

萬有文庫

第一集簡編五百種

王雲五主編

天文淺說

惠爾津士著

許煥光譯

國
立
新
竹
高
級
中
學
圖
書
館



00010978

商務印書館發行

萬有文庫

第一集第二編五種

總編者
王雲五

商務印書館發行

西洋美術史

呂澂著

百科學叢書

010978



月面哥白尼窩形山

原序

多少受過教育，經過最好的學校訓練的人們，或者許多還是著名大學的畢業生，曾這樣承認：「在作學生時候，我從來沒有正眼看過天文學。他們不是把天文學弄得太不清楚，就是沒有趣味！但現在我覺得這是可惜的！」

著者寫這本書的目的是要供給這些人在學校或書讀完後在家裏的需要。這本書不是為專學天文的人寫的，——不過，他們在起始時也許用得着牠，——而是為多數看天文學是「神祕的領域」，但常能聽到從這「神祕的領域」來的富於引誘的消息的知識階級。平常的教科書中，太充滿了專門的條目，對這一個大題目的解剖也太約捷，因而不能使許多對天文學沒有一種先在的特殊興趣的人注意牠。這本書的目的是要用最明晰的，簡要的，有興趣的方式，來告訴你一切你應該有的知識。為這理由，這本書原名稱作「*Nutshell*」。

著者在本書中極力避免多用圖解。因為他相信有許多書中圖解被用得太過分了。有一個趨勢是想把所有的東西用圖解來送入眼簾。在相當的程度中，這並不是壞的。但假如這方法用得太多，就會使腦子的理解力變弱。在天文學這樣一門科學中要得到進步，畢竟是依賴着靈巧的運用想像。讀者在參看圖解之先，請真實地努力去解書中所說的一切，把牠們在腦海的眼中描畫出來。當你這樣把一切在你的想像中代表出來之後，再去參看圖解。用牠們來改正你理解上的任何錯誤。因為這個，我把銅板圖與正文不連在一起。不過統全書看起來，牠們是在合適的連續中。

目次

第一章 天球……………一

第一節 天文學的定義……………一

第二節 地球在天空中的地位……………三

第三節 地平天頂與子午圈……………六

第四節 地平緯度與地平經度……………九

第五節 天的視動……………一四

第六節 在天球上定星的位置……………二一

第七節 因人在地球上觀測位置之改變而生的影響……………二五

第八節 天文時鐘與日月蝕……………二九

第九節 黃緯度與黃經度……………三六

第十節 黃道帶與歲差……………三八

第二章 地球……………四九

第一節 地球的性質形狀合體積……………四九

第二節 萬有引力……………五一

第三節 潮汐……………五六

第四節 大氣……………六一

第五節 地平俯角……………六三

第六節 光行差……………六六

第七節 時……………六七

第八節 日與夜……………七三

第九節 四季……………八〇

第十節 年曆與月……………八九

第二章 太陽系……………九五

第一節 太陽……………九五

第二節 視差……………一〇三

第三節 分光法……………一一〇

第四節 月或太陰……………一一五

第五節 日月蝕……………一二四

第六節 行星……………一三一

第七節 彗星……………一五四

第八節 流星質體……………一六〇

第四章 恆星

.....

一六五

第一節 恆星

.....

一六五

第二節 星雲

.....

一七八

第三節 星座

.....

一八一

附錄

.....

一九三

重要星座之中西名對照表

.....

一九三

重要恆星之中西名對照表

.....

一九五

天文學名詞一書中所無之名詞

.....

一九七

圖次

月面哥白尼寰形山	裏封後
月球南極區域	五
月球第谷寰形山近傍	一五
木星圖(兩幅)	二〇
木星	二八
土星(兩幅)	三四
銀河之一部	四二
半人馬座 ω 之星團	四七
太陽黑子羣	五七
一八八九年日蝕之極流	六五

- 一八七一年日蝕之日冕.....六五
- 一九〇八年之 Morehouse 彗星(兩幅).....七二
- 一八六一年大彗星之頭部.....七九
- 一九一〇年之哈雷彗星.....七九
- 一七四四年之六尾彗星.....八七
- 大熊座之旋渦星雲.....九六
- 獵犬座之旋渦星雲.....九六
- 天鵝座之彎曲星雲(N. G. C. 6992).....九九
- 仙女座星雲.....一〇六
- 仙王坐星雲.....一一八
- 金牛座星雲.....一一八
- 人馬座星雲(M 8).....一二三

