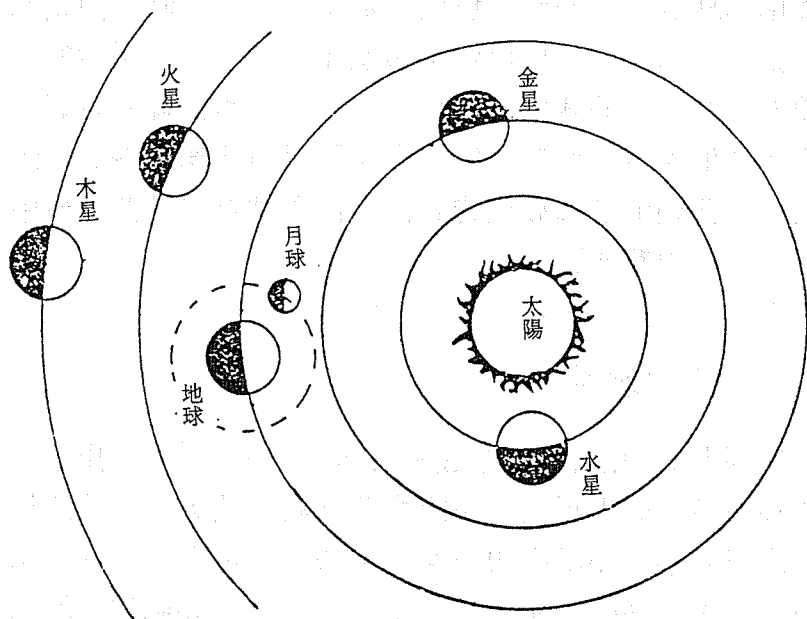
總之：人類對宇宙的觀念，和天文知識，無論中西，在遠古時代已經有了相當的成就，但是沒有為多數人所了解。因此也就沒有被普遍去研究和探討。當西元一五二二年九月九日麥哲倫航行世界的船，回到塞維里亞，船上的日曆標明回港的日子是九月八日，誰都沒有去想為什麼往西環航地球一周，要失掉一天呢？麥哲倫環航成功後，人類自以為居住在地之中心的想法，業已轉變，但仍然保持著地球是宇宙中心的理論。

二、哥白尼行星系

到了西元一五四三年，尼柯拉·哥白尼(Nicolaus Copernicus)，發表了著名的天旋論(De Revolutionibus Orbium Coelestium)，因為他的看法恰好與當時人們所認為的「真理」相反，而一直沒有提出。最後在他書成之日，因中風，已是意識昏迷，形將就木。他像最初阿里斯塔契斯的見解一樣，認為太陽是行星的

中心，並且有系統的加以說明，這在人類的思想上，是一次革命性發展的開端，但是這種觀念在當時並沒有被人們所接受。以後經第谷白萊(Tycho Brahe)、伽利略(Galileo)、刻卜勒(Johann Kepler)等的提倡，哥白尼的學說，乃風行遐邇。

哥白尼，波蘭人，西元一四七三年二月十九日生於波蘭一個叫「Torun」的鎮上，父親是個富商，也是當地的法官和市民社會領袖。十歲時，父親逝世，與兄姊被舅父收養。舅父是位學者，後來受任主教，哥白尼在他影響之下，立志以教會做終身職業。十八歲入波蘭首都克拉考(Cracow)的大學深造，他選修了天文學、



圖十 哥白尼行星系

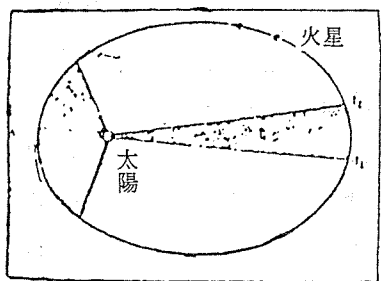
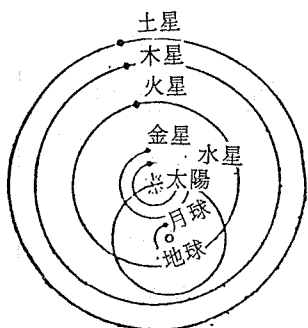
哲學、幾何學和地理學，以後到意大利學法律，並且得到法學博士學位，在他三十歲那年又回到意大利帕度(Padua)的醫學院學醫。由於當時醫學和天文學的研究有著密切的關係。他們認為人體的器官與黃道帶十二宮，有某種神秘的關係，也因為這樣，奠定他研究天文的基礎。

哥白尼在天旋論一書中，他只論到行星本身和行星間的運動，以及地球正在繞著它自己的軸心旋轉，同時也和其他行星一樣繞著太陽運行。而天上無數恆星，仍然被看著附著在一個大球上，這個球包圍著整個宇宙，太陽位於中央，直到幾十年後布隆諾才提出，這個星光燦爛的球其實是幻覺，那些星星其實是些太陽，同我們的太陽一樣大，一樣尊嚴，整個宇宙比太陽系所佔的空間大得多。前面我們已經談到布隆諾，也因此而犯罪，但是在他死後不到二百年，大多數具有科學頭腦的思想家，都已漸漸習慣於他的看法。認為地球在整個天體中僅是一粒微塵而已。

三、刻卜勒定律

刻卜勒(Johann Kepler)於西元一五七一年出生在德國南部一個小鎮上，四歲患了極嚴重的天花，造成他以後視力不佳和兩手的殘疾。父親是位軍人，嗜酒；母親是旅館老闆的女兒，精神不十分正常。談到他的境遇是非常壞的。但是這一切並沒有阻止他求知的願望。最

初他選定以教會為終身職業，入神學院習神學，以後又開始研究哥白尼的星球環繞太陽運行說，由於科學和數學對他的誘惑，於是放棄了做牧師的念頭。廿三歲任天文學教授。西元一五九九年前往捷克首都布拉格 (Prague) 任第谷的助手。第谷反對哥白尼理論，他以為太陽中心說，違背了上帝的律法和物理學原理，並著手證明地球是宇宙的中心，做過數千次以上非常正確的觀察，西元一五九二年出版了星球一覽表。據說最後他已知道他立論的錯誤，因而有接受刻卜勒為其助手和繼承者之舉。



圖十一 第谷行星系

圖十二 刻卜勒第二定律

西元一六〇一年第谷死後，刻卜勒開始分析第谷觀察所得到的全部資料。到西元一六〇九年終於發表了一本書，其中包含著名的刻卜勒三定律 (Kepler's Laws)。他不但發現星球環繞太陽運行的軌道呈橢圓形，而且覺察出星球運行時的速度變換，星球在橢圓形的軌道上運行時，當它運行到距離太陽較近時，其運行的速度即增大，又星球環繞太陽一周所費的時間，距離

太陽近的星球比距離太陽遠的費時較少。其三定律如下：

(一)各行星運行軌道呈橢圓形，太陽位於橢圓之一焦點上。

(二)太陽與行星之聯結線，於相等時間內掠掃同一面積。

(三)行星軌道半徑之立方與其運行周期之平方成比例。

表四 刻卜勒第三定律

行星	行星軌道之			最新數值
	半徑(R)	週期(T)	R^3 / T^2	R^3 / T^2
	(A.U.)	(日)	(A.U.) ³ / (day) ²	(m ³ / sec ²)
水星	0.389	87.77	7.64×10^{-6}	3.354×10^{18}
金星	0.724	224.70	7.52	3.352
地球	1.000	365.25	7.50	3.354
火星	1.524	686.98	7.50	3.354
木星	5.200	4,332.62	7.490	3.355
土星	9.510	10,759.20	7.430	3.353

四、伽利略的觀察

伽利略(Galileo)，西元一五六四年生於意大利的比薩市(Pisa)，父親雖是當地的貴族，但是家境貧窮，不得不以作曲和經商來維持家用，最後成爲一個羊毛商人。伽利略在童年時代，就表現了不平常的能力，在音

樂方面，能彈琵琶和風琴。有傑出的繪畫天才。能製作各種精巧的小用具。以後因他父親的鼓勵，進入比薩大學攻讀醫學。

在他廿歲的時候，即完成他在科學上的第一個發明，他看到比薩中央大教堂屋頂上的燈架來回擺動，而用自己的脈搏做鐘，計算燈架擺動的時間，發現其很有規律，經過幾次試驗以後，他認為一定長度的單擺，無論其擺動幅度大小為何，擺動一定次數的時間必相同。西元一五八五年他因經濟困難而輟學，但仍繼續自修，並開始公開批評亞里斯多德建立的一些運動觀念。西元一五八九年任比薩大學數學教授，時年廿五歲。並開始了他各項重要的科學試驗。

西元一六〇八年，荷蘭光學家李普善(Lippershey)，在一個偶然的機會，製成了簡單的望遠鏡，消息傳到伽利略耳裡，他乃決定自己學做一具，用來觀察天空。這在天文研究上是件大事，伽利略在他的小望遠鏡中，看到月亮裡面的山脈，金星運轉的位相，並於西元一六一〇年一月八日，看到木星的四個衛星。當時刻卜勒也發表了他著名的定律，哥白尼的理論自此有根基。但是當時一般人仍不能接受這些真理，我們可以在伽利略給刻卜勒的信中看到，他曾在信中談起，有一位哲學教授甚至拒絕在他的望遠鏡中觀察月亮和行星，在前面我們也談到，伽利略因他天文上的言論而獲罪，雖然他握著科學的真理，但是教會卻爲了本身利害，而終究不能使他脫罪，在他晚年如同失去自由的罪人。當然在那

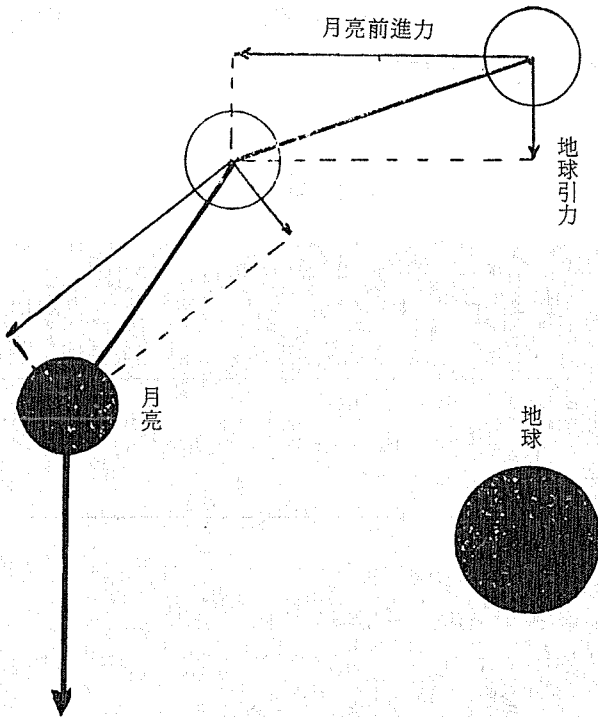
個時代的人們，忽然有人叫他相信人類棲息的地球，連同上面的海洋山河田野房屋，都在繞著地球的軸自轉，並沿著軌道，圍繞太陽不停的運行，哥白尼時代人們感到驚奇，至此依然無人相信。

五、牛頓與引力定律

西元一六四二年，正好是伽利略死的那年，哥白尼死後的一百年。牛頓(Sir Isaac Newton)出生在英格蘭的一個農村裡，由於早產身體非常瘦弱，父親在他出生之前就逝世了，兩歲時被送往祖母處撫養，他幼年並沒有特殊的天才表現，只是特別喜歡讀書和用他的手，他做過風車模型、漏鐘和日晷儀。十八歲入劍橋大學有名的三位一體學院，他在數學、機械學、引力學和光學等方面都有極偉大的成就。西元一七〇五年英王封他為爵士，死於西元一七二七年，享年八十五歲，這位流芳後世的傑出科學家，把自己的成就完全歸功於前人的科學遺產。

事實上牛頓彙集了哥白尼、刻卜勒、伽利略以及其他學者在天文學及力學上的成就，加上他本身的發現，融合成爲今天仍存在的理論體系。刻卜勒定律使人漸漸習慣於天體的運動。但是又是什麼力量使行星依刻卜勒定律運行呢？牛頓發現了引力定律，回答了這個問題。他首先研究了月球的運行，他知道如果沒有力作用於月球上，月球必作等速直線運動，可是自地球所見，月球

仍近乎圓周運動，因此必有加速度向地球，亦必有產生此加速度的力存在，這個問題使牛頓困惑很久，據說一天，牛頓坐在蘋果樹下，突然一個蘋果從樹上掉下來，於是他領悟到地球具有一種吸引力，吸引蘋果跌落，當然同樣的力也可以作用於月球。這股力量，正是令諸行星和衛星保持在軌道上的那股力量。



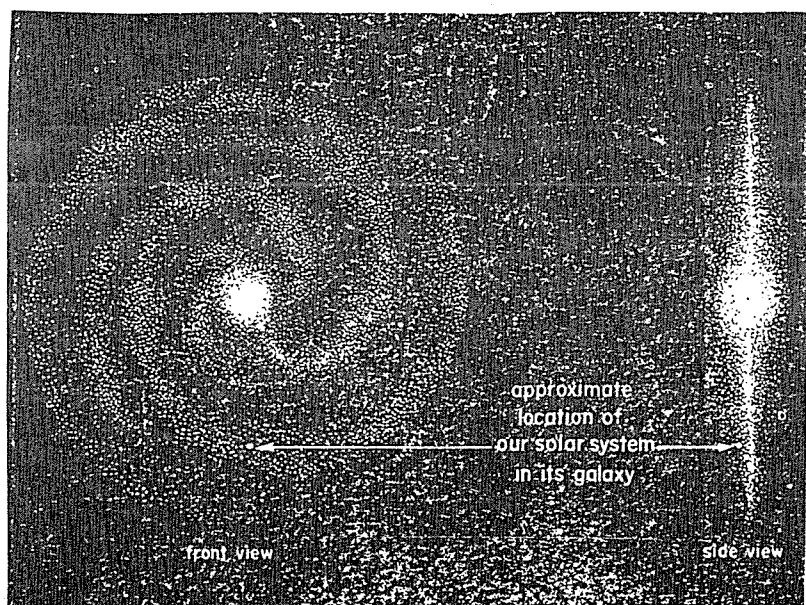
圖十三 月亮的運動

引力是宇宙中一切物體之間存在著的吸引力，太陽、行星、衛星以至蘋果，無不具有引力。引力是可以

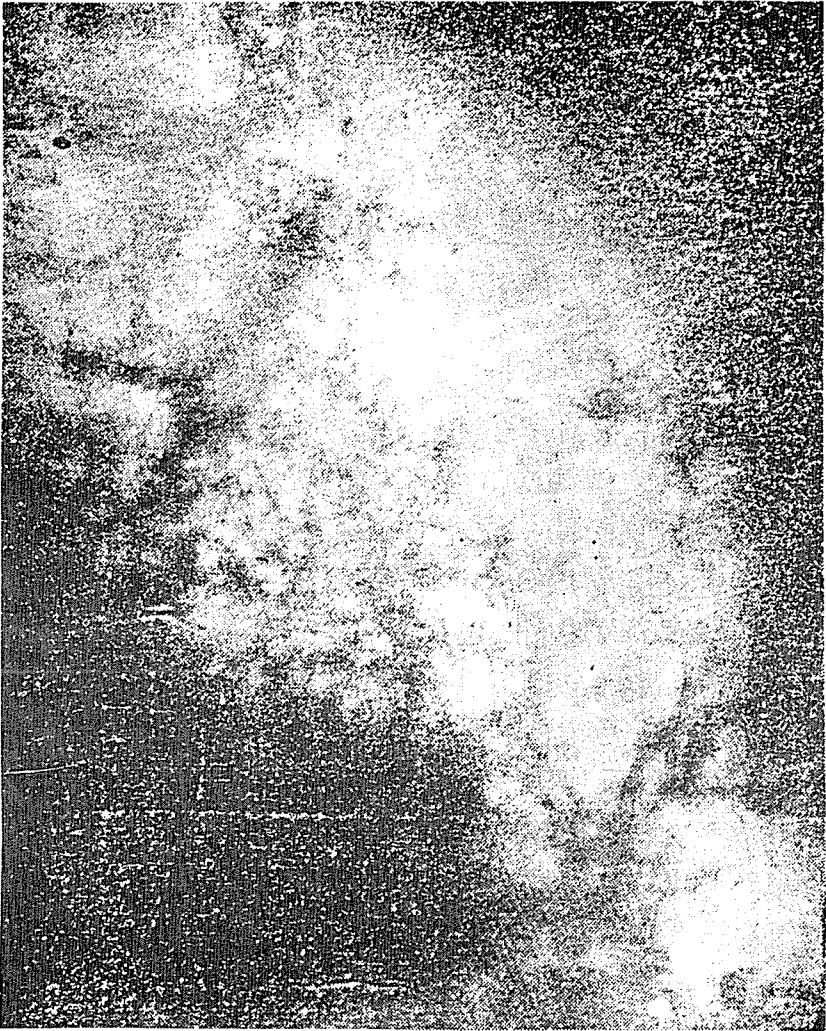
計算的，只要我們知道各物體的質量，以及各物體的彼此間距離。地球與太陽之間有極大的吸引力存在，但是由於地球不停在運動，而能夠抵抗這種持續不已的拉力，如果地球在軌道上突然停止運動，便會開始向太陽跌落，如果沒有了太陽，地球便會立刻停止依橢圓形的軌道運動，它會依直線而進行飛往宇宙的深處。

總之人類自哥白尼，經過伽利略、刻卜勒到牛頓時代，兩百多年間各大天文家的努力探求，自此人類真正初步了解到宇宙的外貌。

六、宇宙間一粒微塵



圖十四 地球在銀河系中的位置



圖十五 科學證明了布隆諾的看法，這是向本銀河系中央望去的景像，一個個的星星都是太陽

十八世紀中葉以後，人類思想逐漸轉變，人們已慢慢同意布隆諾的看法：地球像一粒微塵，飄浮在空間。天文學家更描述那條橫亙在空間，我們稱其為銀河的光帶，是無數的星星聚成的，它像一個巨輪，而我們正處於其間。英國天文學家赫協爾並用高倍望遠鏡探測銀河，斷定太陽和它的行星位於銀河中心附近。但到十九世紀，星辰之間的距離越來越準確地查明了，而證實我們太陽系的地位，偏銀河邊緣。人類認為在宇宙中心的夢，至此幻滅。

到了西元一九一七年，在美國加利福尼亞威爾遜山天文臺，有了一架一百吋直徑的望遠鏡。在此以前天文學家猜測天空裡某些微微發光雲狀物，可能是別的銀河。至此得到證明。在這臺望遠鏡中經過長時間的觀察，知道在我們銀河系外，有很多和我們銀河處於同等地位的銀河，而他們的數字不下幾十億個。

在天文學上，日、月、星辰總稱為天體。自然科學上所謂宇宙，乃物質世界的總稱。過去人們以為地球為宇宙的中心，又以為太陽是宇宙的中心，又以為銀河即宇宙，而我們在銀河的中心。事實上宇宙不知包括了多少銀河，那些銀河我們稱他為星系，我們地球所在的銀河天文學上稱為銀河系。我們知道在其他星系中和銀河系一樣不知道包括了多少天體，這樣我們的地球、行星在宇宙間，豈不像是一粒微塵嗎！

第六章

我們生活在一個動的世界

第六章 我們生活在一個動的世界

一、地球的運動

天文學家在望遠鏡的視界內，開始注意到天河有系統的運動。它們似乎正從我們的太陽系朝後退，而彼此之間的距離，也愈來愈遠。我們知道宇宙間的一切都在動，是無時靜止的。先撇開別的不講，單看我們生活的地球到底怎樣在動。

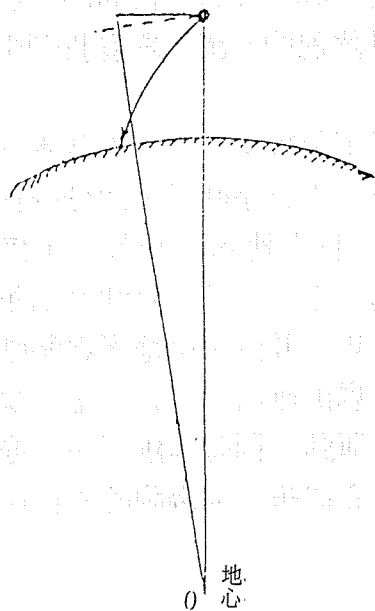
談到地球的運動有以下數項：其一，地球本身繞軸自轉，由西向東，周期為二十三小時五十六分四秒。其二，地球以每秒十八·五哩之速率，沿著六十億哩軌道，繞太陽公轉，周期為一年。其三，是地軸如陀螺之擺動，其周期為二萬六千年。其四，是地極之移動，其範圍約在直徑四十呎之不規則圓內。其五，是太陽每秒以十二哩的速度向織女星運動，同時本銀河系，亦以每秒一七〇哩的速度繞其中心運轉。太陽圍繞銀河中心旋轉一週，約需二萬萬年。

二、地球自轉的證明

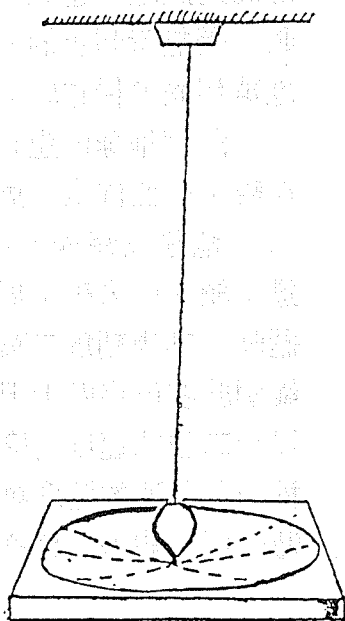
(一)牛頓認為物體自高塔上自由落下，到達地面時必較下落之垂直位置略偏東。這是因為地球繞軸自轉，

塔頂所畫的圈必較塔基大，兩點繞軸旋轉的速度塔頂亦較塔基大，〔 V (線速度) $=R$ (半徑) ω (角速度)〕。又地球自轉係由西向東，故物體落下時應略偏東。

以後在西元一八三一年，德人賴卻(Reich)在礦井中作實驗，下降高度為五七〇呎，得偏東為一·一二吋，而在理論上應為一·〇八吋，這可能是因大氣的影響。又此實驗進行時，尚有南偏數〇·一七吋之數，此數在理論上尚無法了解。我們或可由此證明地之轉動並不穩定。



圖十六 自由落體證明地球自轉



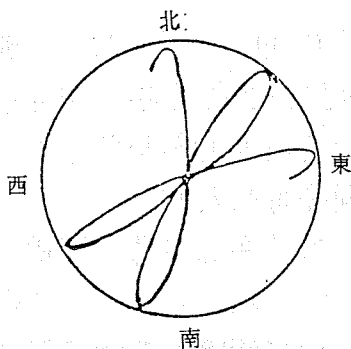
圖十七 佛科擺

這一實驗在兩極無法進行，不同緯度地區結果亦不相同。

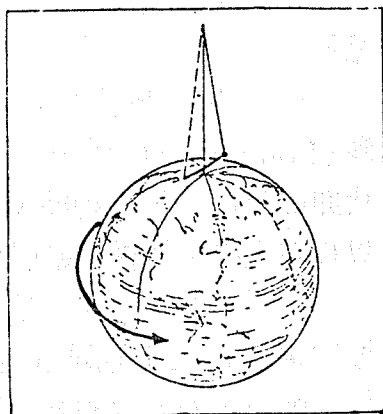
(二) 佛科擺是證明地球自轉的另一種方法。佛科(Foucault)西元一八一九年生在法國巴黎，少年時代即顯示出，對各種機械儀器具有莫大的興趣和才能。以後在光學、機械、磁學各方面都有驚人的成就。