獵戶座星雲

一三八

火星

一五三

火星運河圖

一六七

天文淺說

第一章 天球

第一節 天文學的定義

天文學研究地球，日月，行星，彗星，流星，恆星，和星雲；簡單地說：研究宇宙，或萬彙。在各種科學中牠是最古的。我們可以從天文學這名詞的希臘原文中，看出牠的性質。希臘文天文學一字，是由 Aster [星] 和 Nomos [律] 組成的。所以天文學是在研究「星的規律」——星這個字的廣義，包括所有的各種天體。地球就是這樣一個天體。因為我們生在地球上，所以地球就成了我們在空間的立足點，我們從這立足點來觀察其他的天體。倘若我們生在其他的行星上，我們將見地

球也是一個天上的東西，如我們現在看木星火星一樣。

天文學告訴我們：一切在宇宙中的天體，——從日月以至於最遠的星，或最奇特的星雲，都和地球有關連的。一切都是由相似的原質構成的，一切都服從相似的物理定律。在地球上，是固體的物質，在太陽上也許是氣體，但物質的本性，並不改變。鐵在太陽中成爲一種熱的氣體；但根本上牠和地球上的硬，重，而強固的金屬的鐵仍是一樣的東西。牠的各種形態，是以牠所處的溫度爲轉移的。地球是一個冷的天體，太陽是一個最熱的天體；結果鐵在地球上，是固體，在太陽中就成爲氣體。就如同冬天水在湖面上是堅實的冰，在廚房的燒鍋上就成爲氣體一樣。即使是在地球上，我們也能用鼓風爐使鐵變成液體。若在實驗室中更高的熱度下，我們也能使牠變成氣體，使牠成爲牠尋常在太陽中的形態。

整個的宇宙是由相似的原質造成的。但這些原質，因所處的環境不同而形態各異。這是天文學所告訴我們的最大的一件事實。牠可以被認爲衆星的基本定律。

第二節 地球在天空中的地位

人類智慧的一個最大的勝利，是發現地球在宇宙中的真地位。這個發現是在與實際最相背的現象下成功的。假如我們如前人一樣，只承認我們眼睛的直接證明，我們必決定說地球是宇宙的中心。在日裏我們明明看見太陽在天上由東往西跑，就像牠是在一個繞地球的圓圈上旅行，日裏在我們頭上，夜裏在我們腳下。在夜間，我們明明看見衆星也像太陽一樣繞着地球跑。可是實際對地球來說，牠們是不動的。我們看見牠們在天空中的行動，是由於地球的自轉。地球如一個紡球樣的在每二十四點鐘自轉一週。讓我們想像一個蒼蠅在尋常學校用的地球儀上。小地球儀一動，全屋子對這蒼蠅就像是繞着牠轉，如天像是繞着地球轉一樣。假如這蒼蠅能校正牠眼睛的錯誤，牠必已經有非常的智力了。

由許多世紀的觀察與推理所得的事實是：地球是一個自轉的球體，每二十四小時在地軸上自轉一週，每三百六十五日繞太陽公轉一週。太陽也是一個球體，比地球大一百三十萬倍。但牠是

太熱了，所以牠有很強的照耀的光，並且組成牠的物質，總是在氣體狀態。地球之外有七個速度遠近不同的主要的球體或行星，（譯者：現已發現冥王星，故已知的地球之外尚有八個主要行星），繞着太陽跑。以外還有幾百小天體，叫小行星。還有許多單個的天體叫彗星，再加上許多羣更小的流星質的東西，統統圍繞太陽轉。

地球與上述的其他各天體，不只是比太陽冷，並且大半都是在固體形態中；也不是用牠們自己的光照耀。太陽施給繞着牠轉的小而冷的天體熱與光。其實太陽只是一個星，與其他千百天上的星一樣。太陽之所以大，是因為牠比其他的星離我們近而已。大概所有的或多數的星也都有繞牠們轉的行星，彗星和其他；但因為太遠了，所以我們看不見。

地球和其他行星，及繞日的天體，所行的各個路徑叫軌道。這許多軌道都是橢圓形的。但地球與其他大行星的軌道差不多是圓的。有幾多小行星與全部的彗星可是在有着很大偏心率的橢圓形（與圓形全然不同的橢圓形）軌道上跑。地球軌道的偏心率，只有六十分之一。地球距日平均九千三百萬英里。牠的軌道的偏心率使他在北半球上冬天距日近至九千一百五十萬英里，在