西元一八五一年，他作了一次著名的實驗，即佛科擺實驗。說明了地球在自轉，他以長六十七公尺的鋼線，繫一重28公斤的錘，懸於一幾乎無摩擦的鋼質滾球上，錘下置一砂盤，以便鐵錘擺動時在砂上留下軌跡，在鐵線下端用棉線將鐵錘向子午線方向略引之，並將棉線繫定在一物體上，待其完全靜止後，將火燒斷棉線，使球自由擺動，當開始擺動時，其能保持在同一平面內。專為南北擺動，數分鐘後則情況改變，我們在北半球做實驗，可看到鐵錘在砂上所留軌跡，北端漸向東，南端向西，而各軌跡曲線俱相交於中心。如鐵錘開始擺動時，微有東西方向運動，則成橢圓軌跡，不交於中心。

若錘之軌跡不變，而錘下之平面自北而西逆行，則錘之軌跡在平面上如圖十八。地球自轉，則平面實有如此動向，蓋地球自西向東自轉，平面隨之行過，惟在北半球，較北則近地軸，在同一時間中，南邊向東運動必多於北面。於是佛科擺在擺動時似乎在不斷的變換方向，這與我們認為太陽是從東轉到西，而其實是地球本身從西向東旋轉的情形相同。



圖十八 佛科擺軌跡示意



圖十九 在北極之佛科單擺，如地球在它的底下轉動，則可見此單擺以近似直線而運動。對於立在北極的人而言，單擺運動之平面，係在緩緩轉動。

若正好在兩極地區做實驗，則地面在作轉動，佛科擺近似直線運動，對立在北極的人而言，單擺運動之平面係在緩緩轉動，並正好廿四小時完成一周。在赤道地帶，此實驗無法進行，因正好在赤道上，平面上只有移動，而南北兩邊運行相等，絕無轉動發生。不同緯度其旋轉情形亦不同。其公式為

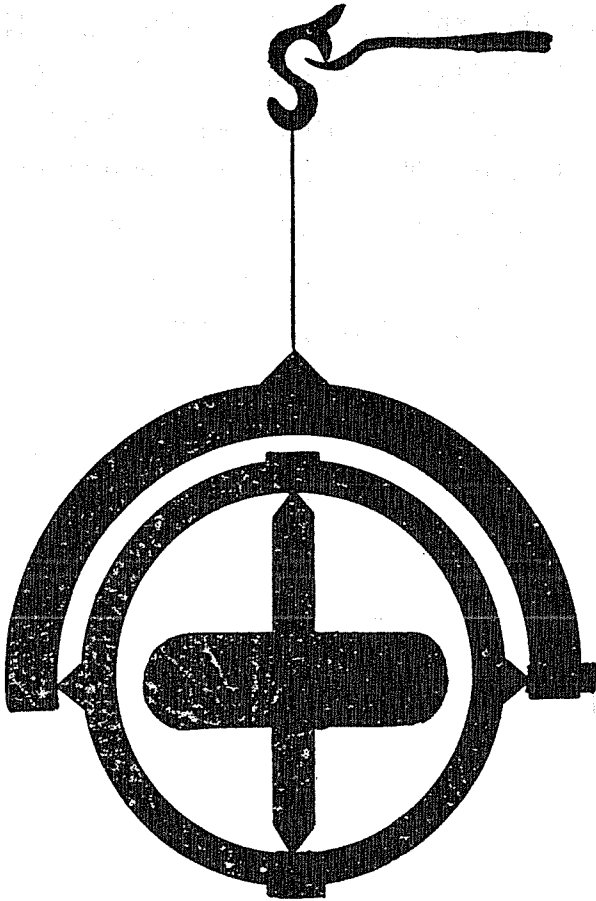
$$t = 24 \text{Csc } \phi$$

$$d = 15^\circ \text{Sin } \phi$$

t 表周期，單位為小時， ϕ 為實驗地之緯度， d 為轉

動角度，單位為恆星時度。

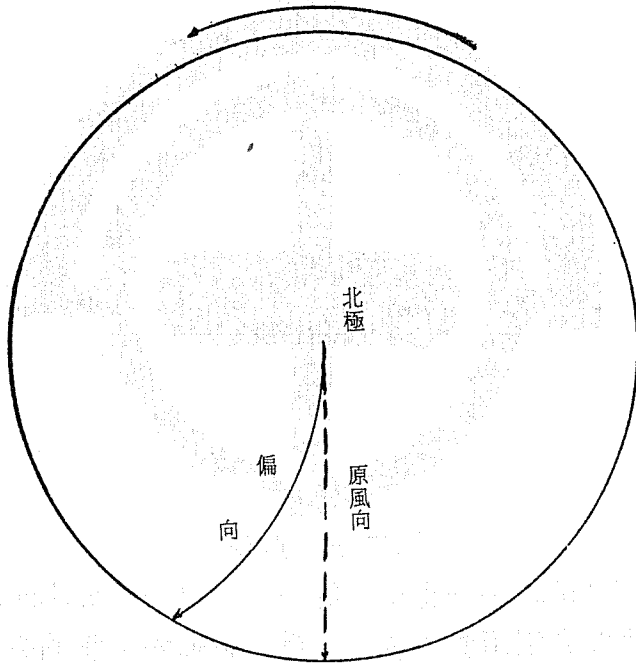
事實上此項實驗，也是牛頓第一定理：「靜者恆靜，動者恆沿其運動方向作等速直線運動。」最好的表演。



圖二十 迴轉儀

(三) 佛科另一種重要的發明，是一件像小玩具的儀器，他以金屬護圈帶著一沉重的金屬輪，當輪繞軸轉動時，無論整個玩具怎樣變動位置，金屬輪的輪軸永遠保

持著原來方向，由於轉動體以高速轉動時，如無外力干涉，其軸將保持原方向而不變。他所設計的玩具，輪與護圈間各接觸點都非常光滑，各部分絕無阻力存在，故金屬輪將保持他轉動時之特性——自由轉動，此種儀器我們稱其為迴轉儀(Gyrocope)。今將迴轉儀中間金屬輪之軸指向一恆星，並同時使金屬輪高速旋動。如果地不動，而星在動，則少頃以後，恆星將在軸所指方向之前，若地動則軸將永遠對此恆星，但結果如果一個輪能轉廿四小時不停，則軸永遠對著所指定的恆星，一天後軸繞上下轉了一周。故說明地在自轉。



圖二十一 北半球風之偏向

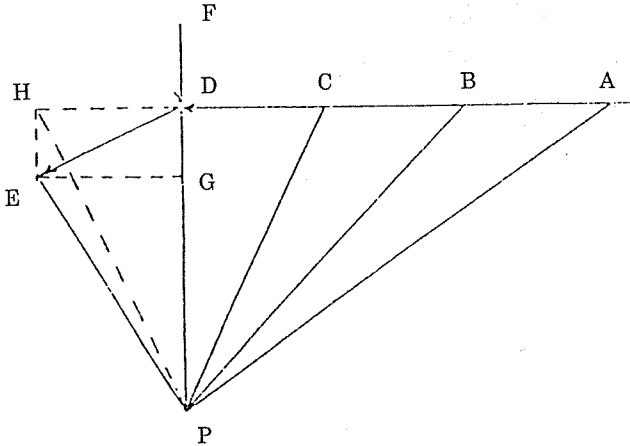
(四)風爲空氣之移動，在平靜之空氣中，因溫度變化而發生氣壓差異，隨之大氣遂有移動。其運動之力有二：一爲重力作用指向地心與地面垂直。二爲氣壓梯度力之作用指向低氣壓之方向，與等壓線垂直，大氣在完全平衡狀態時，等壓面與水平面平行，氣壓隨高度而遞減，在水平方向無氣壓差。由於有時等壓面與水平面不平行空氣對於垂直氣壓梯度力之或輕或重，而發生上下運動，水平分力無力與之抵消，而完全作用於大氣之運動，而生風。水平氣壓梯度，則由於溫度冷熱而產生。由於有水平氣壓梯度之存在，大氣不能維持平衡，而必須發生運動，自高壓移向低壓。

事實上由水平氣壓梯度所發生之空氣移動，並非指向與等壓垂直之方向，蓋空氣之運動受地球自轉之作用。因此北半球的風向，恆偏於運動方向之右，南半球則相反。

三、地球之軌道運行

地球循其橢圓軌道，繞日東行，一年一週，日居橢圓焦點之一。由於其與太陽間之引力，和它本身的速度，保持其在軌道上運行。又因其距日時遠時近，則速度必須有快慢，才能與引力平衡。速度則與帶徑 (Radius Vector) 及掃過之面積有關。帶徑即日地間之連線。因帶徑在同一時間之內所掃過之面積必相等。故知帶徑越短速度越快。

設圖二十二中一運動體，自A至D爲一直線等速運動，AB，BC，CD爲各單位時間所經的行程。則對P點言 $\triangle ABP$ ， $\triangle BCP$ ， $\triangle CDP$ 面積相等。至D時另加一垂直運動方向且通過P點之力F。則運動體改變方向，而得一合向量DE則單位時間內，物體由D至E。如不加外力，運動體在單位時間內應至H點，由圖二十二可知： $\triangle DEP = \triangle DHP = \triangle CDP$ ， $DE > DH$ 故運動方向雖變，而帶徑單位時間掃過的面積相等。而F力加大時軌道速度亦增大。故地近日時，速度較大。達每秒十八·六哩，遠日時慢，每秒十七·九哩。



圖二十二 帶徑單位時間掃過等面積之證明

四、光行差

我們所見到的星光，由於它本身有前進的速度，而地球亦在不停的繞日運行，因此有光行差 (Aberra-

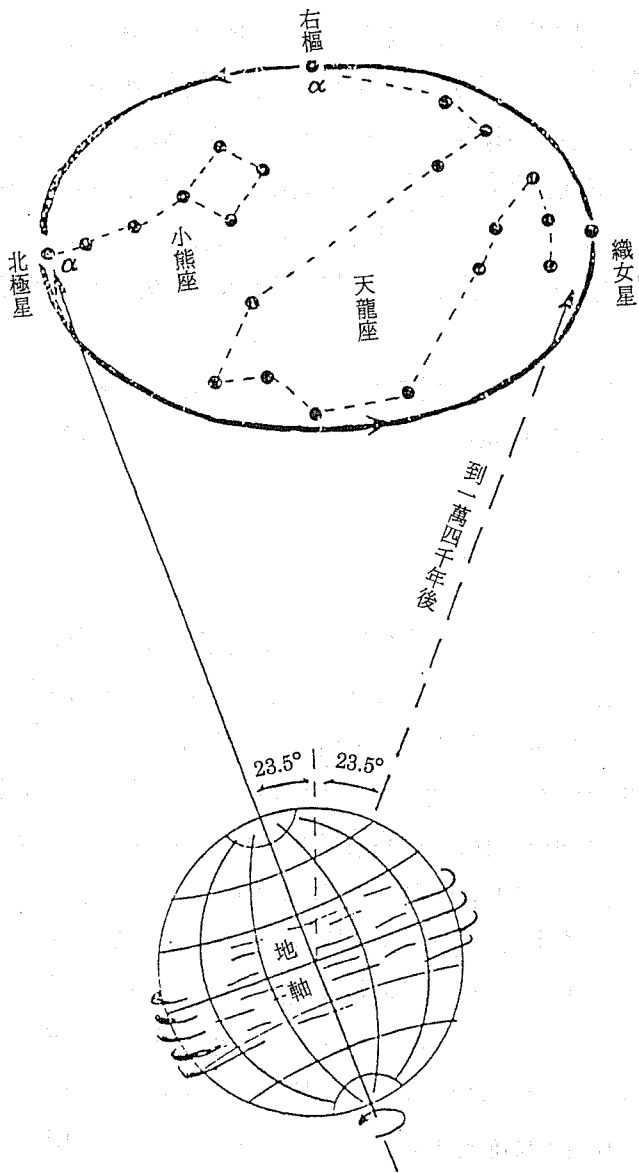
tion)，就是說我們所見到的星星，並非其當時真正的方向。好比靜風時在雨中急行，雨本來是垂直下降的，但在感覺上雨是臨面斜射過來的，其理相同。

光行差有兩種，即光行年差(Annual aberration)是地球繞日運行所發生的現象；光行日差(Diurnal aberration)是地球自轉而引起的現象。光行年差在地球各處都一樣，而光行日差，則因各地繞地軸自轉速度之緩急，而產生了各地不同的現象。

根據這道理，可證明地球是循著一定軌道運行的，英人布拉德(Bradley)於西元一七二五年發現此理。

五、極星的變易

地軸並非永遠對著小熊座的 α 星(即我們現在的北極星。)地球主要受到月亮的牽引，在不停的做著陀螺形的運動。於是赤極環繞黃極，並以黃極為中心，反時針方向緩緩轉動，黃赤二道之交點，即春秋分點，及其大距點，即冬夏至點，皆隨反時針方向，每年退行約五〇·二秒，即所謂歲差。此種變動約以二五八〇〇年為一週。現在地軸所指的北極，亦非正指著現在的極星，只是相當接近而已，等到西元二一〇二年，是其最近的時候，距離不到二八分，在此以後將慢慢離開，到一萬四千年後，地軸將指向天琴座的織女星。而距今三千年前則正指著天龍座的 α 星，即所謂右樞。等到二萬六千年後，現在的極星將第二次成為極星。



圖二十三 極星的變易

現在的極星是個變星，變光範圍是 $\bigcirc \cdot 一七$ 等，周期是三·九六八日，普通人的目力是沒有辦法感覺到的，它是一顆標準的二等星，其他各星的光度都是根據它而決定的。

我國古代稱北極星爲北辰、中宮、天樞、天極、極星，但這些名稱並非完全專指北極星而言。爾雅釋天：「北極謂之北辰。」史記天官書：「中宮天極星，其一明者太一常居也。」管窺輯要：「北極雖名中宮，實居子位對午方」。觀象玩占：「北極五星在紫微宮中，一曰天樞，一曰北辰，天之最尊也。其紐星天之樞也，天運無窮，三光失耀，而極星不移，故曰居其所，而衆星共之，其第一星主月，太子也，第二星主日帝王也，亦爲太乙之座，爲最明而赤者也，第三星主五行，庶子也；第四星后宮也；第五星天樞也。」論語謂之北辰，周髀算經謂之正北極，推算周代赤極最近小熊座之 β 星，即帝星，經秦漢到太初年間，雖有變動，但不及帝星之明赤而可注意。直到明清小熊座之 α 星遠比 β 星近極，故改以 α 星爲北極星。或云周代以前極星係指右樞，可是這顆天龍座的 α 星，現在看來並不太引人注目，雖那時在極星位置，是否人們以它爲極星，已無可考。

西方在西元前一三四年依巴谷(Hipparchus)發現歲差，其所測每年約差三十六秒。我國自晉之虞喜始悟歲差之理，(即覺冬至太陽所在，每年微向西移。)而立歲差法，逐年移動冬至點。依巴谷係尼喀(Nicaea)人

，他曾在羅得島(Rhodes)建立一座天文觀察所，發明觀測儀(Astrolabe)和球面三角學，並製群星圖。

六、緯度的變遷

由於地軸變動，即極的移動結果，緯度漸有變遷，此稱為緯度變遷(Variation of latitude)。西元一八八八年至一八八九年，庫斯諾(Kustner)首先在柏林測得可信之證明。到一八九八年起全球選了北緯三十九度八分的地方，在美、意、日三國設三共同緯度觀測所，以同樣儀器，同一天體為目標，按同一方式而觀測，結果知道緯度確因地軸變動而變遷。且極之變遷由兩種周期合成。一為轉行於狹橢圓，約三十呎長，一年一周；一為轉行於二十六呎長直徑之圓圈，約四二八日一周。皆為反時針方向，合併之行動極不規則。

七、太陽前進的頂點

威廉赫協爾(William Herschel)是第一位測定太陽作直線運行的人，他推論太陽系在空間依直線進行，恆星看起來彷彿是向反對方向移動，一個分開一個，有些像我們乘一輛高速火車一樣，前面的景物，要從我們運動方向那一點向四面散開，如果我們向後看，背面的景物一定向我們後面聚攏。赫協爾認為前面那一點是太陽頂點(Solar apex)。大概在武仙座、天琴座附近。天

文學家都同意其說法。以後他的兒子約翰赫協爾(John Herschel)，繼承其志，完成南天恆星的測量，及星團、星雲、雙星的測量，彙成總表，他測出太陽直線運行的底點是在天球之南。而天琴座、武仙座的相對位置是天鵝座，太陽曾從那裡路過。

從恆星自行所得的結果，知道太陽頂點是赤經十八時十分，赤緯北卅七度；但由視線運動(Radial motion)所得的結果，是赤經十七時，赤緯北二十四度；由肉眼所能看見的星體全部的自行和視線運動所得，平均值為赤經十八時，赤緯北二十八度，速度每秒十二哩，向織女星方向前進。

總之，我們生活在一個動的世界裡，地球本身在不停的做著各種運動，而又隨著太陽在本銀河系中運動。前面曾談到，外銀河系正從太陽系向後退，宇宙的中心在那裡呢？或許應該這樣說：我們太陽系在本銀河系中，而本銀河系正和外銀河一樣，在太虛中飄動。那裡是宇宙的中心，到底地球由何處而來。都是科學上盼望瞭解的問題。

的。所以，在《論衡》中，我們看到，「論衡」的意義，不僅在於「論衡」的「衡」字，更在於「論衡」的「論」字。在《論衡》中，「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。

《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。

《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。

《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。

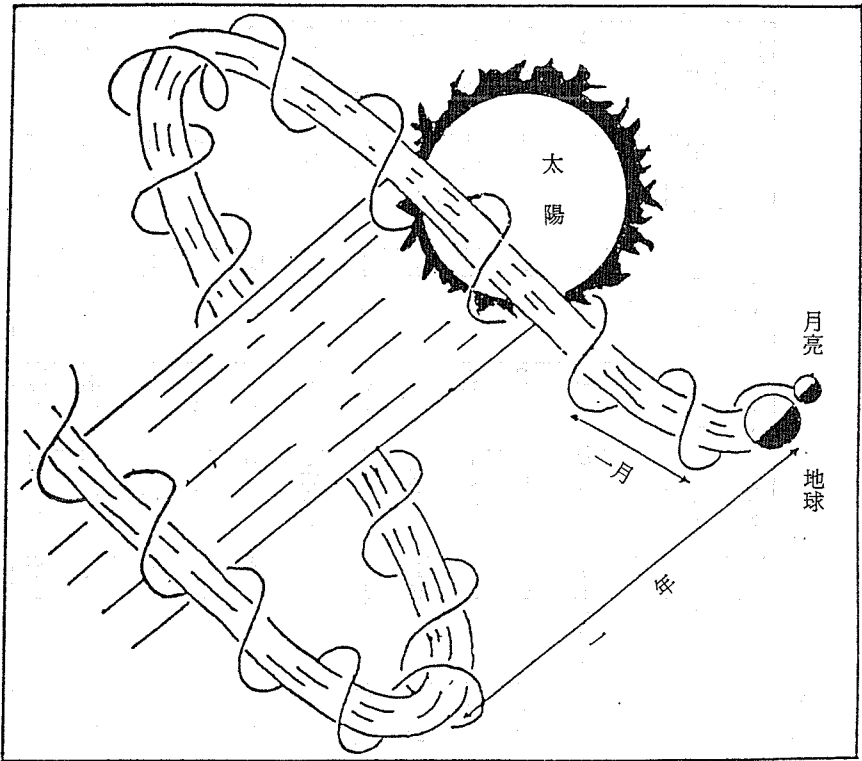
《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。《論衡》的「論衡」，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字，是指「論衡」的「論」字，即「論衡」的「論」字。

第七章

太陽系的認識

第七章 太陽系的認識

在銀河系的中心附近，有一群天體正隨著太陽以每秒十二哩的速度，向空間太陽頂點方向直進。這群天體

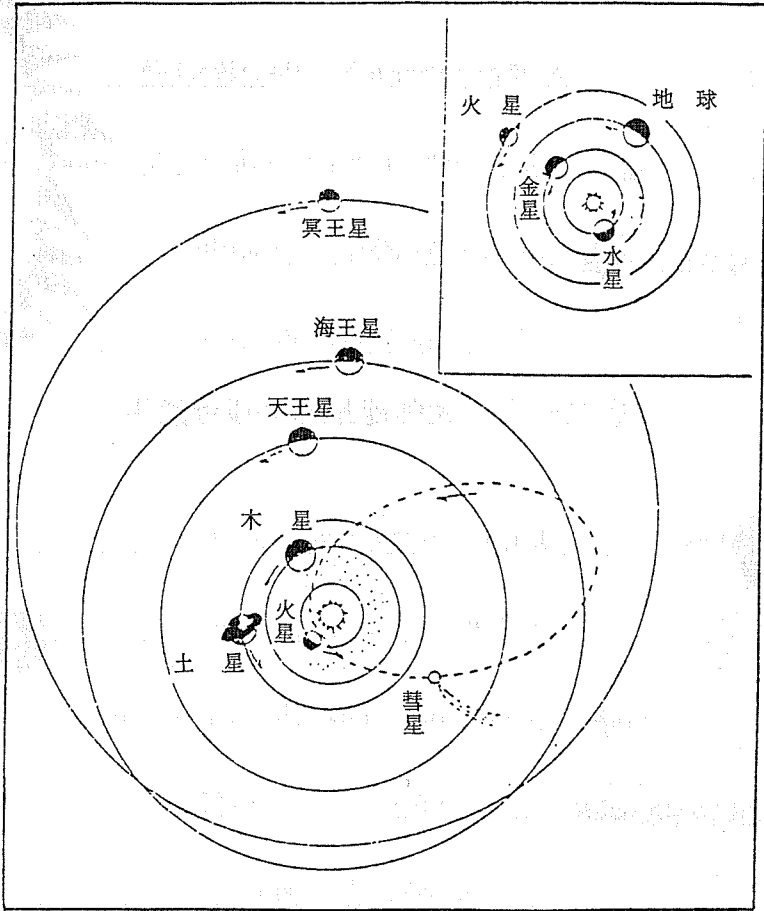


圖二十四 太陽、地球、月亮進行之路線(其大小遠近未按比例)

表五 日月行星常數

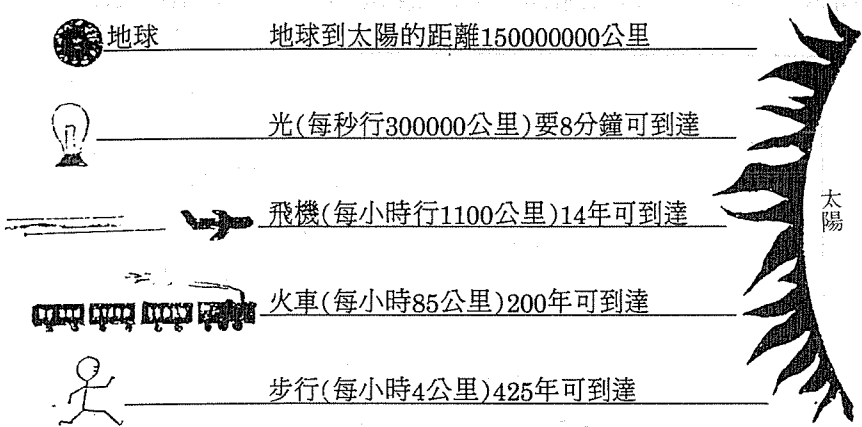
星名	赤道直徑		體積	質量	密度	表面重力		脫離速度		自轉週期 (負數 為逆轉)	赤道面 對軌道 面交角	表面溫度 (c)	反照率	衛星數
	公里	地為1				地為1	水為1	地為1	地為1					
太陽	1,392,000	109.1	1,304,000	332.946	1.41	28.01	617.5	25.38	7.2	~5600				
水星	4,878	0.382	0.056	0.055	5.43	0.38	4.25	58.6462	0.0	-173~430	0.1	0		
金星	12,104	0.949	0.857	0.815	5.24	0.91	10.36	-243.01	177.3	472	0.76	0		
地球	12,756	1.000	1.000	1.000	5.52	1.000	11.18	0.9973	23.44	-50~50	0.39	1		
月球	3,476	0.273	0.0203	0.01229	3.34	0.164	2.38	27.3217	6.68	-170~130	0.07			
火星	6,794	0.532	0.151	0.1070	3.93	0.38	5.02	1.0260	25.19	-140~20	0.16	2		
木星	142,796	11.19	1.316	317.8	1.33	2.37	59.57	0.4135	3.12	-110	0.51	16		
土星	120,000	9.41	745	95.2	0.70	0.95	35.56	0.4375	26.73	-180	0.61	17		
天王星	51,120	4.01	63	14.5	1.27	0.88	21.29	-0.65	97.86	-221	0.35	15		
海王星	49,520	3.88	58	17.2	1.64	1.13	34.49	0.768	29.56	-216	0.35	8		
冥王星	2,284	0.179	0.006	0.002	2.07	0.07	1.23	-6.3867	121.9	-230	0.4	1		