夏天遠至九千四百五十萬英里。在地軌道上距日最近的一點叫近日點，距日最遠的一點叫遠日點。約陽歷一月一日地球在近日點，七月四日在遠日點。

現在爲使讀者腦中有一幅地球的位置的圖

畫，讀者可假設自己是在空間一個距太陽與其他
的星同樣遠的位置。那麼假如他能看見，他要看見
地球像一粒微塵，在太陽光中照耀；在一個緊隣着
太陽的軌道上轉。整個的宇宙那時由這位讀者看
來有點像一個無窮大的圓室，裏面滿着電炬，掛在
他上面，下面，左右。這裏每一個電炬代表一個太陽。
假如還有小蟲類繞着每個電炬飛，這許多小蟲就
代表繞各個太陽轉的行星。這數千萬電炬中的一
個，是我們的太陽；而圍這一個電炬飛的某一個小

第一圖 月球南極區域



這就是我們的地球。

我們已經說過，地球的自轉使我們看見其他天體每二十四小時繞地球一週；現在我們必須加上一點說，地球繞日的公轉，使我們看見這許多天體，另有一個慢的行動：每年繞地球一週。這樣使我們所見的天體的行動更爲繁雜。這是天文學上的工作，也是我們就要解述的。

第三節 地平天頂與子午圈

先讓我們想想天空平常的樣子。晴夜到門外，我們看見天在我們頭上是一個鑲滿着星的圓屋頂。我們這樣所看見的是包着我們的天之圓殼的一半，看起來地球是安在這圓殼的正中。這圓殼的另一半隱在地球的下面。這個每次只可以看見一半的圓殼，叫作天球。我們平常看地球表面是一個廣大的平野。（這是另一個必須天文學改正的與實際相背的現象）。大小山峯使牠不平。這能見的天球的一半像是在各面彎下來，成一個圍着我們的圓圈，落在地上。天與地像是相接的這圓圈，叫作地平（Horizon）。我們平常看牠，因爲地面的不平，牠成爲彎曲或截斷了的。但假如我

們在海上或大平原中，我們看地平像是很平的一個圓圈，我們的視線對牠的任何一面長短是相等的。這圓圈叫視地平。但在天文學上，還另外用一個理想的地平，叫作真地平。對於真地平的明白了解是很要緊的，為此我們必須來看另外一件關於天的圓頂的事實。

我們現在注意這圓頂的中心，這自然就是直接是我們頭上的一點了。這非常要緊的一點叫天頂 (Zenith)。天頂的位置，可以用一個下墜鉛錘之線（或錘線）來指明。假設我們想像一個錘線從我們頭上的天中心垂下來，這線再從我們的腳直穿入地球，再穿過地球的中心。假若牠繼續再用同一方向前進，從地球另一面出現之後，牠就一直到達我們不能見的天球的一半。而牠到達的一點是直接與我們的天頂相對着的。這個在我們腳下不能見的一半天球的中心點，叫作天底

(Nadir)。

腦中有了天頂天底的意義，現在我們容易明白甚麼是真地平。真地平是一個大圓，牠的平面正切入地球的中心，牠也正在天頂與天底的距離之半。這個平面當然與連合天頂天底的錘線成直角。換言之，真地平分天球為相等的兩半，上半與下半。在有山的地方，視地平與真地平有很大的

差異；但在海上，這兩個地平幾乎相同。這是因為地球若與各天體之距離相比，是非常小的；整個地球在天球中，只可以算作一個點。（圖二）

地平與天頂之外，還有一個非常重要的東西，我們在思考別的之先，必須知道——子午圈。子午圈 (Meridian) 是一個想像中的線，或半圓，從地平上北方起，經過天頂，再彎下到地平上南方。所以子午圈分我們所看見的一半的天球為兩相等的半個，東半與西半。在尋常生活中，我們大半只想到從天頂到地平上南方的一部分子午圈。（這有時叫作正午線，因為太陽在正午時經過牠）但在天文學上，子午圈之北半與南半是一樣重要的。

第二圖 真地平與視地平



C代地球中心，O是觀察人的位置，HD是穿過地中心的真地平。物體距地球越近，如在A地，則視地平與真地平成一大角。如物體距地球遠一點，在B地，則所成的角小一點；再遠，物體在D地，則角愈小。所以顯然地，如物體距地球無限遠，如星的距離，視地平OS大致就合真地平平行，並相合；因為地球的半徑OC，與星的距離相比，實際上成為烏有。

第四節 地平緯度與地平經度 (Altitude and Azimuth)

假設現在我們要指出在天上一個星或其他東西的位置。爲作這個，我們要先有一種一定的引用的基礎；地平與天頂就是這個基礎。假如我們要描述一個星的位置，最自然的事是先推算或測量牠距地平的高度，再指出牠對南方北方二點來說的方向。若能作得準確，這二種測量的結果，可以使另外一個人，在天上找出我們所指的星。在天文學上也就是這樣作的。距地平上的高度叫地平緯度，對羅盤上南北極的距離叫地平經度。這兩個又常被合稱爲座標 (Coordinates)。爲要使這測量星位的方法有系統，天文家們用許多在天球上畫出的想像的圈。地平與子午圈是其中的兩個。以外，又畫出許多越來越小的與地平平行的圈，最上面一個圈，緊圍着這些圈之中心的頂。這些圈名爲地平緯圈 (Altitude circles)。每一個圈的各點，對地平的距離是相等的。這樣的圈，我們可以在任何一處高度畫起。於是牠就可以穿過任何一個或數個星。假使天上兩個不同位置的星是在同一個圈上，那麼，我們可以斷定這兩個星有相同的高度或地平緯度。(第三圖)

另外一組圈，

是與地平垂直的，

全在天頂與天底

相交。這些圈名爲

地平經圈 (Vertical

circles)；牠

們直立在地平上。

這些圈中在南方

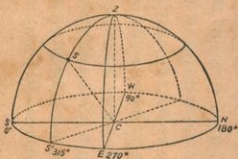
與北方兩點與地

平相交的一個，就

是我們已說過的

子午圈。地平經圈

第三圖 地平緯度與地平經度



C是觀測人的位置。

NCS, 在地平平面上所畫的南北線。

ECW在地平平面上所畫的☉四線。

NESW是地平圓圈。

Z是觀測人的天頂。

NZS, 直接在南北線NZS之上, 是子午圈。

EZW, 卯酉圈。

Zs's', 穿過S星所畫的地平經圈之一部。與地平線平行穿過s的圈是地平緯圈。

sC s'角, 或 s's' 弧, 代表這星的高度。

sCZ角, 或 Zs' 弧, 是這星的天頂距。

要找地平經度, 就量繞地平從S (0°), 經過WNE到這星的地平經圈與地平相遇點的角距。在此地, 這個角距是三百十五度。但假如我們從南方向東量下去, 這角距就只有四十五度。

中與子午圈成直角的一個，叫卯酉圈 (Prime Vertical)。卯酉圈在東方與西方二點與地平相交，分我們能見的天為南半與北半。如地平緯圈一樣，地平經圈可以任意畫在甚麼地方。於是就可以穿過天上任何位置的一個星。但子午圈與卯酉圈兩個的位置是一定的。

用上述的兩組圈，我們能在任何時候指出任何一個天體的準確位置。天體的地平緯度的確定，是順着穿過牠的地平經圈來測量，牠對地平的距離而得的。（有時順着穿過牠的地平經圈測量牠的天頂距離比較方便）。

確定地平緯圈時，必先在地平上選出一個起點。東方西方南方北方四點中，任何一個全可作起點。但在天文學上的慣例是用南方。從南方往西測量，繞地平圓圈一周再回到南方。這裏包括圓周或度數的算法，我們現在要少少解釋一下。

每一圓圈，無論大小，都分作三百六十等份，名爲度。普通用 (°) 記號表明；每度又分爲六十等份，名爲分，用 (′) 記號表明；每分又分爲六十等份，名爲秒 (″) 這樣，每圈共有三百六十度 (360°)，或二萬一千六百分 (21600′)，或一百二十九萬六千秒 (1296000″)。一度的實際長