總稱為太陽系(Solar system)。其間包括九大行星(Planets)、三十一個衛星(Satellites)、小行星(Minor planets)、彗星(Comets)、流星(Meteors)，以及黃道光(Zodiacal light)、對日照(Counter glow)等。九大行星、小行星和衛星又稱為行星系(Planetary

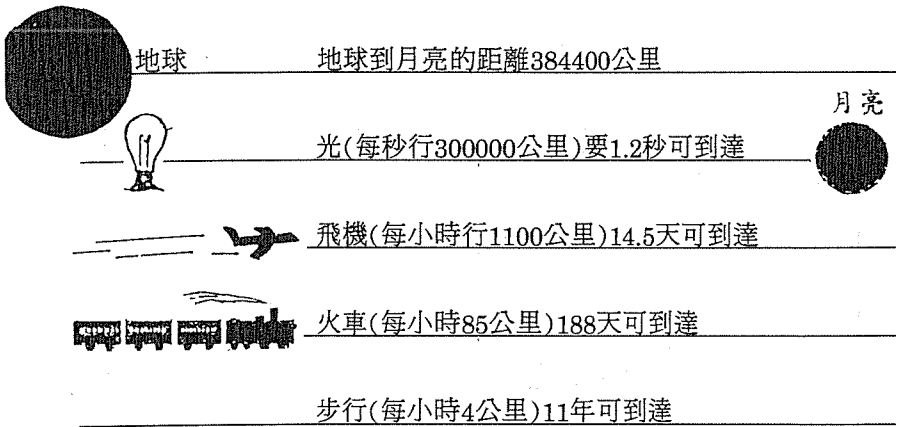


圖二十五 太陽系行星軌道

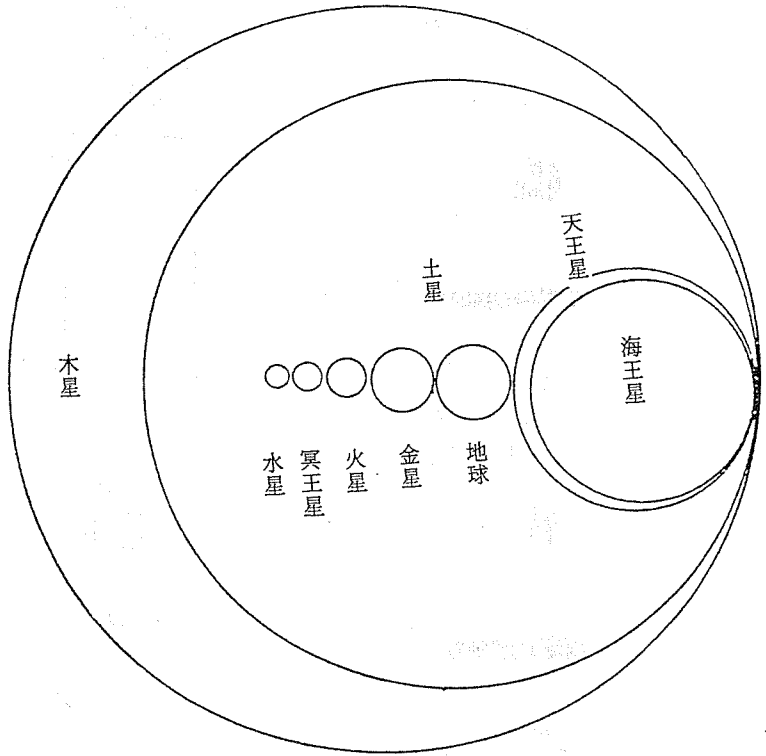
System)。九大行星中，軌道在地球軌道內側的，叫做內行星(Inferior planets)，在地球軌道外側的叫外行星(Superior planets)。而只有水星和金星是內行星，其他都是外行星。



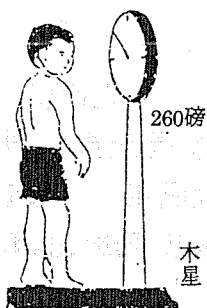
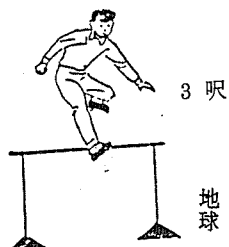
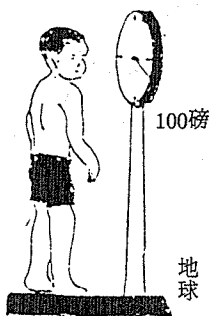
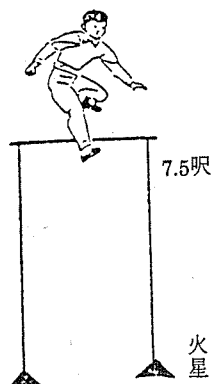
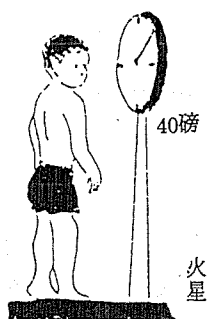
圖二十六 太陽距地球之遠近說明



圖二十七 地球對月球的距離



圖二十八 太陽系九大行星大小之比較，其中最大的是木星，其次是土星，地球位居第五，事實上在太陽系中，太陽的體積，已佔去整個太陽系星球總體積的百分之九九·八以上。



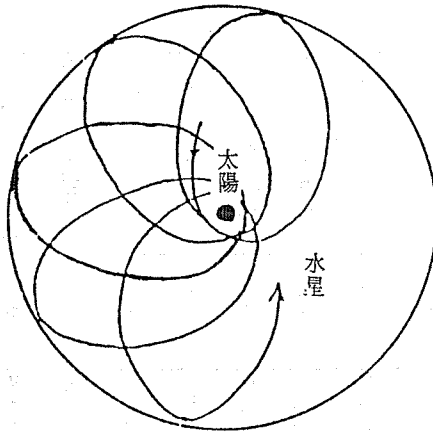
圖二十九 同一個人在火星、地球、木星上體重，跳高的比較

表六 行星軌道常數

星名	平均距日(半長徑)		偏心率	各行星軌道對黃道交角	恆星週 日	會合週 日	平均軌道速度(每 秒公里)	昇交點黃經 1992		近日點黃經 1992			
	天文單位	百萬公里						°	'	"	°	'	"
水星	0.387	57.9	0.206	7.0	87.99	115.9	47.4	48	20	24	77	26	38.4
金星	0.723	108.2	0.007	3.4	224.71	584.0	35.0	76	42	3.6	131	33	50.4
地球	1.000	149.6	0.017	0.0	365.26	—	29.8	354	51	54	102	54	50.4
月球	1.000	148.3	0.055	5.1	27.32	29.5	1.0						
火星	1.524	227.9	0.093	1.9	687.01	779.9	24.1	49	34	48	336	1	37.2
木星	5.203	778.4	0.049	1.3	4332.67	398.9	13.1	100	27	10.8	14	18	54
土星	9.555	1429.4	0.056	2.5	10759.71	378.1	9.7	113	41	2.4	93	0	50.4
天王星	19.218	2875.1	0.046	0.8	30689.54	369.6	6.8	74	0	3.6	172	59	52.8
海王星	30.110	4504.5	0.009	1.8	60184.69	367.5	5.4	131	46	58.8	48	7	8.4
冥王星	39.540	5915.2	0.249	17.2	90508.98	366.7	4.7	110	19	8.4	224	8	31.2

一、水星軌道

水星(Mercury)為古代緯星之一，即舜時所謂七政之一。何時發現已無可考，我國古代稱其為辰星。史記天官書：「察日辰之會，以治辰星之位。」又：「免七命曰小正、辰星、天攬、安周星、細爽、能星、鉤星。」索隱：「案廣雅云：辰星謂之免星。則辰星之別名，免或作彘，又謂免星凡有七名，命者名之。」希臘有二名，在辰為「Appollo」在夕曰「Mercury」。埃及則稱謂「Set」和「Horus」。

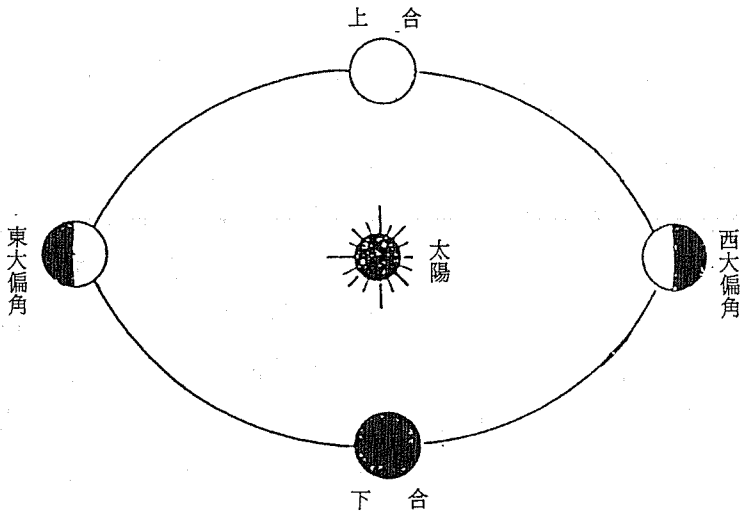


圖三十 水星軌道示意

由於它距離太陽近，常被強烈的日光掩沒，因此不易見到，偶然於日落後，出現於西方天空，或日出前出現於東方天空。但是由於氣候等因素，我們能見到的機會並不多。

在九大行星中，水星最接近太陽，受日之光熱最多，運行速度最快，軌道偏心率最大，軌道面交黃道面斜角較大，直徑最小。其軌道像其他的行星一樣是橢圓的，由於軌道偏心率很大的緣故，長短軸相差極大。

而其運動極為複雜，不像其他行星那樣循著橢圓形的軌道作有規律的旋轉，而是每年要逸出舊軌道一點點，逸出的程度一年大過一年。天文學家把一切導發這種變動的可能因素，全部探究過，可是在牛頓的理論範圍內，始終找不到答案，直到愛因斯坦推出他的重力定律，纔獲得解決。他認為慣力(包括加速度、反衝力等)所產生的運動，和重力所產生的運動，無法加以區別。行星中，水星離太陽最近，水星很小，運行的速度卻極高



圖三十一 金星相位

，根據牛頓定律，這些因素本身都不足以構成水星逸軌的原因，水星運動的動力學，基本上應該與其他行星一樣，但是根據愛因斯坦的定律，太陽的重力場的強度和水星運動的高速正是很有關係的因素，能使整個水星的橢圓形軌道，以三百萬年繞日一週的速度，慢慢地繞著太陽絲毫不變的運行。

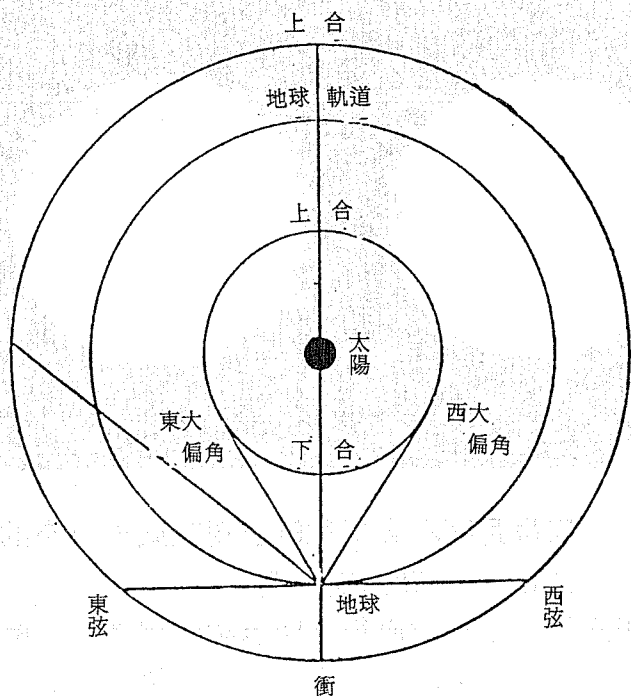
二、金星的相位

金星(Venus)我國古代稱為太白。又辰出東方曰啓明或明星，昏見西方曰長庚。史記天官書：「察日行以處位太白。」韓詩：「太白晨出東方為啓明，昏見西方為長庚。」爾雅釋天：「明星謂之啓明。」希臘古代亦有二名：晨見曰「Phosphorus」，夕見曰「Hesperus」。普通俗稱其為昏星、黃昏星、辰星、曉星。

金星有時出現於清晨，有時出現於黃昏，而被人們看成兩個星，西方畢塔哥拉斯首先發現其真象，方才合而為一。我國明白其理亦當在秦漢以前，淮南子天文訓云：「太白元始，以正月甲寅，與熒惑晨出東方，二百四十日而入，入百二十日而夕出西方，二百四十日而入，入三十五日而復出東方，出於辰戌，入以丑未，當出而不出，未當入而入，天下偃兵，當入而不入，當出而不出，天下興兵。」史記天官書云：「以攝提格之歲，與營室晨出東方，至角而入。」

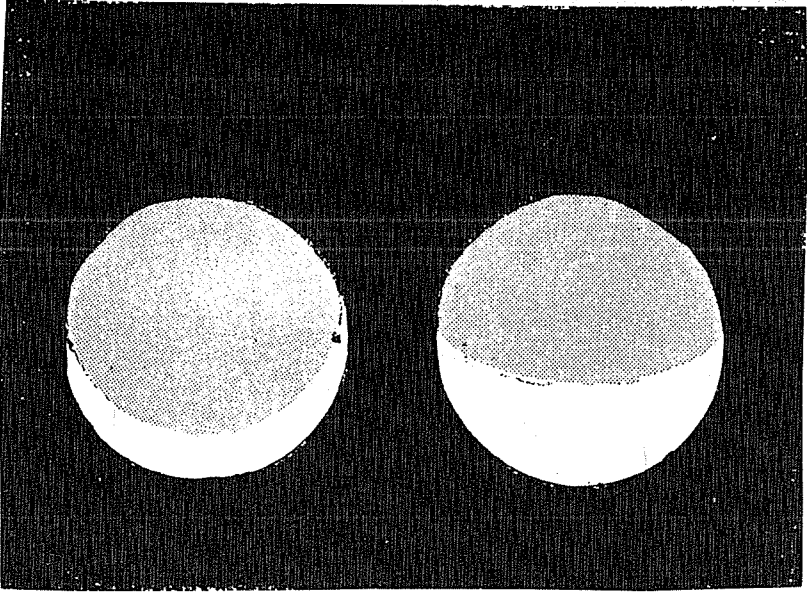
伽利略首先觀察到金星和月亮一樣有盈虧現象，而

知道金星在繞日運行。當我們觀察金星和太陽夾角最大時，即金星位於最大偏角時，由我們普通望遠鏡中，看到的金星有如弦月。金星的光度極強，可達到負四級以上，白天肉眼可見，如果想要在白天找到它，最好在偏角大的時候比較容易。



圖三十二 上圖說明衝、合、弦、偏角等名詞。地球軌道內外圈，各代表內外行星之軌道

金星有時轉過地球與太陽的中間，造成凌日的現象，不過極其罕見，曾在西元一八八二年十二月六日發現，按照推算下次發生的時間將在西元二〇〇四年六月六日。



圖三十三 清晨月亮和金星同時出現在東方天空的景像
(由六公分望遠鏡看到)

圖卅三係利用三吋直徑之望遠鏡所測繪的，圖中月亮在左，金星在右，其大小未按比例。是日金星合月於獅子座，當時二星球並列於東方地平約廿三度天空，金星在月亮南約四度。太陽在室女座。

三、火星

火星(Mars)它反射著微紅的光，在外行星中是最

近地球的一個。我國古代稱其爲熒惑。史記天官書：「察剛氣以處熒惑。」淮南子天文訓云：「熒惑常以十月入太微，受制而出，行列宿，司無道之國，爲亂、爲賊、爲疾、爲喪、爲餓、爲兵、出入無常、辯變其色，時見時匿。」希臘稱爲「Mars」是戰神的名字。無分中西它是一個不受歡迎的星星。

因火星軌道在地球的外側，有時候距離遠近之差非常大，光度因此有很大的變化。其順行逆行之狀態極錯綜，運行是非常不規則的。關於運行不規則的原因，刻卜勒承第谷之志，測算考驗，才知道火星軌道是橢圓的。再經過精確的觀測紀錄，始知行星軌道都是橢圓的，太陽在其一焦點上，而導出刻卜勒定律。

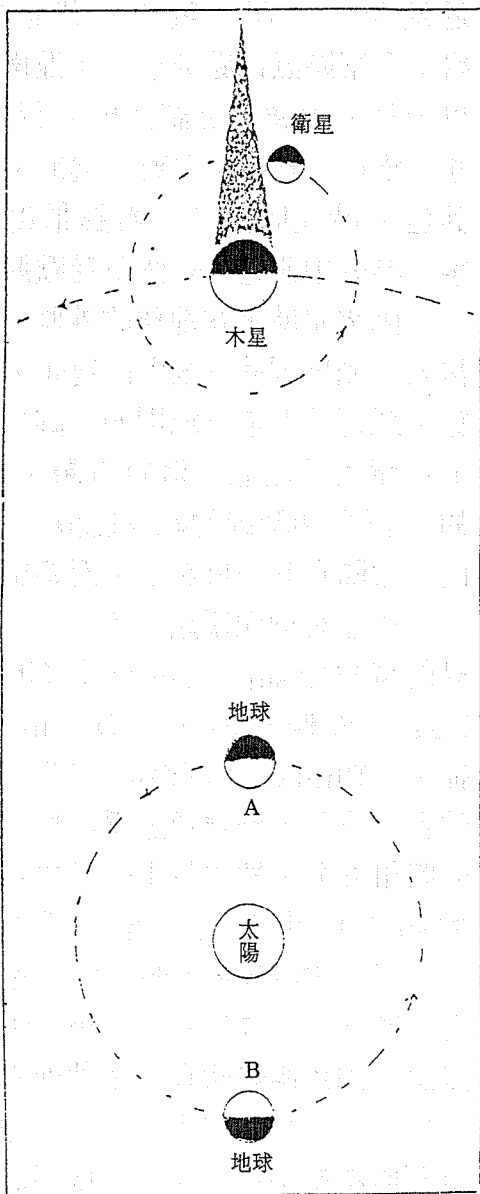
火星有兩顆衛星，西元一八七七年華盛頓海軍天文臺的赫爾(Asaph Hall)氏發現的，內側一顆叫「Phobos」外側一顆叫「Deimos」，都是戰神的侍從，「Phobos」直徑約十哩，與火星表面相距四〇〇〇哩，它的公轉軌道近乎圓形，公轉火星一週的時間是七時卅九分，即火星上一日中這顆衛星公轉三次，這是太陽系中少有的現象。「Deimos」的體積較小，僅「Phobos」的一半，距火星表面約一二〇〇〇哩，繞火星一周費時三十小時十八分。因此如果能在火星上看到這兩顆衛星，是件非常有趣的事，它們雖不如月球那樣光亮，它們其中之一卻出自西方沒於東方，一日有兩次多出沒，而另一個出於東方，約三日才西沒，這樣一是東昇西墜，一是西昇東落，有時兩月齊明，在

想像上是非常熱鬧的。

四、木星衛星與光速

木星(Jupiter)在太陽系中是最大的一个行星。我國稱其為歲星，古代以為歲星一年行一次，十二歲一周，以紀年，一年為一歲，乃星名所本。希臘人稱其為「Jupiter」，這個字原本是萬神之王的名字。

西元一六一〇年一月七日，伽利略第一次由望遠鏡中發現木星的四個衛星，並且觀測到它們像行星一樣，正繞著木星在旋轉，而奠定了他地動的信念。世人為了



圖三十四 由木星衛星求速光

他偉大的發現，於是稱這四顆星為伽利略衛星。

西元一六七五年，丹麥天文學家隆美爾(Olaus Roemer)，首先以木星的衛星運行周期，測得光速。因木星衛星之一，其繞木星一周是四十二小時二十八分。這一時間是衛星由食後出現，繞木星一周沒入木星陰影中，再在原來地方出現的時間。隆美爾的發現是此一周期，當地球在(A)處，和六個月後地球在(B)處如第三十四圖，所得的時間相差十六分鐘，於是推定光通過地球軌道直徑所需時間是十六分鐘。因此知道了光速為有限速度進行者。



Sept. 10, 1929

圖三十五 土星環

五、土星的光環

土星(Saturn)我

國古代稱其為鎮星、填星、信星。說文通訓定聲：「五緯，土星謂之填星。」史記武帝紀：「信星昭見。」索隱：「信星鎮星也。」素問金匱真言論：「土之精氣，上為鎮星，二十八年一周天。」希臘稱其為「Saturn」，是司時司命之神。

土星最使人注意的是美麗的光環。最初伽利略在他的望遠鏡中，觀察到土星形狀有些特別，但是沒有能得到它的真像。西元一六五九年海更斯(Hughhens)發表了土星有一薄環，並不和本星相聯，並且和本星軌道成傾斜狀。西元一六六四年卡西尼(Cassini)在巴黎天文臺發現了這光環有縫，知光環為兩道，這道較暗的縫，稱為卡西尼縫。到西元一八五〇年恩克(Encke)又發現光環為三道，而在內側的一道淡影被稱為恩克縫。這些環縫在我們小望遠鏡中看上去，只能看到土星像一個橄欖球。關於光環的構造，歧勒(Keeler)用分光器發現了光環的光散成光帶時，暗光帶移動都能表示出，光環各部分是用不同的角速度繞土星運行的。外層繞行最慢，而漸次向內增加。因此我們才真正知道這美麗的光環乃是微粒子的集合。

六、天王星、海王星、冥王星

西元一七八一年三月十三日的晚上，音樂家赫協爾(Herschel)，在他的望遠鏡中發現天王星(Vranus)，而使世界為之騷動，太陽系的領域因此而擴張。

赫協爾是個寄居英國的德國人，生於德國哈奴凡爾(Hanover)，父親在軍樂隊中任笛手，因此在他十七歲時，也在哈奴凡爾衛隊中任笛手。以後出奔英國，初為音樂隊長，以後成為風琴家。他愛好天文，但並不擔任這方面的工作，他之觀察星象只是為了自己的興趣。或許因為他是一個音樂家，他發現群星的行動中，有著美感和旋律。他自製了一架望遠鏡，而非常驚奇的在雙子座中看到一顆從沒有看過的星。最先他以為是彗星，絕沒有想到那是一顆大行星。

自天王星發現以後，觀察它的運動很不規則。天文學家認為一定還有一個大行星的存在，天王星就是因為受這大行星的攝動影響，而變動它的軌道。英人亞當斯(Adams)法人勒未利(Leverrier)，曾完成理論上的計算。而於西元一八四六年九月二十三日為蓋爾(Johann Galle)所發現，這完全是天體力學應用的成功。而這顆星被稱為海王星(Neptune)。

海王星發現以後，天文家認為天王星並非完全受其影響，可能在海王星以外，還有一個行星存在。而西元一九三〇年三月十三日。羅威耳(Lowell)觀象臺正式宣佈，發現了這個新星，而命名為冥王星(Pluto)。

冥王星循著頗不尋常的軌道，超出海王星的軌道以外，本來一切行星的軌道都極近乎圓形，而且同黃道的平面只稍微有點傾斜，但是冥王星的軌道長短軸的差很大，其傾斜達到十八度左右，它離開太陽最遠時比海王星遠得多，但是距太陽最近時，又比海王星軌道半徑小

些。

七、彗星

彗星(Comet)自古被人類信以為災禍之源。像西元一八五八年出現的「Donati's comet」被美國人認為是南北戰爭的預兆。

我國對彗星的名稱很多，如孛、彗、掃帚、妖星、長星、攬槍等。而因其形狀說法亦不同。春秋昭公十七年：「冬有星孛于大辰。」公羊傳：「孛者何？彗星也。」晉書天文志：「妖星一曰彗星，所謂掃星也。」漢書天文志：「又曰祆星不出三年，其下有軍及失地，若國君喪。」黃帝占云：「凡妖星所出，形狀不同，為殃如一。」漢書文帝紀：「八年有長星出於東方。」注：「孛、彗、長三星，其占略同，然其形象小異，孛星光芒短，其光四出，蓬蓬孛孛也，彗星光芒長，參參如掃帚，長星光芒有一直指，或竟天，或十丈，或三丈，或二丈，無常也。大法孛彗星多為除舊布新，長星多為兵革事。」爾雅釋天：「彗星是為攬槍。」漢書王莽傳：「星孛掃宮室，劉氏當復興。」

彗星也是太陽系的天體之一，軌道大部分是以太陽為焦點的拋物線，但是也有橢圓軌道而呈周期性出現的。如春秋魯文公十四年的記載：「秋七月，有星孛入於北斗。」就是哈雷彗星最早的一次紀錄。彗星分為頭部(Head)尾部(Tail)。頭部由彗髮(Coma)和彗核(Nu-

cleus)合成。彗尾是由頭部放射出來，而向太陽反對側伸長的，有兩條或數條不等。

彗星運行到大行星附近，常受攝動作用，變更它的軌道，按其軌道遠日點的距離，可分為木星族、土星族、天王星族和海王星族等。彗星有時會分裂為兩三個，有時整個破裂。

八、流星與隕石

夜空中常見到星光移動，其速如矢，瞬即消失，天文上稱其為流星(Meteor)。事實上它並非星體，而只是太陽系中浮游的天體碎片，或宇宙塵埃，當受地球引力而衝向地球，及進入地球大氣層時，與大氣相摩擦生熱而發光，隨即蒸發消失。偶然有較大的流星闖入大氣層時，因大氣的摩擦力不能將其整個消滅，而落到地面來，這便是隕石(Meteorite)。

我國古代稱流星為奔星、彗，爾雅釋天：「奔星為彗。」疏：「奔星即流星也。」注：「流星大而疾曰奔。」關於我國最早隕石之記載，有春秋僖公十六年正月戊申朔：「隕石於宋五。」有時整個夜空中佈滿流星，大小縱橫，不計其數。即所謂流星雨(Meteoric Shower)由地面觀察，其多自一點發出，且有一定時間，如最著名的有獅子座流星雨，天琴座流星雨，我國史志記之甚詳，春秋莊公七年：「夜中星隕如雨。」即天琴座流星雨最早之紀錄。

隕石在科學上有極重大的價值，它的來源神秘莫測，可能是些一度運行火星和木星軌道之間的一個行星破裂後留下的碎片。其中有些碎片受鄰近的行星的重力吸引，離開了圓形的運行軌道，在太空裡亂衝亂撞，遇到甚麼就撞上去。根據對隕石的研究，在本質上其可分為兩類：一是石質的隕石，它的成份類似於構成地殼的岩石，二是鐵質隕石，由鎳和鐵的合金構成。由於目前都認為地球和其他行星的內部為鐵鎳等重金屬，因此隕石是破裂行星的可能很大。科學家又根據隕石形成的分析，推算我們地球形成的年代，約當四十五億年前左右。關於流星雨目前被認為與彗星破裂有關。

九、波特定律與小行星

刻卜勒於西元一五九六年所著的「宇宙的神秘」一書中，曾假定火星和木星之間，有一未知行星存在。到了西元一七七二年，波特(Bode)就各個行星和太陽間的距離，發表了有名的「波特定律」。根據此定律，在二·八天文單位距離的地方，應當有一個適當的行星存在。

波特定律是一個級數，就是先設一數「0」，再設一數「3」，其後再設各數為前數的二倍，把各數加上「4」，其結果是各行星和太陽的距離的比。

其數如後：

0	3	6	12	24	48	96	192	384
4	4	4	4	4	4	4	4	4

4 7 10 16 28 52 100 196 388

當西元一七八一年發現了天王星之後，它對太陽的距離是十九·二天文單位，和波特定律吻合，對火星木星間有行星的存在，更具信心。果然在西元一八〇一年一月一日彼阿齊(Piazzi)發現第一號小行星「Ceres」，目前已知的小行星數目在一千五百個左右。

第八章

太 陽

第八章 太陽

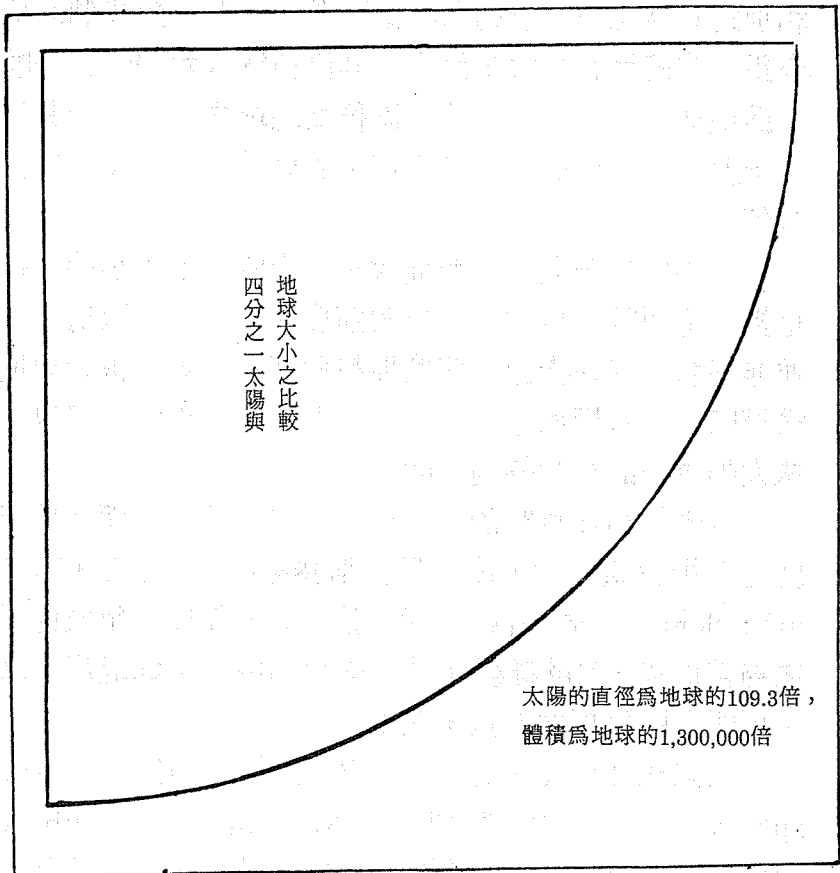
太陽(Sun)是距離我們最近的一個恆星，在宇宙間和別的星球比較，它的體積適乎其中，但是對我們地球來說，它確是有點大得驚人，其直徑為八六〇〇〇〇哩，為地球的一〇九·三倍，體積為地球的一百三十萬倍。密度則為地球的〇·二六倍，表面重力為地球的二十八倍。

太陽的自轉週期，普通說是二十四天十六小時，這是指赤道而言，事實上其自轉速度並不規則，因為太陽並非固體。其在赤道的速度要較兩極快。兩極轉動周期為卅四日，兩極和赤道之間為二七天十二小時。可以根據太陽黑子的活動得到證明。

日光約為滿月時的四六五、〇〇〇倍，表面有效溫度約為絕對溫度六千度，是按斯泰福(Stefan)定律： $E = kt^4$ 求得的。式中 t 為絕對溫度； k 為常數，隨放射體之物質而異； E 為輻射能量。向太陽中心，則溫度急增，可能在數百萬度至數千萬度。

太陽表面發出白色光輝的部分稱之為光球(Photo-sphere)，光球之上，是太陽大氣層(Solar atmosphere)其中包含發光透明的氣體，太陽大氣層又分為三部分，較低的為反變層(Reversing layer)，在上面的色球(Chromosphere)，包裹太陽氣層的是日冕(Corona)，日冕的密度極小，平常不易看到。我們日常所看見的，

是光球，就是太陽的發光表面，它與我們固體的地殼不同，因為他是極厚的白熱氣體，而其中包含著鐵、銅、鎂、鈉及其他蒸氣。由於光球密度極大，我們因此無法看到它的內部。



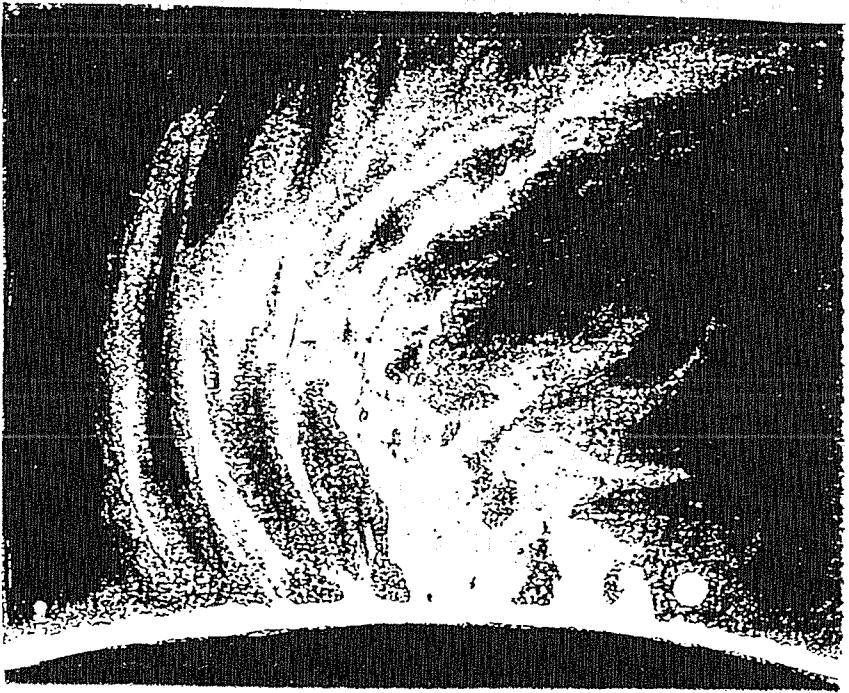
圖三十六 太陽與地球大小之比較

一、日冕

日冕是太陽的最外層，我們只能在日全蝕時，太陽的光被日面阻擋的時候，才可以看到它那微弱的光。不然就要用日冕儀才能獲知它的存在了。在日全蝕時，其周圍有一種不規則的暈輪圍繞著，就是日冕(Corona)。它是被太陽逐出的大量中子所組成。其狀況隨太陽黑子量的多寡而有不同的現象，黑子量較少時，比較均勻而有規則。在太陽表面的安靜時期日冕沒有特殊變化，黑子增加時，顯然配合著黑子而向外伸到百萬哩。

日冕的形狀大概有兩種，一是和赤道平行而伸長的，叫做赤道流線，一個叫做極流線，在兩極方面較短，它的形狀是隨黑子周期而變化的。日冕形狀又和日珥的所在有關係，有日珥的所在日冕則長，沒有的部分則短。

日冕儀的設置點，以高山之顛少塵埃的地方為宜。如美國哈佛天文臺設在科羅里達州克萊馬(Climix)的日冕儀，標高達一一五〇〇呎，就是為了這個緣故。



圖三十七 日珥大活動高達十四萬哩，旁邊白點是表示地球大小

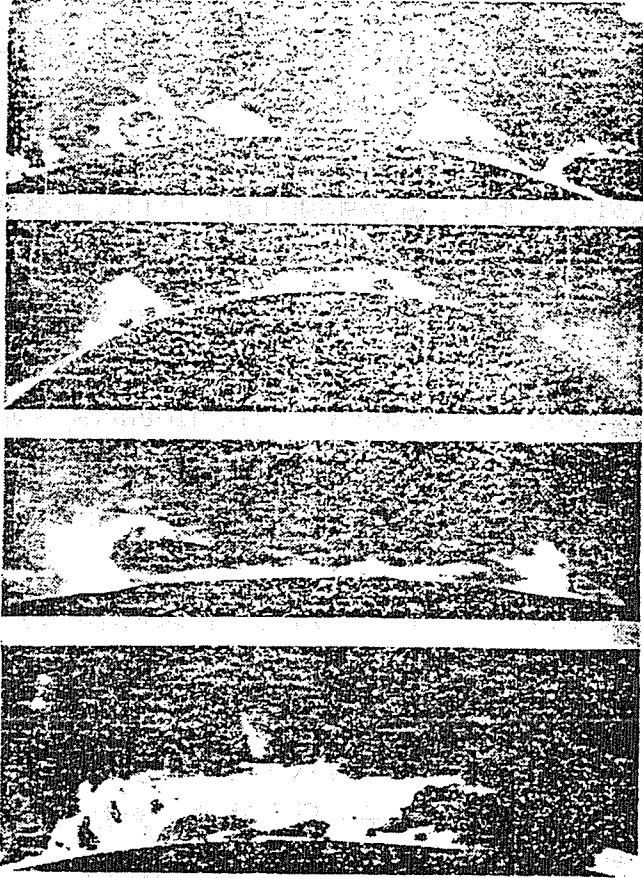
二、日珥

日珥(Prominence)是色球的一部分，當日全蝕時，在日冕下層的粉紅層就是色球，色球是包圍太陽全部的氣體，由氫、氦等輕元素組成，在其各部分有大小不同的火焰向上延伸，就是所謂日珥，日珥看起來好像是火焰，但它並非在燃燒。

日珥有兩種，一種叫做寧靜日珥(Quiescent Prominences)，和地球上的雲狀相似，可以繼續到數日，一種叫做爆發日珥(Eruptive Prominences)可以繼續數小時，以高速度而變化。寧靜日珥的光譜中，含有氫、氦等，爆發日珥則更含有鈉、鎂、鋇、鐵、鈦等元素。

日珥形式頗多，有如牛角的，有如樹木等的，其發生與黑子有關，平常沒有太陽黑子的時候，也看不到日珥，黑子多的時候，日珥也多。

漢書天文志：「暈適背穴，抱珥蚤蜺。」注：「孟康曰：暈，日旁氣也，適，日之將食，先有黑之變也，背形如背，字也，穴，多作鏹，其形如鏹也。」王念孫云：「然則日兩旁氣外向者爲背，形與北相似，故云背形如北字也，抱珥皆內向之名，背鏹皆外向之名。」呂氏春秋明理：「其日有鬥蝕，有倍僂，有暈珥。」無疑這都是古代最早對日冕、日珥之觀察紀錄。



圖三十八 太陽周邊之日珥

三、太陽黑子

西方國家知道太陽黑子，那是西元一六一〇年的事，伽利略首先在望遠鏡中觀察到太陽上的黑斑，並在太

陽上慢慢移動，但是在亞里斯多德的書中，找不到這項記載，當時一般人都不予採信。以後因為在黑子活動時，人們利用燻黑的玻璃即可透視到，才慢慢被認為是件有趣的事。

我國對黑子最早的紀錄，是漢書五行志所載：「河平元年三月乙未，日出黃，有黑氣大如錢，居日中央。」亦為世界最古之紀錄。後漢書五行志紀黑子有兩次，一是靈帝中平四年大如瓜，一是中平五年，如飛鵲。自後史不絕書，其所言形狀，有圓形的：大如杯、李、栗、錢；有橢圓形的：大如雞卵、鴨卵、鵝卵、瓜、棗；有不規則的：如飛鵲、人、三足鳥等，古人言日食等現象，雖不免偏於占驗，涉以禳祥，我國黑子之觀察實導源於此。

黑子(Sun Spots)出現，大概分為本影(Umbra)半影(Penumbra)兩部分。本影是黑子中央黑暗的部分，半影是黑子邊緣稍黑部分，本影雖說黑暗，實際不過比光球黑暗而已，比起我們這裡任何的光，都光亮得多。一般而言它的直徑大約在五〇〇〇至一〇〇〇〇哩之間，過去在西元一九四七年四月的一次，其面積有六億平方哩之廣。它們在太陽上的持續期大概兩三天。黑子持續期也有較長的，如西元一八四〇年出現的黑子，它在太陽表面停留了十八個月，西元一九四八年五月至十一月間的黑子，停留了一七〇天，西元一九一九年的黑子停留了一三六天。太陽黑子不獨隨著太陽自轉而移動，實際它本身在太陽面上也有移動，其在太陽面上出現的

部分，以太陽表面南北各緯度五度至四十度左右為限。

西元一八二六年至一八五〇年間，德人史華勃(Schwabe)對太陽黑子作紀錄比較，發現其頻率，黑子周期沒有永恆不變的嚴格規則，多年來太陽黑子最多的時期，有廣泛的變動，但是它由一次極小期，至下次極小期之間，有著十一·三年的週期存在。極大期有時發生在極小期之後，有時在極小期之前發生，其安靜時期，大約在極大期之間，約七·三年，同時在黑子活動最高點之間，又有十七年的安靜時期。英國人詹士汀史物(D. Justin shove)曾經發表未來黑子極大期是西元一九七二年六月，一九八四年六月，一九九四年六月，二〇〇四年六月，二一一四年六月，以及二〇二五年六月。

太陽黑子其巨大面積磁場強度，大約為二五〇〇至三〇〇〇高斯(gauss)。(高斯為計量磁場強度的單位。)

現在我們看看太陽黑子對於地球有什麼影響，太陽上面可怕的爆炸能量，產生耀眼的強光和火焰，這種現象在黑子出現的時期，甚於安靜時期，這種爆炸的能量輻射入空間，其高度達百萬哩，而且經常穿入地球的大氣層、擾亂了地球大氣的結構，引起強度不等的磁暴(Magnetic Storms)，於是無線電話的服務受阻，無法通話，收音機、電視機都發生各種反常現象。黑子爆發而出現的強光，通常兩三天可以到達我們的大氣層。在黑子旺盛期間，地面溫度和空氣都因而發生變化。因此科學家認為太陽黑子的盛衰和地球氣候是有關的。

第九章

地 球

第九章 地球

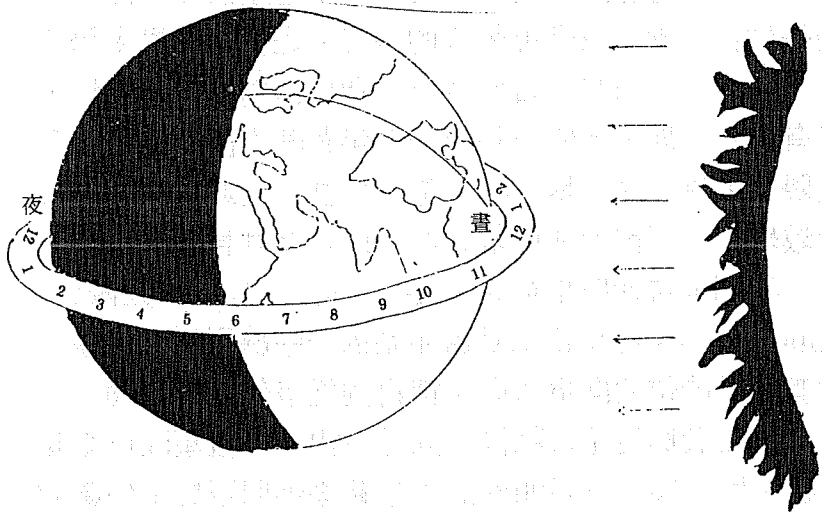
地球(Earth)爲太陽系九大行星之一。在第四章至第六章已分別說明了它的形狀和其運動情形。現在再就我們日常生活中所見到的現象加以討論。

一、時間單位——日

日(day)是時間的天然單位，爲地球自轉，恆星兩次通過同一子午圈的時間。如果地球一旦失去自轉的力量，而人類還能生存的話，我們將永遠生活在一個晝夜漫長的世界裡，我們現所說的晝夜，是就地球對太陽或背太陽而言，即其向日面爲晝，背日面爲夜。如果地球沒有自轉，地球上的一點將是半年對著太陽，半年背著太陽，晝夜一來就是半年，還談什麼晝夜之分呢！在我們教學時，可盡量利用地球儀，以建立兒童正確觀念。

我們再看什麼是恆星日(Sidereal day)和太陽日(Solar day)，恆星日就是觀測站的子午線因地球自轉，對其恆星的位置向東移動，待再到達該位置的時間。太陽日的意義與恆星日相同，只是將標準自恆星改爲太陽而已，即太陽自一觀測站的子午線移動回至此子午線的時間。如圖四十設地球在E1時，其子午線對著太陽及無限遠的恆星S，一恆星日後地球行至E2處，其子午線必然仍正對著恆星S，此時地球必須再轉一個 θ ，其子午線才能再正對太陽。又角 θ' 等於 θ ，地球繞軌道一

週歷時約三六五日，故每日前進為 $(\frac{360}{365})^\circ$ ，地球對日自轉一週的角度必為 $(360 + \frac{360}{365})^\circ$ ，即太陽日的長，與地球對日自轉的時間相等，地球對日自轉一周的時間為二十四小時，故恆星日的長比太陽日少三分五十六·一秒，一恆星日為二十三時五六分四秒。恆星日一年比太陽日一年短一日。

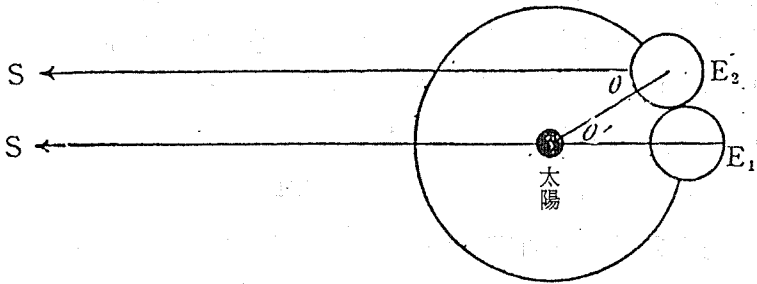


圖三十九 地球上的晝夜時間

地球在軌道上等速前進，則赤道面與軌道面相合，即太陽日必逐日相等，事實上地球軌道為橢圓形，其運

行時速時遲，而且赤道面與軌道面相傾斜二十三度半。故恆星日每日相等，太陽日則逐日不等，為方便起見乃有平太陽日(Mean solar day)。而稱太陽兩次通過同一子午圈，所歷時間為視太陽日(Apparent solar day)，平太陽日卻把周年視太陽日的實數平均之。

視太陽日與平太陽日一年相合四次，即四月十六日，六月十五日，九月一日，十二月二十六日。一年中差數最大的是十一月二日與二月十一日，十一月二日為十六分廿秒，二月十一日為十四分卅秒。這就是所謂時差(Equation of time)。



圖四十 恆星日與太陽日的關係

二、地方時與標準時

各地根據太陽所推測的平太陽時或視太陽時，稱為那裡的地方時(Local time)。地球自西向東自轉，在東邊的地方先看見太陽，它的地方時較早，在西邊的地方看到太陽在後，地方時較遲。因此地方時隨地而異，甚