短如幾寸幾碼或幾里，是按着圓的大小來定，但沒有一個圓的度數比三百六十多或少，而每圓中的每一度的長短，永遠整等於同圓中的任何另一度的長短。所以，若是一個圓有三百六十英里的圓周，牠的每一度就等於一英里長。在數學上，一度的意思不是指在圓周上所量得的距離，而是兩半徑在圓心所成的角度。這兩半徑引長到與圓周相切的時候，兩半徑相距有全圓周的三百六十分之一那樣長。但平常只拿一度作圓周的三百六十分之一的弧，比較簡單易懂。那麼，既然地平與其他在天空所畫的想像的線都是圓圈，很顯然的，也可以用這同一的定理來量牠們。而為要用這些圓圈來指明星的位置，也必得用這圓周度數的定理來量牠們才行。

讓我們現在來測量一個星的地平經度。既然南是起頭的地方，我們記牠為零度（ 0° ），同時由南往西分地平為三百六十度（ 360° ）。假設我們看見一個星在天空西南方某處，那麼穿過這星的地平經圈與地平相交之點，就指出牠的地平經度。假設這相交之點在南方西面二十五度（ 25° ），那麼二十五度就是這星的地平經度。假設這相交點是在西九十度，九十度就是這星的地平經度；同時這星也必在西方的卯酉圈上。因為西方，距南方為地平圓的四分之一，距南方九十

度，假如星的地平經度是一百八十度，這星就必在天頂北面一部的子午圈上。因為北方距南方，整是地平圓圈的二分之一，或一百八十度。假如這星的地平經度是二百七十度，牠必在東方的卯酉圈上。因為東方距南方是二百七十度，或地平圓圈的四分之三。假若這星在南方的子午圈上，牠的地平經度是零度或三百六十度都可。因為每一整圈，三百六十度的一點，與零度的位置相合，這一點是起點，也是終點。

星的地平緯度也是用角度測量法來確定。因為地平是在天頂與天底之正中，所以牠距二者各為九十度。假如一個星的位置在天頂，牠的地平緯度是九十度；若牠在天頂下的某處，牠的地平緯度就在零度與九十度之間。無論如何牠不能比零度少，也不能比九十度多。測量過地平緯度與地平經度之後，我們就有了能使我們準確地指明天上某星位置的座標。但是，我們一會兒就要知道，要完全的描述天球上一個星的位置，在地平緯度與地平經度之外，我們還需要別的座標。因為我們看天是繞着地球轉的，所以天體的地平緯度與地平經度是在不斷地變換。我們將研究這許多變換的原因。

第五節 天的視動

我們已經拿一個能自轉的地球儀來比喻過地球了。這地球儀一轉動，牠上面任何一點對這屋子的各方面都是繼續呈現出來。完全跟這情形一樣的，是地球上任何一點都因地球的自轉而繼續呈現於天球的各部分。要了解因這個所生的影響，必得真真去耐心地觀察天空。但因這觀察，你將發現天空的一切就合你出門賞玩的自然一樣美麗。並且在你知道的關於天空的事實一點點多起來，你將覺得牠是有着非常的引誘魔力。

最好先找到北極星。（中國名紫微星，古書名北辰，譯者）。假使你住的地方離北緯四十度不遠，（這是北美合衆國的中部緯度），在先決定了準確的北方之後，你就順子午圈由北方往上看，直至你的眼睛到距地平四十度的地方。（四十度是比由天頂到地平的一半少一點。由天頂到地平的距离是九十度）。在那一點上你就看見天文學家稱爲二等星的一個孤單的星。這就是有名的北極星。這星對人類，在太陽之外是最有用的星。我們立刻就要說明牠與其他恆星不同之

點。但第一步你必得別找錯了。在天上有一種種地界標誌使我尋認這個星。第一，北極星永遠是非常靠近北面的子午圈，凡普通在肉眼觀察中，你永遠不會疑惑牠不是準確地在子午圈上。牠的地平緯度也差不多永遠是合你所在地方的緯度一樣。那麼你若知道你所在地方的緯度，你就知道把你的視線從北面地平上擡起來多高。假如你在北緯五十度的地方，這星的地平緯度就是五十度。若你在北緯三十度，這星的地平緯度就是三十度。其次你可以看出北極星是在一個由幾個星聯成的一種杓形的柄端。牠的柄是向錯誤的一面彎着。這杓形中的星，除了距極星最遠在碗形外邊的兩個之外，全很模糊。這兩顆最亮的星中，有一個合北極星