爲不便，而有標準時(Standard time)的規定，全世界都以英國格林維治天文臺子午儀所在的子午圈爲中線，分地球爲廿四區，叫做標準時區，各區遞差一小時，凡在同區地方，都用本區中線的時刻爲標準，每區只有中線所經的地方，標準時和地方時才相吻合。我國地方時共有五區，即中原時區、隴蜀時區、新藏時區、崑崙時區、長白時區，臺灣是屬中原時區。

如果我們能以每小時六百哩的速度西行，出發時正是日正當中，廿四小時以後又可回到原來的地方，在整個旅程中，有件有趣的事，在全程中所經之地，將全都是正午。我們還記到麥哲倫的船隊回到塞維里亞時，那天是西元一五二二年九月九日，但船上日曆標明回港的日子是九月八號，西行時爲了配合當地的時間，因此錶針必需日日後退，環地一週正好失去一日，東行則增加一日。爲了方便起見，乃議定在經度一八〇度之子午圈處，更換日期，船西航經此處，於其日曆上超前一日，即刪除一日，東行時，退後一日，即重複一日。

關於一日時間的起算，民用時(Civil time)是從夜半子正算起，而最初天文時(Astronomical time)則從平太陽時的正午算起，西元一九二五年一月一日，天文日和民用日始改爲一致，從夜半子正算起，從零時計算到廿四小時。

三、我國干支紀時的起點

我國干支紀時，一日時刻起算，古今不同，現在一般說法：夜半十一時至一時正爲子時，白晝十一時至一時正爲午時，也就是說正子時爲夜半，正午時爲日當中。於是命理家乃有夜子時與正子時之分，即夜裡十一時至十二時爲夜子時，十二時至次日清晨一時爲正子時，其說以一個時辰分屬兩日，似不合理。

而古代之說法，子時似自夜半算起，而午時是以日正當中算起。續通考樂考：「明萬曆二十八年，大西洋人利瑪竇來獻自鳴鐘，秘不知其術，大鐘鳴時，正午一擊，初未二擊，以至初子十二擊；正子一擊，初丑二擊，以至初午十二擊，小鐘鳴刻，一刻一擊，以至四刻四擊。」這裡可看到正午時爲下午一時，初未爲下午二時，那時的正午時，並非現在所說日正當中的正午。這是古今說法不同之最好例證。

然則古人之用法隨時代亦有不同，五代史記馬重績傳云：「重績又言漏刻之法，以中星考晝夜爲一百刻，八刻六十分刻之二十爲一時，時以四刻十分爲正，此自古所用也，今失其傳，以午正爲時始，下侵未四刻十分而爲午，由是晝夜昏曉，皆失其正，請以古改正從之。」

四、四季的成因

我們生活在地球上，能有日夜四季規律的變化，乃因地球運行時之四大因素：(一)地球繞軸而自轉。(二)

地軸方向變化極微，可視為不動。(三)地球繞日而行。(四)地軸與軌道面有六十六度半之傾斜。缺一不可，由於地軸之傾斜，使日光投射有強弱；由於繞日而行，使日影投射區域有變化；又由於地軸指向之不變而使其變化有規律；若地球無自轉，日夜之分將何等漫長，那就不知道如何決定時日季節了。

地球上冷暖之分，主要是太陽投射角的不同，投射角大，光熱集中；投射角小，光熱分散。另外日照時間的長短與冷暖有關，因日照時間長，吸收能量多就暖，日照時間短，吸收能量少就冷。夏天太陽在北半球直射，冬天為斜射，而日照時間直射時較長，因此夏天較熱，這是四季寒暑的主要原因。

地球運行時有遠日點(Aphelion)、近日點(Perihelion)之分，地球軌道為橢圓形，太陽在其一焦點上，但這與四季無關。

第十章

月 球

第十章 月球

一、恆星月與朔望月

我們看到月球之運行，在天球上所經的視動軌跡，稱其為白道(Moon's path)。月球沿白道運行一週，叫做恆星月(Sidereal month)，即由地球觀察其在恆星間完成一公轉的周期；又其自朔到望，再到朔的周期，叫做朔望月(Synodic month)，即月球位相變化的周期。因地球本身也在圍繞太陽運行，故朔望月比恆星月長。

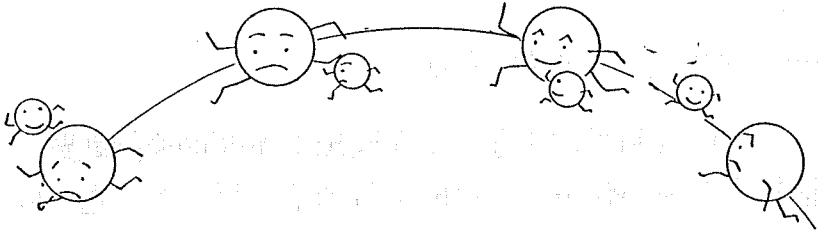
——恆星月 = 27日7時43分11.5秒

——朔望月 = 29日12時44分2.8秒

設M為之恆星周期，則其每日所行之周圈分數為 $\frac{1}{M}$ ；E為一年之長，則地每日所行為 $\frac{1}{E}$ ；S為朔望月之長，則一朔望月內，月較日多行一周圈，每日多行 $\frac{1}{S}$ 周圈分數。得其關係式為 $\frac{1}{M} - \frac{1}{E} = \frac{1}{S}$

二、月球和地球的軌道

月球圍繞地球行於橢圓軌道上，並且隨著地球圍繞太陽運行。由於月球與地球的距離，僅約為地球至太陽距離的四百分之一，而地球繞日之速度，約為月繞地速度之三十倍。故月軌道恆曲向日。且無逆行發生。



圖四十一 地球與月球軌道

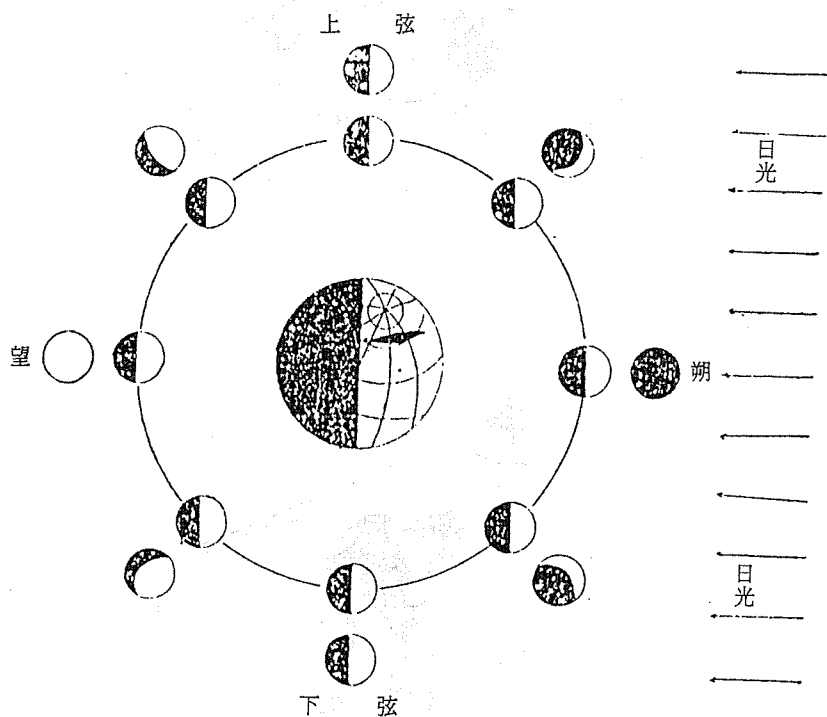
地球與月球之運行，係繞其公重心而轉動。而其公重心，則繞日作橢圓運動。地與月每月繞此公重心行一周，地因有此每月之繞行，所以使日在天空生東西輪流之移動。新月及滿月之時，此移動為0，公重心在日地聯線上，月在弦時，日在天空視若向月移動。又太陽與月球間之重力，大於地球與月球間重力的兩倍。因此月球永遠是向太陽加速的。

一般圖上所表示的月球在沿著地球軌道前後擺動，那是我們對月球的視行軌道。

三、月之盈虧

月球本身不能發光，只能反射日光，又因其繞地運行，我們所見其受光位置不同，所以有朔望兩弦的現象。此現象天文上稱其為月相(Phases of the moon)，即我們普通所說的月之盈虧。當月球在地球和太陽之間時

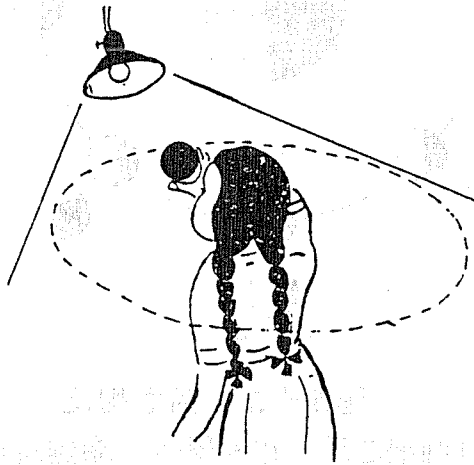
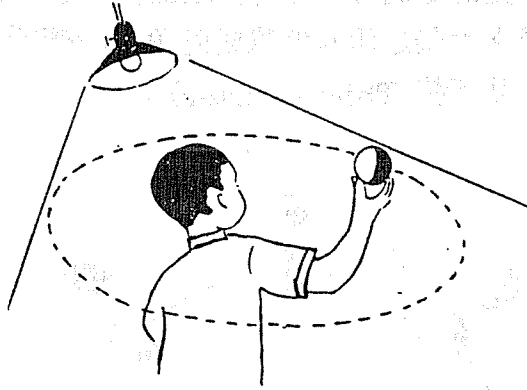
，我們所見之月因它的暗面對著地球，所以不能見到月球，此時稱之為新月(New moon)；當太陽月球對我們成直角位置，月球在東方，我們所見的月是半圓形，此時稱之為上弦(First quarter)，當月球在太陽的反對側，我們所見的是滿月，此時稱之為望(Full moon)；當拂曉月球在太陽之西對地球成直角，我們所見為半月，此時稱之為下弦(Third quarter)。



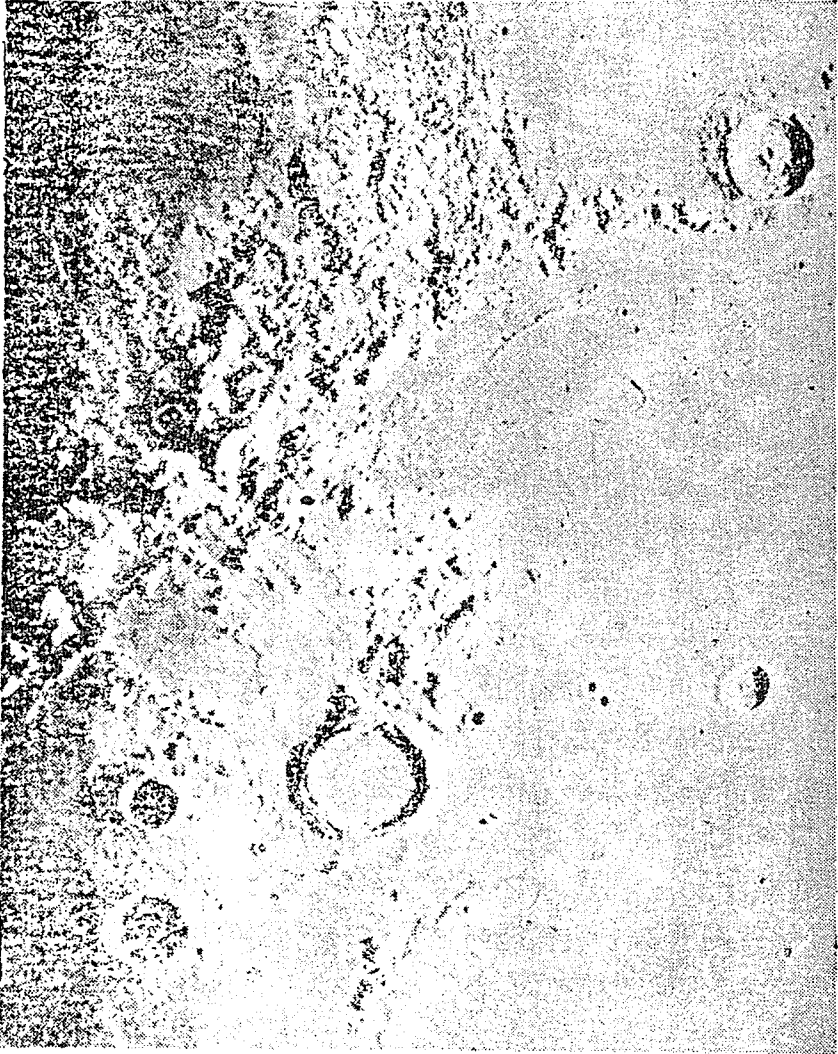
圖四十二 月之相位

關於月圓缺之理，在教學時，頗難說清，低年級兒童更常與月蝕混為一談。在此可指導兒童做如圖四十三

之實驗，檯燈代表日光，小皮球代表月亮。要兒童舉起皮球在面前，站在檯燈前面，原地轉動，這時皮球也隨著在面前轉動，便可以很清楚的看出皮球有明暗的現象。這道理完全與月球在空間運行有圓缺一樣。



圖四十三 月球之盈虧



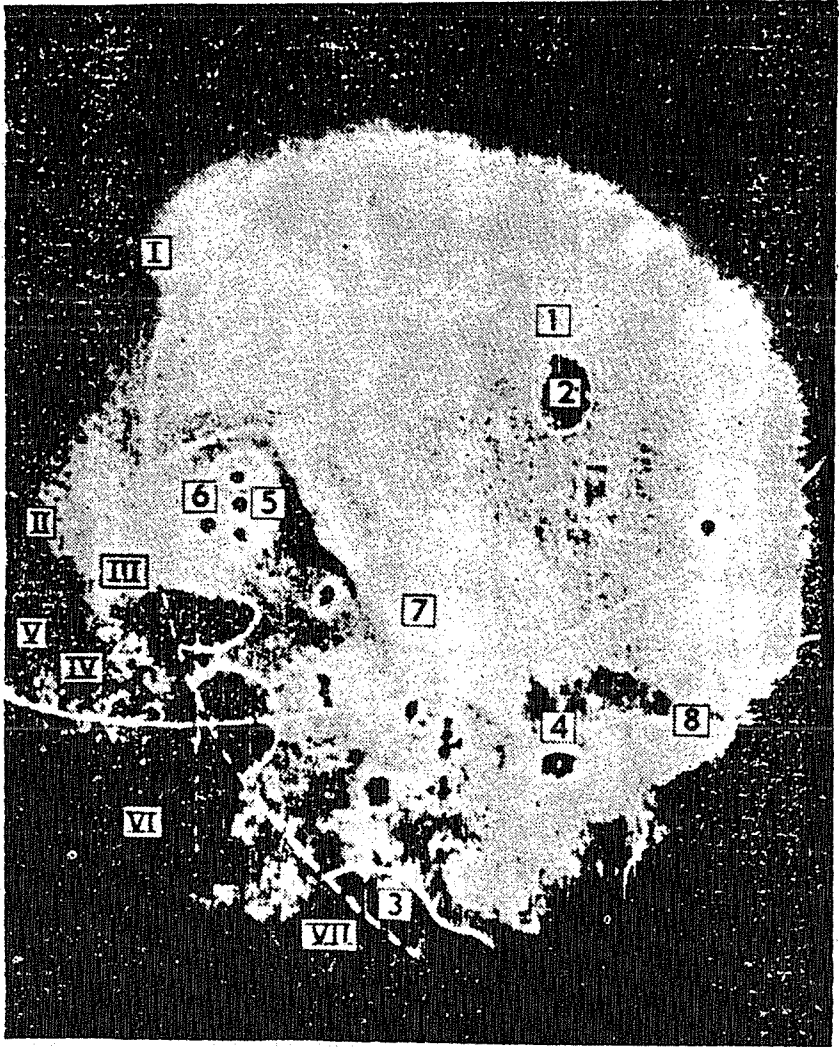
圖四十四 月球表面

如果在教學時，教室沒有遮光設備，可以將小皮球半面塗黑，代表背光面，未塗的半面代表向日面，將兒童分成數組，每組推一人拿球在他們四周轉動，手舉皮球，使沒有塗黑的一面固定對著一個方向，這樣也可以使兒童明白月圓缺之理。

四、月球的自轉

月球也有自轉，其周期與恆星月相同。因此月球也有晝夜之分，但其長短則與朔望月相一致。我們在地球上觀察月球，它是永遠以一面對著我們的，不過月亮在運行的時候，有一種不規則的動作，稱之為天平動(Librations)，由於這種運動，使我們可以看到月球整個表面的百分之五十九，其他的百分之四十一，則完全不知，近年才由繞月而行的衛星拍攝到其景像。

所謂天平動有三種：一為月球自轉軸，與它的軌道傾斜成一角度，使我們有時能看見它的北極以外，或有時看到它的南極以外的情形；其二是由於月球繞地球旋轉的時候，有快慢，使我們的視線，能超過東西極；其三是所謂周日天平動(Diurnal libration)，此非月亮本身的運動，以月對地之方位言，有如月之運動，月之行動係就地心論，人在地面上，當月昇時俯視其西側者約十二度，即月之地平視差，當落月時，俯視其東側亦然。

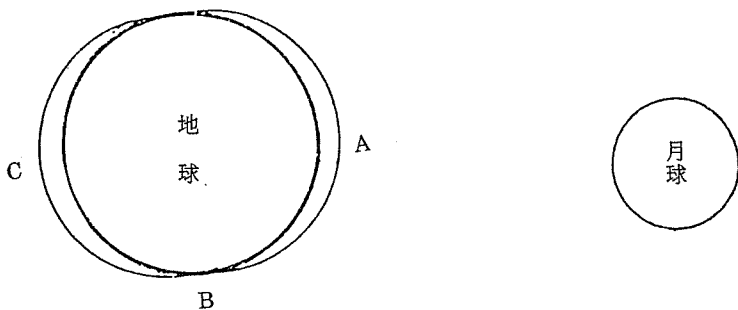


圖四十五 月球背面的景象，由繞月而行的衛星拍攝到的(1)莫斯科海，(2)太空人灣，(8)夢海

如果我們在月球上看地球，它是在空中一個位置不動的，由於月球上沒有氣體，所看到的天空是黑色的，星星都光耀奪目。假若地球恰好位於太陽與月球之間，是為地球上的月蝕，此時月球並非完全黑暗，因為由地球大氣散射的部分光線可繞過地球而射至月球上。在月球上的人，看見地球陰影四週，環繞著一圈明亮的光環，如月球並非在月蝕位置，地球和太陽並列天空，在月球上的人，遮住眩目的陽光，可看到地球向太陽的那一面一彎光芒。而太陽與地球比較，看上去太陽是小得多了。

五、潮汐

月球對地球最大的影響，就是潮汐作用(Tidal action)，雖然詳細的潮汐運動因為海岸與海底地形而複雜化，但主要運動卻仍是由於月亮對地球的重力吸引所致。月亮的重力隨著對月球中心距離之平方成反比。故在A處的粒子對月球的加速度大於在B處的粒子，而B處又大於C處。如果地球是堅固的，即無潮汐發生，外力的差異可由內力平衡，但是AC處為水，則因它可自由流動，故水平面亦隨之改變，月球的吸引遂使地球相對二海洋處之水面凸起。因為地球廿四小時自轉一週，故任何海面每天有兩次高潮。



圖四十六 潮汐

在計算潮汐時，亦應考慮太陽的影響，但是其作用遠小於月球。太陽無論那方面來說，它的質量比月球大得多，但也比月球距離遠得多，由於吸引力的大小與物體間距離的平方成反比。太陽雖有巨大的吸引力，但在如此遙遠的距離，其對地球上AB處單位質量吸引力的變化僅為月球的二分之一左右。

每月大潮有兩次，發生在新月和滿月時，即太陽、地球與月亮在一直線上時。



Figure 1 shows a large circle labeled 'A' and a smaller circle labeled 'B' inside it. The area between the two circles is shaded. This diagram illustrates the concept of set difference, where the shaded region represents the elements that belong to set A but not to set B.

第十一章

星 座

1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100

第十一章 星座

一、星座的認識

天空諸星，疏密分合，照耀成群，本無界限，天文家爲易於表示其相關位置，及研究上之便利，乃依其自然之散佈，分天空爲若干區域，虛設界線，而給予專有之名稱，謂之星座(Constellations)或星宿，史記律書：「七正二十八舍。」索隱：「即二十八宿之所舍也。舍，止也；宿，次也。」周禮春官馮相氏：「二十八星之位，辨其敘事，以會天位。」疏：「二十八星者，東方角、亢、氐、房、心、尾、箕、北方斗、牛之等爲二十八星也，若指星體而言謂之星，日月會於其星，即名宿、亦名辰、亦名次、亦名房，云之位者。」

西方星座名稱起源於米索波達米亞(Mesopotamia)地方的卡爾特亞(Chaldaca)族。由於他們是遊牧民族，當夜裡守護羊群的時候，夜夜與星空接觸，於是把天上星星稱爲天羊群，稱行星爲老天羊群，把牧夫座的大角星，當著牧羊人。以後這些知識傳給了巴比倫人，星象觀察慢慢有了相當體系。

另一方面地中海有個小國，叫做腓尼基(Phoenicia)，是個專門經商的民族，經常往來地中海各國間，而把米索波達米亞的文化，傳播於其他各地。米索波達米亞的星象知識，亦經腓尼基人之手傳到了希臘。希臘

天文學始祖泰爾斯(Thales)便是腓尼基人的後裔。

故西方星座名稱起源於希臘，希臘人則學自米索波達米亞。而真正將星座當學問研究，則起自尤篤克斯(Eudoxus)，西元前一三四年，依巴谷見新星出天蠍座，作恆星錄，凡一千有八十星，分星光為六級，所用星座，皆得諸尤篤克斯，以後多祿某所定四十八星座亦根據於此。

自多祿某天文集(Almagest)問世以後，星座大體初具規模。其所記之星僅四十八座，以後各有增加，至今所用的共八十八座。或言九十座，因西元一九二二年，國際天文協會，鑒於南船座範圍延伸太廣，將其劃分為五，即船帆、船艙、船底、船檣、羅盤，後又將船檣併入羅盤，事實南船、船檣之名已不存在，故現今為八十八星座。

我國星象研究，起自黃帝之前，以上各章已經分別論述。至巫咸、甘德、石申始作星圖。吳太史令陳卓備列三家之星，總二百八十三官，一千四百六十四星。蓋我國天文家分恆星為三垣、二十八宿、軒轅、五車、北斗等座，星座及星之命名皆以官名、地名、國名、物名之屬，其星之無特別名稱者，以某星座幾星名之，如角宿一、角宿二等，近代新增之星，近某星座者，即名某座增星，如牛宿增一、北斗增二等是，其近南極星座中國所不見，乃依西方名稱。

表七 星座總表

略號	學名	譯名	概略位置		包合中國星座
			赤經 (h)	赤緯 (o)	
And	Andromeda	仙女	0.7	+38	騰蛇、天廡、壁宿、奎宿、軍南門、天大將軍。
Ant	Antlia	唧筒	10.0	-35	(唧筒)，在張宿南。
Aps	Apus	天燕	16.0	-76	(異雀)，近南極。
Aql	Aquila	天鷹	19.4	+2	天弁、右旗、左旗、河鼓、天桴、離珠、天市左垣。
Aqr	Aquarius	寶瓶	22.3	-13	女宿、虛宿、天壘城、危宿、司命、蓋屋、墳墓、哭、泣、虛梁、壘壁陣、羽林軍、鈇鉞
Ara	Ara	天壇	17.2	-55	杵、龜。
Ari	Aries	白羊	2.5	+20	婁宿、左更、胃宿、天陰。
Aur	Auriga	御夫	6.0	+42	五車、柱、天潢、咸池、八穀、座旗。
Boo	Bootes	牧夫	14.6	+30	大角、右攝提、左攝提、元戈、帝席、招搖、梗河、七公、天槍、亢池。
Cae	Caelum	雕具	4.8	-38	近天園。
Cam	Camelopardalis	鹿豹	5.7	+70	紫微右垣、六甲、傳舍、杠、四輔、北極。
Cap	Capricornus	摩羯	20.8	-20	牛宿、羅堰、天田、周鄭等十二國、天壘城、壘壁陣、哭。

Car	Carina	船底	8.7	-62	老人、(南船)、(海石)、(海山)。
Cas	Cassiopeia	仙后	1.0	+60	騰蛇、王良、策、附路、閣道、紫微左垣、華蓋、杠、傳舍。
Cen	Centaurus	半人馬	13.3	-47	柱、庫樓、南門、(馬腹)、(馬尾)、騎官、(海山)、衡、陽門。
Cep	Cepheus	仙王	22.0	+70	天柱、天鈞、紫微左垣、造父、騰蛇、天皇大帝、傳舍、五帝內座。
Cet	Cetus	鯨魚	1.7	-12	八魁、天倉、土司空、鈇鑽、天囷、芻藿、天苑。
Cha	Chamaeleon	蜥蜴	10.7	-78	(小斗)，近南極。
Cir	Circinus	圓規	14.8	-63	南門附近。
CMa	Canis Major	大犬	6.7	-24	軍市、天狼、弧矢。
CMi	Canis Minor	小犬	7.5	+6	南河、水位。
Cnc	Cancer	巨蟹	8.5	+20	水位、耀、鬼宿、積尸。
Col	Columba	天鴿	5.7	-34	丈人、子、孫。
Com	Coma Berenices	后髮	12.7	+23	郎位、郎將、周鼎。
CrA	Corona Australis	南冕	18.5	-41	鼈。
CrB	Corona Borealis	北冕	15.7	+30	貫索、天記。
Crt	Crater	巨爵	11.3	-15	翼。

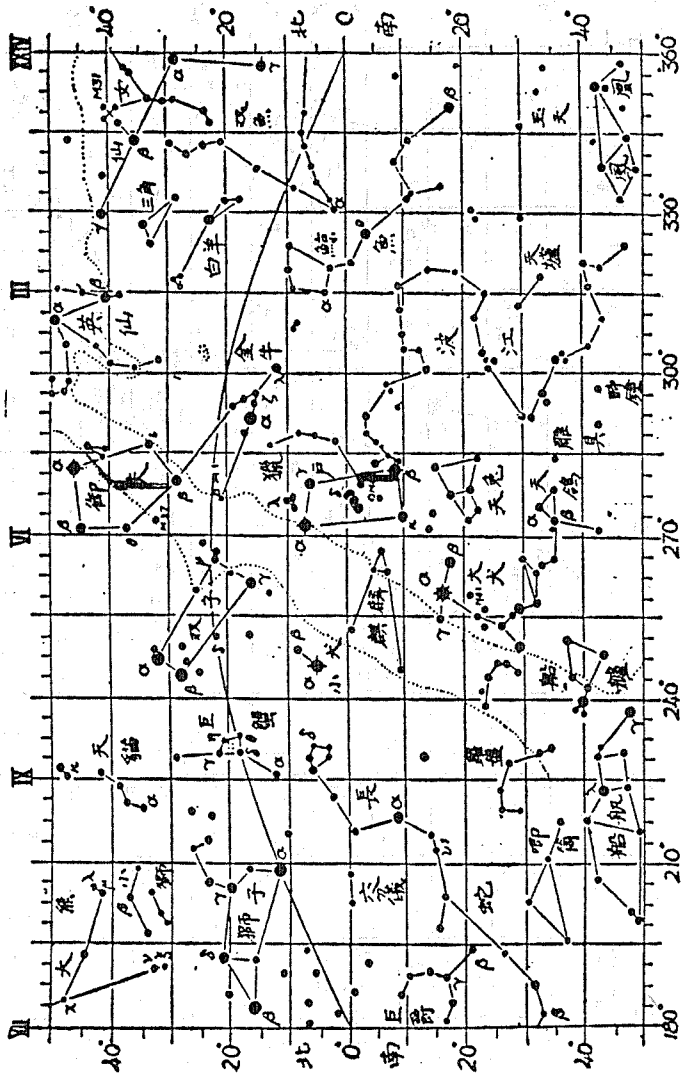
Cru	CruX	南十字	12.3	-60	(十字架)。
Crv	Corvus	烏鴉	12.3	-18	軫宿。
CVn	Canes Veratici	臘犬	13.0	+40	常陳。
Cyg	Cygnus	天鵝	20.5	+43	奚仲、輦道、天津、車府、騰蛇。
Del	Delphinus	海豚	20.6	+12	瓠瓜、敗瓜。
Dor	Dorado	劍魚	5.0	-60	(金魚)、(夾白)。
Dra	Draco	天龍	17.0	+60	紫微右垣、紫微左垣、內廚、天乙、尚書、天棓、天柱、扶筐、柱史、御女、天廚、天鈎、天鈞、大理、天牀。
Equ	Equuleus	小馬	21.2	+6	司非、虛宿、司危。
Eri	Eridanus	波江	3.8	-30	天苑、九洲殊口、天園、九旂、玉井、水委。
For	Fornax	天爐	2.4	-33	天庾。
Gem	Gemini	雙子	7.0	+22	司怪、鉞、井宿、五諸侯、天鱗、北河、積薪、耀。
Gru	Grus	天鶴	22.3	-45	(鶴)、敗臼。
Her	Hercules	武仙	17.2	+27	七公、天市右垣、天紀、斗、斛、宦者、帝座、天市左垣、女牀、天棓、昴度、屠肆、宗。
Hor	Horologium	時鐘	3.3	+52	近天園南。
Hya	Hydra	長蛇	10.5	-20	柳宿、外廚、星宿、張宿、平、翼宿、青邱。
Hyi	Hydrus	水蛇	2.7	-72	(蛇首)、(蛇腹)、(附白)。

Ind	Indus	印第安	21.3	-58	(波斯)。
Lac	Lacerta	蝟虎	22.4	+43	車府、騰蛇。
Leo	Leo	獅子	10.5	+15	酒旗、軒轅、御女、長垣、少微、靈台、太微右垣、明堂、五帝座。
Lep	Lepus	天兔	5.4	-20	屏、軍井、廁。
Lib	Libra	天枰	15.2	-14	氐宿、折威、日、西咸、罰。
LMi	Leo Minor	小獅	10.3	+33	內平、勢、少微。
Lup	Lupus	豺狼	15.0	-40	頓頌、從官、騎官、車騎、積卒、柱、騎陣將軍。
Lyn	Lynx	天貓	7.8	+45	軒轅。
Lyr	Lyra	天琴	18.8	+36	織女、漸臺、輦道。
Men	Mensa	山案	5.7	-77	(附白)南，近南極。
Mic	Microscopium	顯微鏡	20.8	-37	離瑜、九坎。
Mon	Monoceros	麒麟	7.0	-3	四瀆、闕邱、外廚。
Mus	Musca	蒼蠅	12.5	-70	(蜜蜂)、(海山)
Nor	Norma	矩尺	16.0	-50	在房宿南。
Oct	Octans	南極	21.0	-87	(蛇尾)、(南極)。
Oph	Ophiuchus	蛇夫	17.2	-4	天市右垣、東咸、車肆、列肆、斛、天江、糠、天籥、市樓、宗正、宗人、候、天市左垣。

Ori	Orion	獵戶	5.3	+ 3	參旗、參宿、伐、玉井、觜宿、司怪、水府。
Pav	Pavo	孔雀	19.2	- 65	(孔雀)。
Peg	Pegasus	飛馬	22.5	+ 17	人、危宿、白、杵、土公吏、雷電、離宮、室宿、壁宿。
Per	Perseus	英仙	3.6	+ 42	大陵、天船、卷舌、積水。
Phe	Phoenix	鳳凰	1.0	- 48	(火鳥)、水委。
Pic	Pictor	繪架	5.5	- 52	近(金魚)。
PsA	Piscis Australis	南魚	22.0	- 32	天田、離瑜、天錢、羽林軍、敗臼、北落師門。
Psc	Pisces	雙魚	0.3	+ 10	霹靂、雲雨、壘壁陣、土公、外屏、奎宿、右更。
Pup	Puppis	船艙	7.6	- 32	弧矢。
Pyx	Pyxis	羅盤	8.8	- 30	天狗。
Ret	Reticulum	網罟	3.8	- 63	(夾白)、(蛇首)。
Scl	Sculptor	玉夫	0.5	- 35	近土司空南。
Sco	Scorpius	天蠍	16.3	- 26	房宿、鈎鈐、心宿、鍵閉、尾宿、折威、天幅、傳說。
Sct	Scutum	盾牌	18.0	- 10	天弁。
Ser	Serpens	巨蛇	18.0	- 5	天市右垣、天乳、列肆、天市左垣、市樓。
Sex	Sextans	六分儀	10.2	- 1	天相。

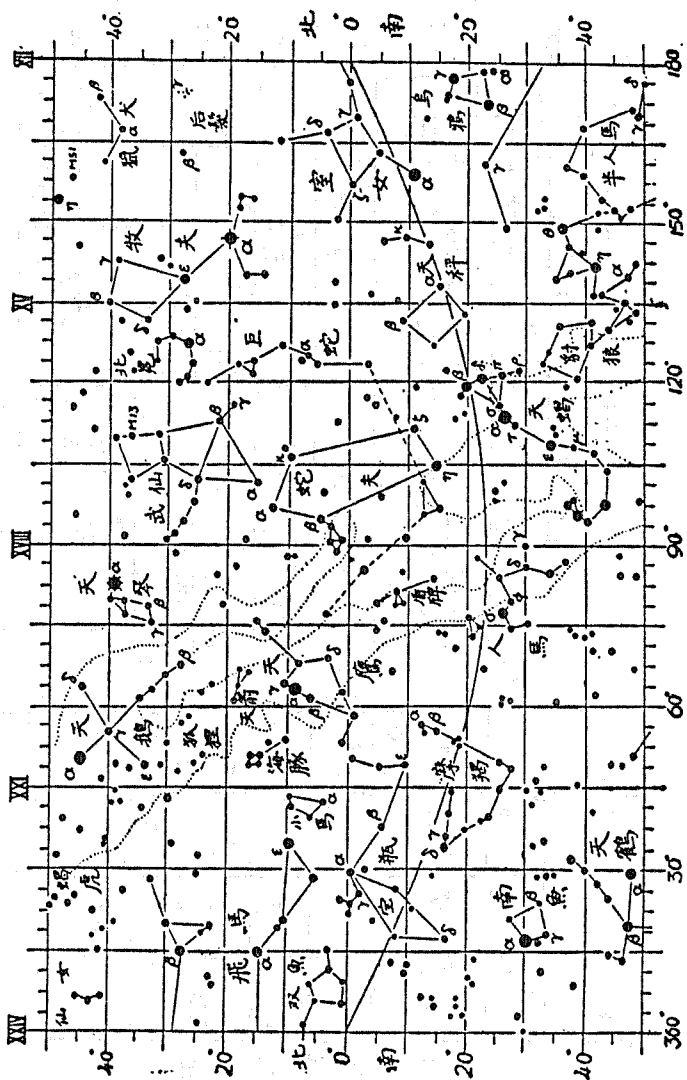
Sge	Sagitta	天箭	19.6	+18	左旗。
Sgr	Sagittarius	人馬	19.0	-25	天箭、箕宿、斗宿、建、天雞、狗、狗國、天淵。
Tau	Taurus	金牛	4.5	+18	天廩、昴宿、畢宿、附耳、天節、天街、礪石、月、諸王、天高、天關、司怪、五車。
Tel	Telescopium	遠鏡	19.0	-52	鬘附近。
TrA	Triangulum	南三角	15.6	-65	(三角形)。
Tri	Australe	三角	2.0	+32	天大將軍。
Tuc	Triangulum	杜鵑	23.7	-63	(鳥喙)、鶴。
UMa	Tucana	大熊	11.7	+58	內階、三師、上台、軒轅、紫微右垣、文昌、北斗、輔、天理、中台、天牢、天尊、下台、太陽守、內廚。
UMi	Ursa Minor	小熊	15.7	+78	勾陳、帝、太子、庶子、后宮、天牀。
Vel	Vela	船帆	9.5	-45	天社、天狗。
Vir	Virgo	室女	13.3	-2	內屏、太微右垣、謁者、太微左垣、進賢、九卿、三公、角宿、平道、天門、天田、亢宿。
Vol	Volans	飛魚	7.7	-69	(飛魚)。
Vul	Vulpecula	狐狸	20.2	+25	近天津南。

赤道南北星座一（西名）



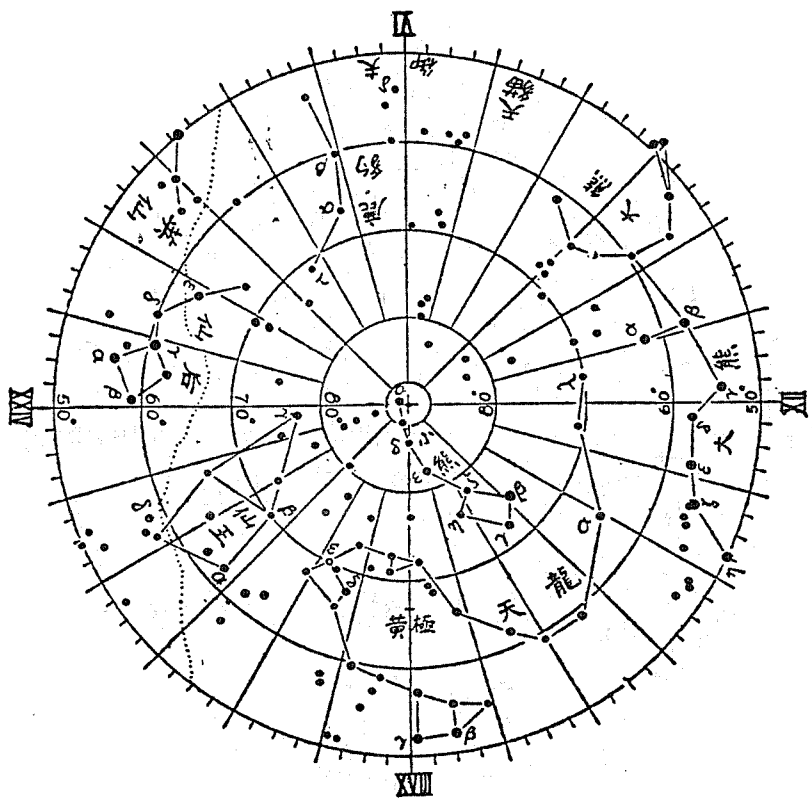
圖四十七 赤道南北星座一（西名）

赤道南北星座二（西名）



圖四十八 赤道南北星座二（西名）

北極附近星座(西名)



圖四十九 北極附近星座(西名)

二、星等

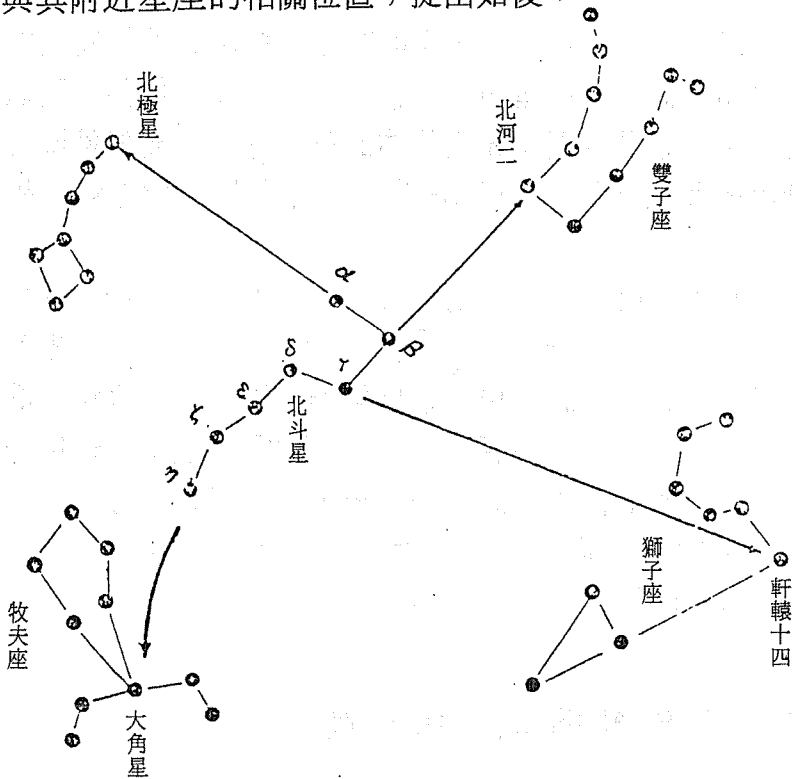
最初天文上為表示星光的明暗，把肉眼所能看到的星分為六級，稱為星等(Magnitude)。光度愈強，數值愈小，即等級愈高，光度最強的為一等星，光度遞減，則等級隨之遞降，至肉眼所見之最暗者，稱之為六等星。

到赫協爾(Herschel)研究一等星所發之光輝，平均為六等星的一百倍，又 $\sqrt[5]{100}=2.51$ ，故一等星之光度為二等星之二·五一倍，以此類推二等星之光度為三等星之二·五一倍。如果比一等星還要亮的星，也按照二·五一倍的標準，以零等來表示，或以負一等、二等表示，如天狼星是負一·六等，太陽為負二十六·七等，月圓時為負十二·五等。

三、如何輔導兒童認識星星

天空中的星星，肉眼所能看到的，約五千餘顆，以強力望遠鏡觀測，可見數百萬顆，如以望遠鏡照像，則有幾十億顆。這樣多的星星，實不易辨認，天文學家有鑑於此，特分天空為八十八區，每區包括若干星星，稱為星座，已如前所述。因此認識星座，是記憶恆星位置最好的辦法，如果我們再能先就各星座中幾個特殊的著手，以後再找出這些星座和別的星座間的關係位置，去認識別的星座，這樣我們要在一年半載中，使兒童認識

全天空中重要星座，絕非太難的事。茲將幾個重要星座與其附近星座的相關位置，提出如後：



圖五十一 北斗星(大熊座)

(一) 北斗星：北斗星是大熊座中的 α 、 β 、 δ 、 ζ 、 ϵ 和 η 等七星組成，其形如杓。天球像個時鐘，恆星在一定時間，將在一定的方位。而最能代表的便是北斗七星。一月一日午後六時北斗七星接近北方地平線。(由於太近地平，視線不清，不易見到)四月一日下午六時，則在北極星的東方；七月一日下午六時，則在北極星的上方；十月一日午後六時，則在北極星的西方。

北斗星在全天空是一個比較易於認識的星座，而且終年都可見到，所以我們常用它做辨認其他星座的指標。如其中之 α 和 β 兩星稱為指極星(Pointers)，其聯成直線，由 α 星端向外延長五倍，有一顆不太明亮的星，那是有名的北極星，聯結 β 和 γ 二星，由 β 端延伸其五倍，可找到雙子座的北河二；聯結 δ 和 γ 二星，由 γ 端向外延伸其八倍，則指向獅子座的軒轅十四。延伸斗柄，則可找到牧夫座中的大角星，繼續延伸，則可找到室女座的角宿大星。軒轅十四、北河二、大角星、角宿大星、在全天空中都是非常明亮的星，參照圖五十二，在夜空中不難找到它們。

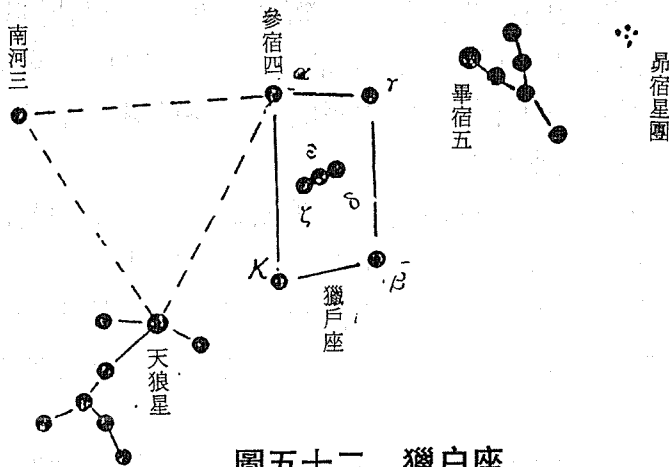
(二)獵戶座：獵戶座是一個範圍很大、很明亮的星座，在冬夜的天空中，很能引人注目。其中 α 、 β 、 κ 和 γ 四星組成一個大梯形。中間拼排三星是獵人的腰帶。由於這一星座非常顯目，我們常以它為中心，辨認四周的星座。

如果這時獵戶座正在你的東南上空，現在請看獵人腰帶三星，以此三星連成一直線，向下延伸，可找到全天空中最亮的一顆星，那是天狼星，它的光度為負一·六等，而實在光度是太陽的四十八倍，體積有太陽的二〇〇倍，埃及人因精密觀測天狼星出現的時刻，知道一年之長有三六五日又四分之一，這是太陽曆的根本數值。

由獵戶的參宿四和天狼連線為基線，與其東方另一個星組成一個正三角形，這個星是小犬座的 α 星，我們

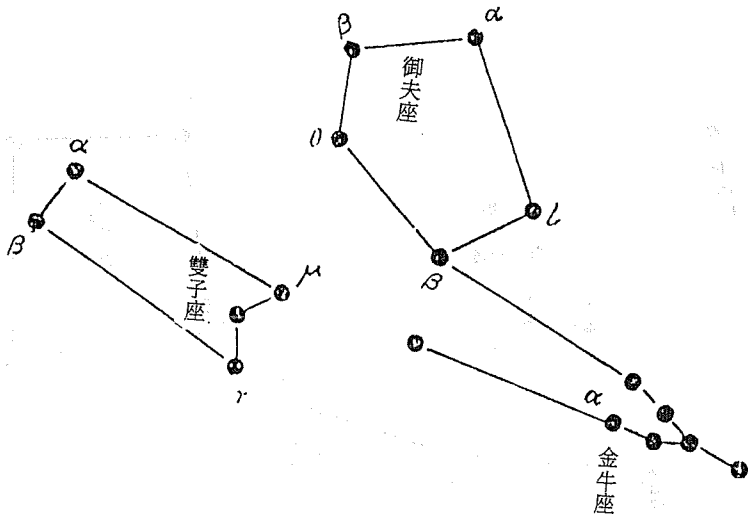
稱它爲南河三。

再自獵人腰帶向天頂延伸，則指向一顆深紅色的星，那是畢宿五，也就是金牛的牛眼，另外有四顆星和牛眼聯成一個V字形，是謂牛頭。在牛頭附近，還在金牛座裡面，有一群小星，那是有名的昴宿星團，即所謂七姐妹，普通肉眼可看到六個到七個星，事實上不知有幾百或上千的星集在一起。



圖五十二 獵戶座

(三)金牛座：如果我們已經找到金牛的頭，我們可以延著「V」字形向前伸，金牛的兩支角正好對著兩個重要星座，一個是御夫座，一個是雙子座。這裡要特別注意一下，御夫座有五個非常明亮的星，而組成一個五邊形，但是其中有一顆，卻不屬御夫座，而是金牛的 β 星。我國古代合此五星稱爲五車，而金牛座之 β 星，即所謂五車二。