第四圖 月球第谷窠形山近飾



一樣亮。再其次，假如你把視線順這個柄落到碗形，再往前下去一段差不多的距離，你就要看見另一顆大點，顯明點，也更完全的杓形。這就是著名的大熊座（*Ursa major*）。這個顯明的杓形叫北斗七星（*Great Dipper*），（在英格蘭叫「荷車」*The Wain*），牠包括七個亮星。除了一個之外，全有北極星那樣亮。現在你可以特別注意這七個星中作成碗形外邊的兩個星。你一直穿過這兩個星畫一條想像的直線，你就被這條線又引回北極星去了。這兩個重要的星平常叫作「指極星」（*The Pointers*）。用牠們的助力，你可以確定你是找到了北極星了。

找到北極星之後，再起始注意在北天上的許多星羣或星座；在夜漸深的當中，觀察牠們在位置上是否有所改變。為使我們的描述更確定，我們假設在一月一日晚九點時候起始觀察。在那個日與時，從北美合衆國的中部緯度（北四十度）看，北斗七星在北極星的西南方，牠的柄是向上直立着。同時在北極星對面東北方低處是奇怪的仙后座，很容易認出牠的五個主要星所成的像英文字母W的形狀。牢記着這兩個星座的相對位置，一點鐘後，在夜十時再看牠們。你將立刻看出牠們是動過了，這時北斗七星往下走，仙后星座往上升。在夜十一點鐘時候第三次再看，你覺得這

行動是繼續着。那時兩個「指極星」已下降到西北，直至與北極星相平，同時仙后星座在東北方已上升到差不多合牠們同水平的地位。在這同時北極星顯然是在原位未動。假如你在午夜再出來看，你看見北斗七星的中部已降低到與北極星相平，仙后座也在東北方同比例的上升。就像這兩個星座是附在一根短棍的兩端，短棍的中部釘在北極星上，而這短棍繞着北極星轉似的。

在這同時，你將已經注意到附在北極星上的「小斗」(Little Dipper)在夜九點時候牠的碗形是向着天頂的，到午夜就已轉向西南方去了。這樣你將覺到北極星像一個輪心軸。天像是帶着衆星圍繞牠轉。

爲要使你相信自己星在天空的各部分全是如此動的，你應該也觀察在你頭頂上合在南半天行過的衆星的路徑。比方在夜九點（一月一日），你將在近天頂的地方看見一個美麗的小王冠樣的星羣。雖然其中的星除一個而外全是非常不亮的，但牠有着很特別的形狀。這就是王冠或北冕座。時間一點點過去，你也要看見北冕座向西慢慢地前進，慢慢向地平線下降。若你一直觀察到早五點，你可以看見牠在西北方落下去。牠所走的曲線和北斗七星與王后的是同圓心。但因為

牠比後二者距北極星遠，同時牠的地平緯度也比北極星大，所以在牠未能達到在下方與北極星垂直的一點之前，已降落到地平線下去了。再舉一個在南半天的星。在九點鐘，你看見天蠍座中的紅而亮的星天蠍一，牠那時在南半天低處，子午圈東面。一點鐘一點鐘的過去，牠向西走，牠的圈比北冕的大，但仍是合北冕的同圓心。在夜十點前一些時候，牠要經過子午圈，並在午夜後一時與二時之間，牠降落到距西方不遠的南面地平下。

所以，無論你是觀察天上那一部分的星，你要看見牠們不但由東向西走，並切這行動是在以北極星為中心的曲線上的，看起來只北極星是不動的，在東面的地平上，你要覺得星是在繼續上升，在天空的中部，你要看見別的星是在繼續越過子午圈——一個衆星座的偉大進行曲——在西面地平上你要看見又另一些星在繼續下落。假如你能在整個二十四點鐘內不間斷的觀察星，（假如在此時間內之半，日光不把衆星遮蓋住），你要覺得牠們繞行整個地球一週，或說地球與衆星同樣繞行。在二十四小時之後，牠們又回到原來的位。但你也可以用繼續兩夜的工夫來看出這個，你看見在第二夜同一的時候，牠們回到你在第一夜看見牠們的原來位置。

自然，在七月中某一夜的情形，合一年中其他任何一夜的情形是一樣的。只因爲我們要使這描述更清楚一點，所以我們用一個特別日期。你只要找到北極星，大熊座與仙后座，你就能在一年中任何時候觀察天球的視動。這幾個星座，因爲距北極星太近，在中部北緯度的地方，牠們永不走不到地平下去，所以牠們永遠在北極星的某一面能被看見。