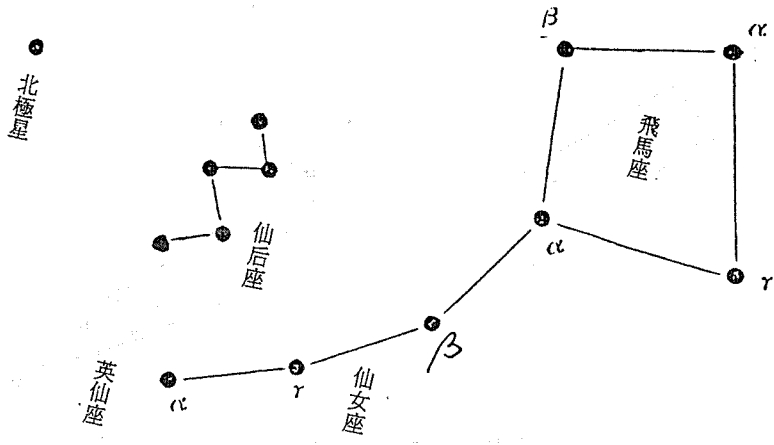


圖五十三 金牛座

(四) 飛馬座：飛馬座的 α 、 β 、 γ 三顆星，和仙女座的 α 星所成的四方形，我們稱它為飛馬大正方形。當北斗在北邊地平線時，這四個星可以代替北斗的 α 和 β 星成為指極星，即向北延伸飛馬座的 α 和 β 星之聯線，或向北延伸飛馬座的 γ 星和仙女座 α 之聯線，都可指到北極星。

再由仙女座之 α 星與飛馬座 γ 星之聯線南延，則指向雙魚座內的春分點，在二千年前，春分點是在白羊座，因為歲差的關係，現在已經到雙魚座。

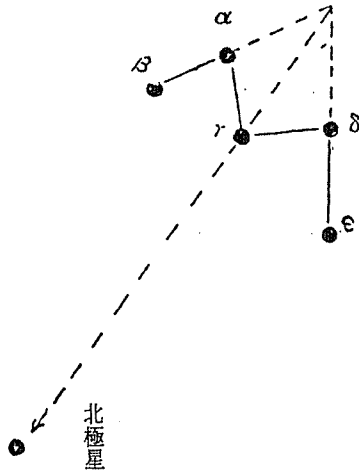
如果再聯結飛馬四方形對角的兩個 α 星，則可延伸到仙女座中，看到英仙座的 α 星，與仙女座中之 β 、 γ 二星形成一弓形。



圖五十四 飛馬座

(五)仙后座：仙后座即W星或M星。其 α 、 β 和 δ 、 ε 各個聯線之交點，再與其 γ 星相聯向北延長，可指向極星。

星座間之關係很多，其他如織女星、北極星而以大角星為頂點形成一等腰三角形；天蠍座的尾巴指著牛郎、織女等等，以上僅舉數例以為參考，星象的觀察，最主要的是持之有恆，只要長久的觀察自然滿天星斗都成為我們的朋友。



圖五十五 仙后座

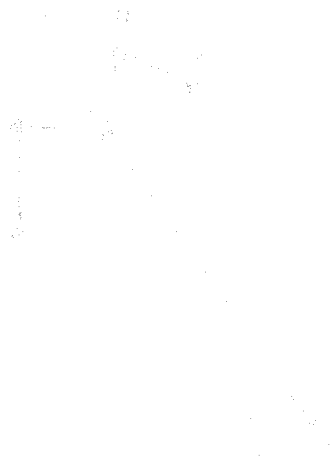


圖 10-1 示水之分配

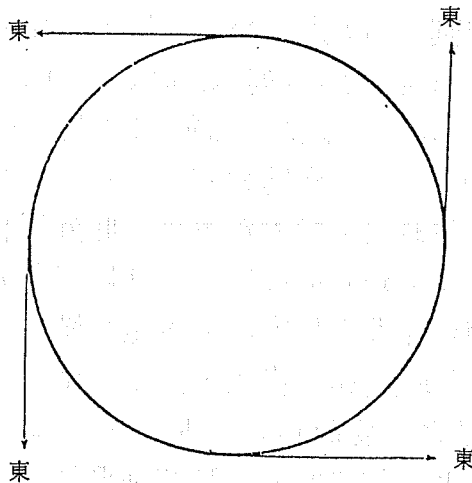
第十二章

方向的認識

第十二章 方向的認識

一、方向觀念

方向完全是指相對的關係位置，是視地為一平面，以自我為主體，或以周圍其他物體為主體的相對觀念，甲在乙的東方，乙就在甲的西方。如果甲乙二人，甲在乙的左邊，可是乙不一定在甲之右，因為這裡所說的左右是以人為主體的，我們知道乙可能是在甲之左，亦可能站在甲的後面。建築物和人一樣有正反左右。也就是說左右是以人與物為主體。而東西南北則不然，如果視地為一平面來說，它表示著一個固定位置觀念。



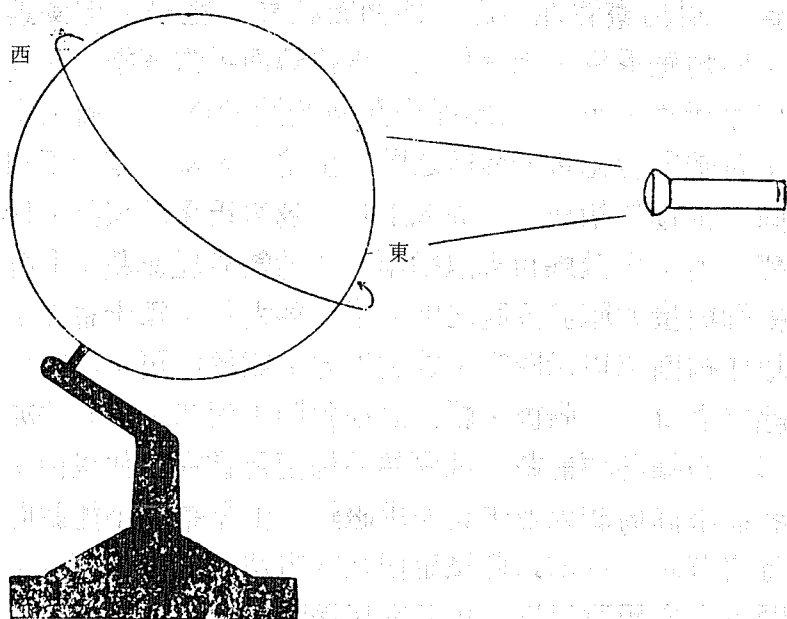
圖五十六 方向觀念

談到南北是沒有問題的，我們可以規定地軸對北極星的一端爲北。那麼什麼地方是東西呢？或說亦以極星爲準，即我們面向極星，其右爲東，左爲西。天文學爲研究天地之學，天地皆爲球體，既爲球體則東西無定，如果有四個人，他們在地球的另一緯度上，他們之間的距離，正好都是相差經度九十度，這時他們同時指向東方，在他們來說是對的，如果我們在地球以外來看，他們四人卻指著四個不同的方向。如圖五十七。因此我們在天文學上談到東西，應該是指地球轉動的方向。即地球由西向東旋轉。

二、在日常生活中如何定方向

我國古代有所謂「日起於東」的觀念。如果我們和低年級兒童談到方向問題，是可以以太陽爲準的，同時我們也可以用日常生活中的經驗來決定方向。普通我們行路看方向，除日月星辰，由於它們在一定的季節時間，有一定的方位，可幫助我們定方向外，其他還可以利用指南針、迴轉儀、樹木年輪等。此外還有古代相傳下來的建築物。如埃及的金字塔，其塔基呈方形，非常精密的指著東西南北四個方位，像是沙漠中的羅盤。實際上金字塔，過去也是「皇家天文臺」供占星之用，塔中有觀星的露臺，當時埃及人製了一種類似日晷的儀器，可參對恆星位置定時間，那時他們觀星的目的在求得尼羅河每年泛濫的時間，他們認爲明亮的天狼星與太

陽同時出沒時，即為尼羅河洪水將至之象，也就是埃及新年的開始。巴比倫和亞述的廟宇，四面正對東西南北四個方向。在我國廟宇的正殿和重要建築物的正廳大部分是向正南的。這可能是因為古代人們對方向的重視吧！



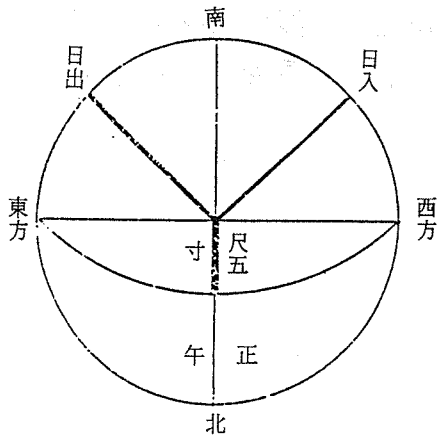
圖五十七 指導兒童認識方向

三、指南針

指南針是一件用著測定方向的最簡單科學儀器，無論在軍事上、交通上、或測量上都在廣泛的應用著。此項儀器最初使用於我國，在西元前二千餘年前，我中華

民族的祖先黃帝首先利用磁鐵製造了指南車。在科學上是項偉大的發明。

根據晉書輿服志記載：「司南車一名指南車，駕馬其下，制如樓，三級，四角金龍銜羽葆，刻木爲仙人，衣羽衣，立車上，車雖回運，而手常南指，大駕出行爲先啓之乘。」宋史輿服志記載：「指南車一名司南車，赤質，兩箱畫青龍白虎，四面畫花鳥，重臺，句闌鏤拱，四角垂香囊，上有仙人，車雖轉而手常南指。」又「仁宗天聖五年，工部郎中燕肅始造指南車，肅上奏曰：黃帝與蚩尤戰於涿鹿之野，蚩尤起大霧，軍士不知所向，帝遂作指南車。周成王時，越裳氏重譯來獻，使者惑失道，周公賜駟車以指南。」通鑑外紀記載：「軒轅徵師與蚩尤戰於涿鹿之野，蚩尤爲大霧，軍士昏迷，軒轅作指南車以示四方，遂禽蚩尤，戮於中翼，名其地曰絕轡之野。」張衡，祖沖之亦曾製指南車，但其法亦失傳。根據各項記載，我國始用指南針當在三代以前。論者或謂商周測天並未見使用磁針，但是這並不能說明那時沒有磁針一即以磁鐵定南北的方法。由歷史記載，我國以土圭觀測日影，可能在伏羲時代即開始，而盛行於周代。也就是說在商周以前我們的祖先已經很正確的測出地球的南北。我們現在知道地磁的兩極，和地軸的兩極是有偏斜的，這樣那時既然能知道磁針有指南北的特性，爲什麼不能知道它所指的南北非真正的南北呢？因此我們可以這樣說，由於我們的祖先已經知道指南車所指的南北不正確，所以沒有用在天文上。



圖五十八 我國古代東西之測定

四、我國古代對方向的測定

古代是根據日影和極星來測定方向的，目前還被認為是最簡單的測定方向方法之一。周禮考工記：「匠人建國，水地以縣，置槷以縣，眡以景，為規識日出之景，與日入之景，晝參諸日中之景，夜考諸極星，以正朝夕。」槷，古文臬，於所平之地中央樹八尺之臬，以縣正之，臬即測影之表。周禮夏官司馬：「土方氏，掌土圭之法，以致日景。」說文通訓定聲：「土借為度。」以土圭測日之法，是以八尺之桿測日影最短時為南北。漢書律歷志：「議造漢曆，定東西，立晷儀，下漏刻。」淮南子天文訓云：「正朝夕，先樹一表東方，操一表卻去前表十步，以參望，日始出北廉，日直入，又樹一表於東方，因西方之表，以參望，日方入北廉，

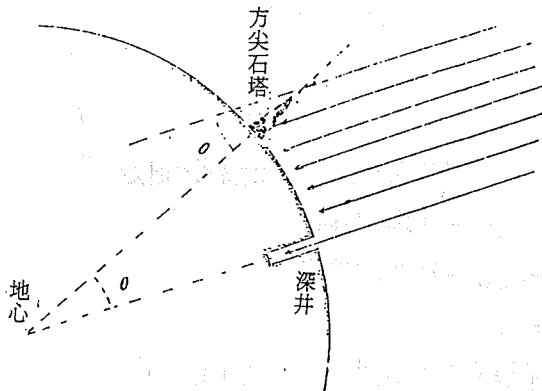
第十三章

空間的量度

第十三章 空間的量度

一、地球的體積

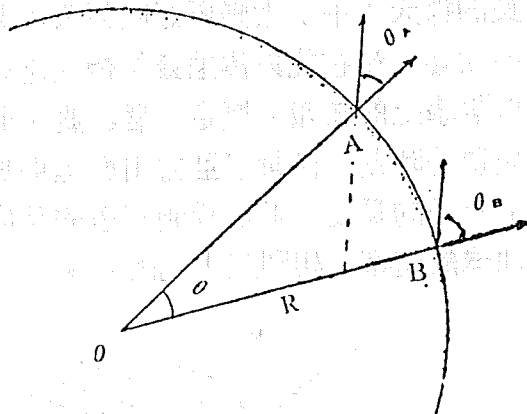
我們已經談過，遠在西元前二五〇年，希臘天文家愛拉托斯澤尼茲測量到地球的體積，這項驚人的功績，使他揚名千古，在埃及亞力山德利亞之南五百六十哩處有個城市，名息尼(Syene)，城裡有一口深井，每當一年中晝最長的那天正午，太陽恰好直射入深井，井底的水上反映出太陽。愛拉托斯澤尼茲相信大地是個球體，於是他以他數學上的知識，擬定一個計劃，趁這天太陽直射息尼城頂的時刻，測量了亞力山德里亞城裡一個方尖石塔投下影子的長度，並測量到石塔的高度，這樣居然算出了地球的體積。如圖五十九所示。



圖五十九 地球體積測定(一)

當初他測出塔尖與日影的交角為 $7\frac{1}{5}^{\circ}$ 。設地為球形，則地心對兩地連線之夾角亦為 $7\frac{1}{5}^{\circ}$ 。於是七點二除三百六十，得五十，再以五十乘兩地之距離五百六十哩，得二萬八千哩，即繞地一周之長。

這裡再討論一下另一種求地球體積的方法。最先我們測量一下，在同一子午線上AB間的弧長，以其作為基線，利用經緯儀測出AB點緯度如圖六十。



圖六十 地球體積測定(二)

使 $\theta_A = 90 - A$ 地之緯度

$\theta_B = 90 - B$ 地之緯度

則 $\theta = \theta_B - \theta_A$

因圓弧線的長度和所張的角度成正比

$$\text{即 } \frac{AB}{2\pi R} = \frac{\theta}{360^{\circ}}$$

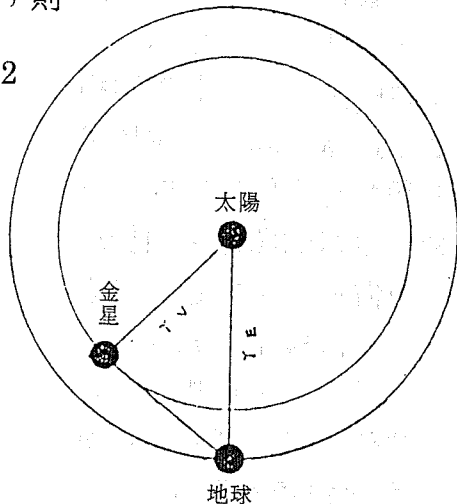
$$R = \frac{360^\circ}{\theta} \times \frac{AB}{2\pi}$$

二、行星的距離測定

地球與行星間的距離，可以地球的直徑為基線，利用三角測量法測出。當傍晚的時候，紀錄一行星的位置，到第二天清晨再紀錄這行星的位置。由於地球繞其本身軸線轉動，地球直徑長，可作為基線的近似距離。關於三角測量法當再討論。

另一種方法是求太陽系內彼此不同距離的比值。例如我們可以利用經緯儀，測出金星和太陽間的最大偏角，而定出金星軌道和地球軌道半徑的比值。設地球軌道半徑為 γ_E ，金星軌道半徑為 γ_V 。如果我們測得金星和太陽間的最大偏角為 46° ，則

$$\frac{\gamma_V}{\gamma_E} = \sin 46^\circ = 0.72$$

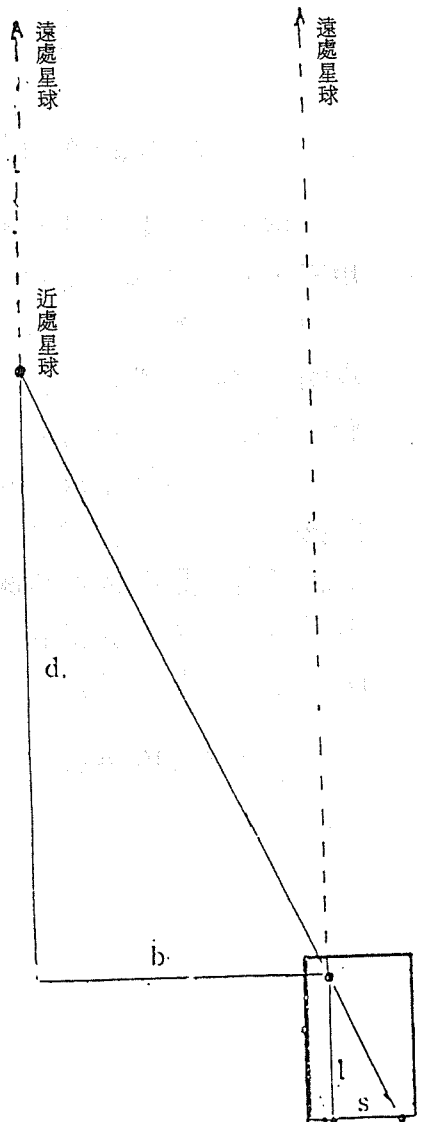


圖六十一 地球與其他行星間距離測定

如果地球和太陽間的距離為已知，則 γ_E 由計算就可求得。我們為方便計，假設地球和行星軌道都是圓形的，並以太陽為中心，且都在一平面上。

三、恆星距離的測定

天文家利用地球軌道直徑為底線，以測定較近星球至地球的距離。為方便計，設一遠星與一近星，當我們第一次觀察時，恰巧在一直線上。六個月後，地球運行至基線的另一端，若以照相機對正遠處星球，並維持半年前觀察時相同之方向，以攝取兩星球的照片，由於地球的位置變更，遠近兩星必不在同一直線上，底片必呈現兩不同之像。由相似三角形之關係，且因遠處星球所指之方向未曾變更，兩像間之距離必與地球軌道之直



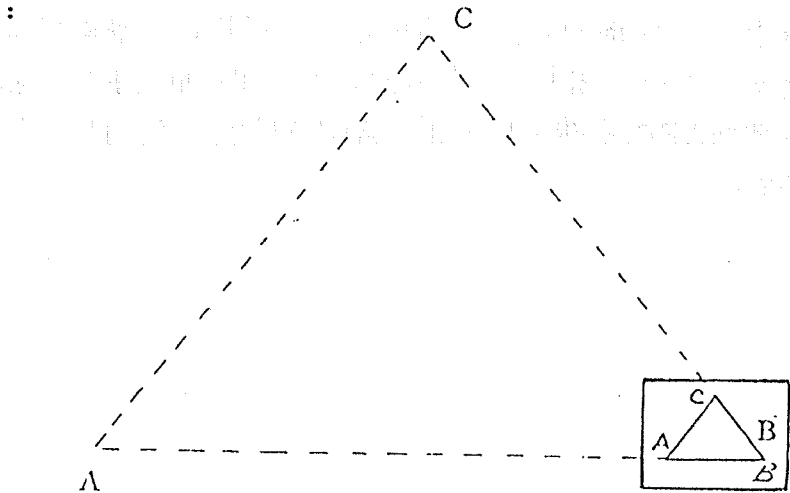
圖六十二 恆星距離之測定

徑關連，光線在照相機內所穿越之距離，必與近處星球至地面間之距離關連。設 d 為地球與恆星間的距離， b 為地球軌道直徑， l 為相機焦距， s 為底片二星像距。則：

$$d = \frac{bl}{s}$$

四、三角測量

三角測量係應用幾何學上之相似三角形及直角三角形，以測定物體高低遠近的一種方法，天文上常用來測量天上的星辰，已在前幾節說明，本節為使兒童對三角測量的基本意義能以瞭解，特舉一簡單的例子說明如後：



圖六十三 三角測量

我們可以指導他們做一次實習。先幫助他們準備一臺平板儀。測量上平板儀是一種較為簡單方便的儀器，但是附件還是很多的，這裡僅用圖畫板一塊，大號縫衣

針兩支，指南針一個，直尺一支。有三足架更好，不然將畫板平放在課桌上就可以了。

第一步將平板儀按置在操場的一角A處，A處有一標制。盡量使平板成水平，上面固定一張白紙，用指南針看一下平板四角的方位。選定遠處一點C為測定之目標。拿一縫針釘在紙上任一點A，且A點巧在地面A之上方。將眼睛盡量接近平板由A針看C物，手持另一針釘在平板上，使其正好在AC連線上，用鉛筆連接紙上兩針眼成直線。

第二步將平板移至B處，按置平板，使四角方位與A處同，在紙上定一點B，使紙AB與地面A在一直線上，再用前法求出B對C的直線，使與第一直線交於C，則紙上ABC與地面ABC，所成之三角形相似。應對應成比例。平板上B點正下方地面之點，即地面之B點，測出地面AB的距離，以及紙上ABC的距離，就可以求出各點的遠近。

第十四章

太空發展

第十四章 太空發展

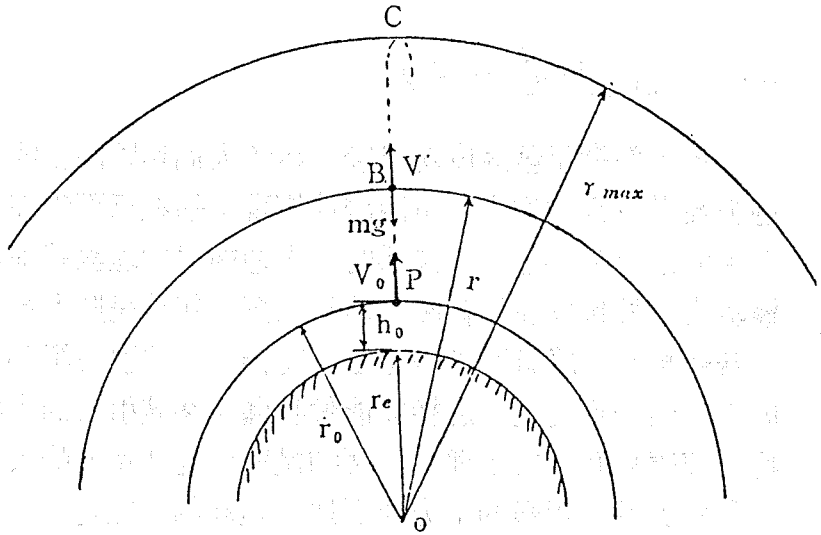
一、人造衛星的發射

自人造衛星發射成功以後，給予人們無限的希望，過去漫遊月宮的幻想，可能因此實現。遠在三百年前，當牛頓建立起天體力學體系時，人造衛星的理論基礎已經奠定。根據以往的經驗，地球上萬物無論是擲得多遠，飛得再高，終有回到地球上的時候，地球引力絕不會放走任何一件物體。怎樣才能使物體，突破引力的束縛呢？按照萬有引力定理：一個物體所受地球重力的大小，和它對地心距離的平方成反比。地球的半徑約為四千哩，如果一個在地面上一八〇磅的物體，到了四千哩的高空時，只有四十五磅之重量，到八千哩的高空，就只有廿磅的重量了，如果到無限遠時，則趨於零。因此物體不再受重力之影響，物體也就可以一去不返了。

人類又有一種經驗，自地面向上投射物體，其初速愈大，則所達到的高度也愈高。理論上，當其初速達到某一最大值時，其高度即可達到無窮，物體也就不再回到地面了。我們稱此速度為遁速(Velocity of escape)茲將遁速之演算說明如後：