現在，你在想像中注意你所觀察過的現象，你將覺得要解釋這許多星的視動的意思是很容易的。你已經知道天是成一個圓形包圍着地球。你只要簡單地假設北極星是在或很靠近一個想像的軸的北極或北端，而由我們看起來，天球是繞着牠轉的，即刻你就會恍然明白這一切現象的規律。那解釋是衆星在以北極星爲同心的許多圓線上的行動是由於整個天球的視動；像在一個軸上極大的空球，由北極指明牠的軸之一端在天上的位置。看起來這許多星所行的圓線都是跟這軸成垂直的，牠們都因在各觀察地點，北極星的地平緯度不同而與地平線成各種角度。

另外還有一個我們應該注意的事實，恐怕用心的讀者已猜到了——就是，北極星所指出的天球北極的位置是正在地球北極之上的。因爲天球的視動是由地球的自轉而來的。你可以拿一

第五圖 木星圖

天文淺說



個學校用的地球儀，同時又想像你自己是一個聰慧的小動物在牠上面居住，來看出地球的北極與天球的北極必定是相合的。這小地球儀在牠的軸上轉動，你將看見這屋裏的牆壁繞着你轉動，同時看起來全屋所繞着轉動的軸的兩極，很顯然地必是直接在這地球儀的兩極之上，另外一件你可以由這實驗而明瞭的事實是，既然天球上的兩極是直接在地球的兩極之上，那麼天球赤道

也一定是直接在地球赤道之上。

我們能由注意星繞着天兩極的轉動而定牠們的位置；我們也能由在天兩極距離之半的地方畫一個想像中繞天球一週的線來定天球赤道圓圈的位置。這以上我們只是特別說到北極，但在地球兩極之上自然也有了一個同一的南極。不過在北半球上看不到牠的位置而已。可巧天球兩極的位置，也不是如北極一樣的有一個顯明的星來指出。

第六節 在天球上定星的位置

找出兩極及天球赤道之後，我們才明白要作一個像我們有的地球上的地圖或地球儀一樣的天圖或天球圖是可能的，——在牠上面可以把天球上的東西用相當的位置表明出來。例如我們要把地球上的一個城市的位置描述出來，我們必得用一種繞地球而以赤道與兩極作基礎的想像的圓圈。這些圓圈使我們準確地決定在地球上的任何一點。一組叫作黃緯圈 (Parallels of Latitude) 是東西繞着地球畫的，與赤道平行。牠們越來越小，直到最後一個，緊貼着這些圈的

中心點，這就是兩極之一。既然每一個圓距赤道的距離是不變的，所以在那個圓圈上的任何一點的部分都是在相同的緯度上。緯度也就是距赤道之南或北的距離。

但只知道在地球上某地方的緯度還不夠。我們還要知道牠的經度。經度也就是在赤道上某一點的東或西的角距。這可以由在南北繞地球畫的，而在兩極點相切的一組圓圈來找出。這許多叫黃經圈 (Meridians of Longitude) 爲要利用牠們，我們必須，如已說過的，選定某一條子午線；牠與赤道相交的一點可以作起點。由世界的同意，通過接近倫敦的格林維池 (Greenwich) 天文臺的一條子午圈爲這原故而被選定。牠也如其他子午圈一樣，與赤道成垂直，牠被稱爲地球的首子午圈。

那麼要測定地球上某地的位置，我們用度數說明通過某地的黃緯圈在赤道南或北的位置，台通過牠的黃經圈在首子午圈（或格林維池子午圈）東或西的位置。這兩樣知道之後，我們就有了某地在地球上的所在。讓我們來看如何用一個相似的方法，可以確定在天球上的某一個天體的位置。

我們已知道天的兩極與地球的兩極同位置或方向，同時天赤道也直接在地球赤道之上。其次我們就能用許多與地球上相合的許多平行線與子午線，如分地球表面一樣的來分天球。在地球上距赤道的距離叫緯度，距首子午線的距離叫經度。在天球上，距赤道的距離叫赤緯（Declination），距首子午線的距離叫赤經（Right ascension），但牠們實際上是合緯度經度一樣的東西，用一樣的方法來量的。代替黃緯圈，在天球上我們有與天赤道平行而以天球為圓心的圈，叫作赤緯圈；代替黃經圈，我們有與天赤道成垂直，穿過天極的圈，叫作時圈。即刻就要說明這些名詞的起源，此時只需要在腦中牢記住這個事實：這兩組圈，一組在地上，一組在天上，是合一的。