如圖六十四，設一物體，其質量為 m 。在地球大氣層外之P點向上投射，P距地心為 r_0 ，相對地心之投射初速 v_0 ，方向與地面垂直。投射至B點後，其速度 V ，所

受重力為 mg ， g 為地球之重力加速度。又設 r_e 為地球半徑， g_e 為地面之重力加速度。 h 為投射點對地面之高度。



圖六十四 人造衛星之發射(一)

則由萬有引力定理得

$$\frac{g}{g_e} = \left(\frac{r_e}{r}\right)^2$$

$$gr^2 = g_e r_e^2 = G(\text{常數})$$

$$\text{則 } g = \frac{G}{r^2} \dots \dots \dots (1)$$

又由牛頓運動定律得：

$$m \frac{dv}{dt} = -mg \dots \dots \dots (2)$$

(1) 代入 (2) 得：

$$\frac{dv}{dt} = \frac{G}{r^2}$$

$$\text{但 } \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dr} \cdot \frac{dr}{dt} = V \frac{dv}{dr}$$

$$\therefore Vdv = G \frac{dr}{r^2}$$

$$\int_{v_0}^v vdv = - \int_{r_0}^r G \frac{dr}{r^2}$$

$$\frac{1}{2}(V_0^2 - V^2) = G \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) \dots \dots \dots (3)$$

又物體至最高點時 $V=0$ ， $r=r_{\max}$

則由(3)得：

$$\frac{1}{2}V_0^2 = G \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_{\max}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

當 $r_{\max} = \infty$ ，初速 V_0 為遁速，以 V_e 表之

則由(4)得：

$$\frac{1}{2}V_e^2 = G \frac{1}{r_0}$$

$$V_e = \sqrt{\frac{2G}{r_0}} = \sqrt{2g_0 r_0}$$

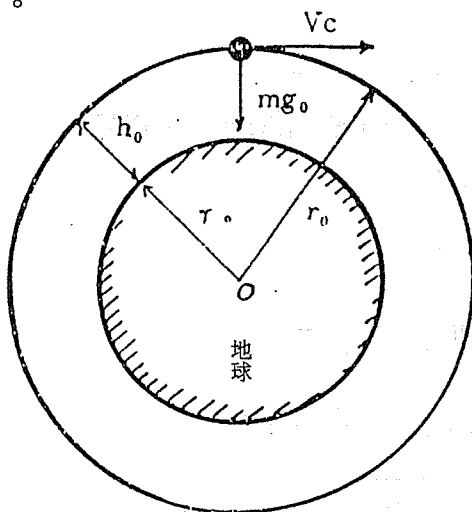
$$\text{又 } r_0 = h_0 + r_e, \quad g_0 = g_e \left(\frac{r_e}{r_0} \right)^2$$

$$\therefore V_e = r_e \sqrt{\frac{2g_e}{h_0 + r_e}} \quad (\text{本公式未計入空氣和其他阻力})$$

由本公式得知，遁速的大小和物體投射點高度有關。投射點愈高，所需遁速愈小，如果在地面投射，則遁速約為每秒七哩。如果從距地三百哩處投射，則需每秒六·七哩。這樣的速度太大了。在公式中我們又看到一

點，遁速大小，和物體質量無關，地面上一粒微塵要想遁出重力場，至少也要具備每秒七哩的速度。

由於遁速一時不易達到，於是想到改沿水平方向發射，這樣物體因慣性力使它沿直線進行，地球的重力則吸引它趨近地心，結果物體運動的軌跡成弧形，如果發射點在大氣之外，則運動不受其他力之影響，物體運動力與向心力得到平衡，物體可沿圓周繞地運行。可不回到地面來，圓周運動所需之初速，稱為圓速(Circular Velocity)。



圖六十五 人造衛星之發射(二)

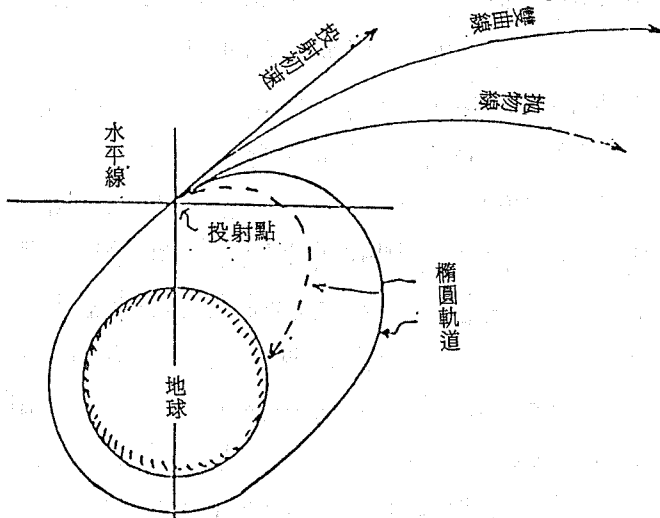
設一質量為 m 之物體，在地球大氣層外 P 處，以速度 V_c 作水平投射， P 和地心相距為 r_0 ，與地面相距 h_0 ， r_e 為地球半徑。如圖六十六所示。物體所受之重力為 mg_0 ， g_0 為重力加速度，指向地心。物體除本身慣性及地球重力外，不受他力作用。若其作圓周運動，則向心加

速度必須等於重力加速度

$$\text{則：} \frac{Vc^2}{r_0} = g_0$$

$$Vc = \sqrt{g_0 r_0} = r_e \sqrt{\frac{g_e}{h_0 + r_e}}$$

因此我們可以將圓速與遁速作一比較，圓速比遁速要小了百分之四十一。如果要使一物體繞地轉動，就只要每秒鐘四·八哩或每時一七二〇〇哩的圓速就可以了。因此人造衛星成了太空發展的第一步。



圖六十六 人造衛星之發射(三)

又如果發射初速不等於圓周速度。則有四種可能：

(一)初速小於遁速，則軌跡為一橢圓。即人造衛星。

(二)初速等於遁速，則軌跡為一拋物線，成為人造流星(Artificial meteor)。

(三)初速大於遁速，則軌跡為一雙曲線，成為人造

流星。

(四)如果投射初速太小，或是投射的方向太偏，一部分橢圓軌道可能距地太近，而不能成功。

二、無重力狀態

所謂無重力狀態，是所有太空人都會體驗到的現象。在此狀態下，一切物質的重量均告消失，在地球上生活的人類，處於此一狀態時，在人們的傳統觀念上將有很大的改變，而生理上亦將受到很大的影響。

過去我們認為物體有自上向下運動的趨勢，而輕的物體會飄浮在天空或水面上，但是在無重力狀況下，「上下」、「輕重」的觀念已無意義。一根羽毛和一塊石頭將處於同等地位，因為它們的所謂重量都等於零，而水亦失去其就下的「特性」。拿我們每天走路來說吧！在步行時，第一步動作是舉一方的腳向上，這個動作最初是由於重力對抗而舉起腳，當腳要落下時，只要將腳上的力量收回，用腳的重量放下去就可踏出去了，但在無重力狀態下，就不是這樣了，你想將腳舉起時，也不會像現在這樣感到有重量的對抗，也不會因收掉腳上的力量就能踏出一步，因為腳的上下運動，在無重力狀態下，上下兩運動所使用的能量都均等，也就無法踏出了。事實上在無重力狀況下，人們將在空中飄蕩。

再說我們的呼吸作用，血液循環作用，以及肌肉協調和視力等問題，在無重力狀況下，都有很多不便和反

常現象。拿血壓為例。人類的心臟在地球上經年累月已成習慣，同時在生活環境中進化，血壓在重力的影響下不斷在人體內循環，站著時，心臟附近的血壓與足部的血壓的分布相差很多。但在無重力狀態下，這種狀態就沒有了。

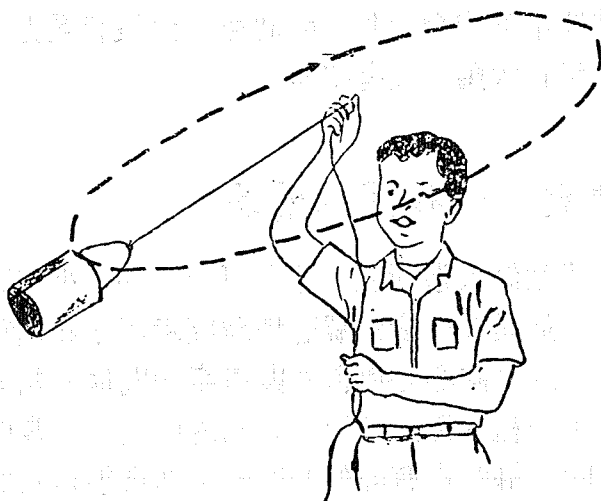
最後我們再說如果一旦地球失去了重力又將怎樣呢？那時我們就會不知所措，每一樣東西，包括空氣、水、汽車、狗、人以及其他沒有釘牢的物件，都會飛離地球。同時地球本身也會分裂。因此可以說沒有重力，就沒有地球，沒有太陽，沒有宇宙。

三、兒童對人造衛星的想法

我們和兒童談人造衛星，他們可能會問：小皮球為什麼不能像人造衛星一樣的繞著地球旋轉呢？我們解答這個問題，可以就向心力或重力與速度的關係來說。

向心力是一種由圓形軌道中心向內的拉力，當你騎腳踏車拐彎時，腳踏車有向外的傾向，你會很自然的將身體向內傾，緊抓車把，使車子保持在路心前進，當衛星繞著地球運行時，切線方向的力經常地拖著它向外走，但是地心引力也同時拖著它向下走，這兩種力量是平衡的，結果這個衛星既不墮到地球上，也不向太空去。我們可以做一個簡單的試驗解釋向心力的問題，找一個洋鐵罐，將一條繩繫在罐口上，裝滿一罐水，拿著繩的一端，迅速的使罐繞著你旋轉，切線力拖著旋轉的罐子

向外走，繩子是拉緊的，就像重力拉著物體向地球似的拉著罐子向裡走，鐵罐保持旋轉，水不會潑濺出來。一個衛星要保留在軌道上，必須到達某一種速度，速度的大小看高度而定，在三百哩的高度，衛星必須具有時速一七二〇〇哩的速度，速度不夠，切線方向的力就太弱，不足以平衡地心引力，重力就會把衛星拖回地球，保持衛星在軌道上的速度叫做軌道速度。月亮離地球平均約二四〇〇〇哩，它以三〇〇哩的速度繞着地球旋轉。



圖六十七 向心力試驗

前面我們已經談過，行星逗留於軌道上運行的原因是由於本身的速度，和太陽引力的關係，衛星圍繞地球運行也是一樣的道理。倘使我們用一種威力極強的步槍發射一顆子彈，而子彈的速度到每時一七二〇〇哩，在地面三〇〇哩高空作水平發射。當子彈向太空前進時，它同時也在向地球降落，由於這種雙重作用，子彈進入

一個圓形軌道裡，這軌道平行於地球的弧度，子彈永遠回不來了，而一遍又一遍地繞行著，衛星不墮落到地球上來就是這個道理，如果兒童能在三百哩的空中，將小皮球以一七二〇〇哩的時速，水平擲向太空，小皮球也可能成爲一個衛星，事實上衛星中有小到像一枚皮球的，但是單憑人的力擲一個球，無法達到一個人造衛星所需要的軌道速度。

參考書目

參考書目

中文部分：

1. 甘公石申(民54)。星經。台灣商務印書館。
2. 朱文鑫(民54)。天文學小史。台灣商務印書館。
3. 崔朝慶(民54)。中國人的宇宙觀。台灣商務印書館。
4. 陽瑪諾(民55)。天問略。台灣商務印書館。
5. 蘇頌(民58)。新儀象法要。台灣商務印書館。
6. 陳文濤(民59)。先秦自然科學概論。台灣商務印書館。
7. 朱文鑫(民60)。天文考古錄。台灣商務印書館。
8. 張潤生(民61)。中國文化之垂統。復興書局。
9. 萬驪(民61)。中國文化概論。大中國圖書公司。
10. 成映鴻(民67)。古代天文學。幼獅文化事業公司。
11. 曹漢(民75)。中國天文學史。台灣商務印書館。
12. 高平子(民76)。高平子天文曆學論著選。中央研究院數學研究所。
13. 陳遵媯(民76)。中國天文學史。明文書局。
14. 二十五史。藝文印書館。

英文部分：

- (1) The Physics of Space by Richard M. Sutton
1965 Holt, Rinehart and Winston, Inc., New
York.

- (2) Space In Your Future by Leo Schneider
Harcourt, Brace & World, Inc., New York.
- (3) Living World History by T. Walter Wallbank
and Arnold Fletcher. 1958.
- (4) Modern Space Science by Frederick E. Trin-
klein and Charles M. Huffer 1961. Holt,
Rinehart and Winston, Inc.
- (5) Elementary School Science and How To Teach
It by Glenn O. Blough, Julius Schwartz and
Albert J. Huggett. 1958, Holt, Rinehart and
Winston Inc. New York.

附 錄

附錄一 天文大事年表(自上古至秦漢。年代係根據董作賓先生編著之中國年曆簡譜。)

年	代		天 文 大 事
	西元前	我國朝代年號	
4754~3495年	伏犧氏在位期間	伏犧氏作規矩，畫八卦。相傳潛龍氏作甲曆。史家多以是年七月十九日，為埃及曆法的起點。係根據其以三百六十五天為年、太陽年以及尼羅河氾期推算的。	
4241年	伏犧氏	蘇美 (Sumer) 民族進入兩河流域，他們已知天文測量，使用太陰曆、水鐘和年名表 (Year name)，他們的廟塔可作觀天用。	
3800年	伏犧氏	神農氏制耒耜，分八節，教民以時，以利農功。	
3494年~2675年	神農氏在位期間	埃及以月之圓缺計算時間，發現不合時算，改一年為三六五日，分三季，卅日為一月，十二個月一年，餘五日置年尾，不置閏，季節甚為沌亂。滿開脫 (Merkheth) 相傳為此時期以前測天儀器。	
2776年	神農氏	黃帝即位，考定星歷，建五行，起消息，正閏餘，創漏水器以分晝夜，史官容成作渾天。大撓作甲子。其時之曆稱調曆。	
2675年	有熊氏	顓頊即位，造渾儀。	
2491年	高陽氏	堯即位，命羲和治曆象，測中星，置閏法，時在西元前二二三二年。	
2384年	陶唐氏	舜即位，在璿璣玉衡以齊七政。	
2234年	有虞氏		

2137年	夏仲康元年	是年十月廿二日，夏仲康元年甲申九月壬申朔，日蝕，爲有史第一次日蝕記載。
2100年	夏相五二年	巴比倫哈漢拉比（Khammurabi）已用閏月，但置閏月份凌亂。
2000年	夏桀一八年	我國和印度，巴比倫等文化發達國家已在觀測天體運動。
1738年	商太甲元年	我國自這年起，所用甲子紀日，至民國五十六年元旦三七〇四年，未曾間斷或錯過。
1311年	商武丁二九年	是年十二月十五夜月食，爲民元前三二二二年。
1273年	祖甲元年	自此以後閏月改爲當閏之月，祖甲三年閏九月。
1112年	周武王	武王即位。當時我國古代數學——周髀算經已相當完整，書出於周商之間，自周公受之商高，周人志之爲之周髀，全論天文曆法之事，以句股測日影，得周都距日十三萬五千里。
		土方氏掌土圭之法
		我國書經洪範，有關五行觀察，爲早期宇宙構成及物質形成之理論。
		二十八宿及十二次的名稱，已見於爾雅等書。
776年	周幽王六年	九月望月食，十月朔日食。
722年~481年	周平王四九年至周敬王三十九年	孔子著春秋，對天文有詳細記載。 在此期間測定冬至在牽牛初度，立春在營室五度。

687年	周莊王十年	莊王十年甲午，魯莊公七年四月辛卯，夜中星隕如雨，爲天琴座流星雨，最早之紀錄。
669年	周惠王八年	五月二七日，亞述見日偏食，遠東見環食，與春秋莊公廿五年六月辛未朔日食相合。長江流域可見環食。
668年	周惠王九年	亞述帝國阿色辦尼泊（Assurbanipal）稱帝，在此以前已創黃道星象，爲十二宮，每月日行一宮，及創六十分位法。
644年	周襄王八年	魯僖公十六年，正月甲戌朔，隕石於宋五，隕石能書其地記其數者，由此開始。
640年～546年	周襄王十二年至靈王廿六年	希臘天文學者泰爾斯（Thales），認爲星光是自己發射的，而月亮僅能反射日光，堅信地球的形狀如同圓球。或說此種說法起自以後的秦氏學派學者。秦氏以測日月食，和用木桿測日影出名。
622年	周襄王三十年	回曆紀元開始。
613年	周頃王六年	春秋魯文公十四年秋七月，有星孛入於北斗，爲哈雷彗星最古之紀錄。
604年	周定王三年	美洲馬牙人（Mayas），曆書和計時法開始。
530年	周景王十五年	加拉底帝國（第二巴比倫）創日月五星之周期。 希臘哲學家數學家畢達哥拉氏（Pythagoras）創地圓天動說，而地球圍繞太陽旋轉之說，可能爲愛芬托（Ephantus）希司地（

409年~356年	周威烈王十七年至顯王十三年	西希etas)之言，一說地動說為斐洛拉(Philolaus)所創，都是西元前五〇〇年左右的人。
403年	周威烈王二十三年	尤篤克斯(Eadoxus)主張日月五星各旋於一輪，共八輪，其心同在一軸上，而此軸正穿過地心，為首創歸納法研究的天文學者，並首創天文臺於克尼圖。
400年	周安王二年	戰國期間，甘德、石申的甘石星經，為世界最早的恆星錄。
383年	周安王十九年	迦利波(Callippus)修正希臘曆，及尤篤克斯之天體學說。一年分十二月，六六月，六小月，六小月，六月卅天，小月廿九天，置閏無定法。其七十六部法與我國古曆相似。
384年~322年	周安王十八年至周顯王四十七年	巴比倫行十九年七閏章法。
300年	周赧王十五年	亞立斯多德(Aristotle)相信地球為球形，並由月蝕所見得到證明，但堅信地球為宇宙之中心。另一是測得月掩金星，知道月較近。古希臘哲人赫頓利圖斯(Herakleides)對宇宙以永恆運動的思想，作為自己對世界看法的基礎。
280年	周赧王三十五年	阿泊洛尼斯(Apollonius)創始本輪系運動學說(The Theory of Epicyelic Motions)。亞力斯的羅(Aristyllus)，蒂馬克力(Timocharis)測定恆星位置。阿里斯塔契斯(Aristarchus)言日與恆星皆不動，日在恆星天球

275年	周赧王四十年	<p>之中心，地球不僅自轉，並環行於繞日之軌道上。 愛拉托士澤尼茲（Eratosthenes）是年出生於雪倫，為實測地球的第一人。</p>
177年	漢文帝三年	<p>立儀表，以測日景。</p>
165年	漢文帝十五年	<p>淮南王劉安即王位，所編淮南子為我國宇宙學之肇端。</p>
134年	漢武帝元光元年	<p>是年六月客星見於房，為世界著名之第一客星。</p>
104年	漢武帝太初元年	<p>希臘天文家依巴谷（Hipparchus）亦見是星於天蝸座，及作恆星錄。依氏出生年月已不可考，約當西元前一四六年至一二六年前後。其測定白羊座為春分星，與漢志春分在婁同。依氏並悟春分點之西移，謂之歲差。</p>
100年	漢武帝天漢元年	<p>公孫卿、壺遂、司馬遷等議定漢歷。立晷儀、下刻漏、測二十八宿、定四方之位。（漢初以張蒼言，用顛頊曆。）</p>
78年	漢昭帝元鳳三年	<p>招唐都分天部，落下閎運算轉曆，造渾天儀，用鄧平八十一律法，作太初曆，改元封七年為太初元年，以建寅月為歲首，為中國曆法史上第一次改革。</p>
		<p>司馬遷所撰曆書，天官書為後世史志之範。</p>
		<p>希臘哲人婁克瑞地阿斯（Leucrelias）建立動的宇宙哲學原理。</p>
		<p>鮮于妄人等，鈎枝諸曆。</p>

63年	漢宣帝元康三年	羅馬凱撒儒略 (Julius Caesar) 招希臘曆家蘇西尼 (Sosigenes) 議訂太陽曆，創四年一閏法，今稱儒略曆，以西元前四五年一月一日為始。
28年	漢成帝河平元年	三月乙未日出黃，有黑氣大如錢，居日中央，為太陽黑子實測最古之紀錄。
8年	漢成帝綏和元年	羅馬奧古斯特 (Augustus) 誤為三年一閏，是年後十二年不置閏，改八月為卅一天，二月為廿八天。為重修之儒略曆。
7年	漢成帝綏和二年	漢成帝綏和二年，劉歆依太初重編，名為三統曆。定圓周率。測定黃赤距緯度，五星見復之期。
85年	漢章帝元和二年	李梵編定四分曆，有合朔望月食加時之法，並測定二十四氣晷影。
108年	漢和帝永元十五年	賈逵創黃道儀，測黃道度，始悟月行遲疾之理，考訂官漏增減之數，廢冬至在牛之說，而立斗分之名，去歲星超辰之法，而以干支紀年，自建武年間至此七十年而曆法始備。
127年	漢順帝永建二年	希臘天文家多祿某 (Ptolemy) 本依巴谷學說，創多祿某系學說，著天文集。
132年	漢順帝陽嘉元年	張衡造地動儀，適隴西地震即有驗。作渾象以漏水轉之諸星出沒與今合符。作靈憲。
206年	漢獻帝建安十一年	以甲子紀年，六十甲子謂青龍一周。 劉洪造乾象曆。

附錄二 天文常數

太陽視差	8".794
章動	9".20
歲差	50".2910
光行差	20".496
黃赤交角	23° 26' 21".448
太陰之赤道地平視差	57' 2" (平均距離)
地球與太陰間平均距離	384,400公里 = 238,855英里
地球與太陽間平均距離	149,597,870公里 = 92,955,807英里
太陽質量	1.980×10^{33} 克
光速	299,792.5公里 / 秒 = 186,282.4英里 / 秒
回歸年	365日5時48分45.3秒
恆星年	365日6時9分9.8秒
近點年	365日6時13分52.5秒
朔望月	29日12時44分2.9秒
恆星月	27日7時43分11.6秒
回歸月	27日7時43分4.7秒
交點月	27日5時5分35.9秒
1恆星日	23時56分4.091秒(平太陽時)
1平太陽日	24時3分56.555秒(恆星時)
1天文單位	1.496×10^8 公里 = 92,960,000英里
1光年	9.460×10^{12} 公里 = 5.878×10^{12} 英里
1秒差距	3.084×10^{13} 公里 = 1.916×10^{13} 英里
1本位弧	$57^\circ .3 = 3437.7 = 206,264".8$

地球常數

緯度 1° 之距離(公里) $\cdot 111.13335 - 0.55984\cos 2\varphi + 0.00117\cos 4\varphi$

經度 1° 之距離(公里).....

..... $111.41328\cos\varphi - 0.09351\cos 3\varphi + 0.00012\cos 5\varphi$

赤道半徑..... $a = 6378.160$ 公里 = 3963.20英里

極半徑..... $b = 6356.775$ 公里 = 3949.92英里

扁率..... $(a - b) / a = 1 / 298.25$

地球質量..... 5.98×10^{27} 克 = 6.6×10^{21} 美噸

國民小學天文學教材之研究／成映鴻著． -- 臺
北市：教育資料館，民83
面； 公分
參考書目：面
ISBN 957-9074-75-5(平裝)

1. 小學教育—教學法 2. 天文學—教學法

523.36

83008021

著 者：成映鴻

發行人：毛連塏

出版者：國立教育資料館
台北市南海路四十三號
(○二)三七一〇一〇九

印刷者：邦迪設計印刷有限公司
(○二)三〇二九六一一

中華民國八十三年九月

統一編號

06339830053