正如在地球上地理學家們為要定規地球上首子午圈的位置而選了特別的一個地方（格林維池）一樣，天文學家們同意擇定了在天上能用以決定天球首子午圈的位置的特別一點。這一點是在天球赤道上，名叫春分點（Vernal equinox）。在指明牠的用處之後，再解釋牠的來源。穿過春分點的時圈，就是天上的首子午圈；春分點有時被稱為「天上的格林維池」。

假如，我們現在要確定天球上一個星的位置；如我們在地球上要確定紐約、倫敦、或巴黎的位

置一樣，我們順着穿過牠的時間量牠的赤緯，我們再順着穿過牠的赤緯圈量牠的赤經，或牠距春分點的距離。有了這兩個座標，我們就有了描述某星位置的工具，這樣別人要找這星也可以找着，就如一個航海家能用已知的經緯度數而找到某個孤獨的海島一樣。

我們已經明白赤緯不過就是緯度的另一個名稱，但與經度相同的赤經尚需一點解釋。第一，牠與經度不同的地方，牠不是如經度那樣從首子午線起東西全能數下去，而只是由西往東數，並且是一直不停的數下去繞赤道一週。第二，牠平常不是用圓弧的度分秒計算，而是用時間的時分秒計算。原因是，既然天球在二十四點鐘轉一周，把這圓周分成二十四等分是較為方便，每一等份等於天球一小時的視動。這個告訴我們天球子午圈稱為時圈的來源。時圈切赤道為二十四等份，每份等於一點鐘的時間。用時間指明赤經，普通羅馬數字（I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII XIII XIV XV XVI XVII XVIII XIX XX XXI XXII XXIII XXIV）代時，M合S兩字母先後代分與秒。既然每圓有三百六十度，我們即刻明白每一時的赤經等於圓弧的十五度；同時一分的赤經等於十五分；一秒的，等於十五秒。這些關係應該記住，後面要用的。

第七節 因人在地球上觀測位置之改變而生的影響

讀者還記得在第四節我們爲測定一個星的位置曾描述過另一系圓圈。那一系是用地平與天頂作基礎的。這個地平天頂系統不顧到由天的視動而生的改變，所以牠不能被用來決算天球上各星的決對位置。牠只能指示出在地球上某一定的時候，某一定的地點，在能見的天球一半上面衆星的位置。爲要指明這一系統與我們剛描述過的一系統的轉變關係，我們現在來看因着我們在地球上觀察地點之改換而生的影響。既然天頂是直接是我們頭上的一點，天底是直接是我們腳下的一點，而地平是在天頂與天底距離之半地方所畫的一大圓，所以只要少少思想一下，就明白在地球上的任何地方全有牠自己的天頂與地平。另一件事也是很顯然的，就是每一個地方全有牠自己的子午圈，因爲子午圈是一根直接在觀象人頂上正南正北的線。你能看明白這是怎樣一回事，假如你能迴想到對於在地球相反一面的一個觀象人來說，正在你頭頂上的就是正在他腳底下，換過來也是一樣。所以我們的天頂的方向就是我們的對足而居者的天底的方向。他們

所以對一個在北極的觀象人說，我們剛描述過的兩系統的圈將合而為一。天頂要跟天極相合；地平要跟赤道相合；地平經圈跟時圈相合；地平緯圈跟赤緯的各圈相合。因為北極星是緊靠着天極，所以那時看起來牠是直接在天頂上。因為在天頂，所以那時牠的高度是九十度（看第五節）。假如皮軼君（Peary）（北極探險家，譯者）是在極夜（Polar night）的時候到了北極，他應該已看見北極星直接在他頭頂上，那樣他就能比較容易地算出他在地球上的位置來。換句話說，算出地球北極的準確位置。北極星既然是在頭頂上，很明顯的，其他所有的星將與地平平行而繞着牠轉。在天球赤道北部的衆星將同時不斷的能被看見。牠們中沒有一個升或降，而是看起來全數在二十四點鐘的時間內橫行的繞天一週。這種天球極地的狀態叫作平行球（Parallel sphere），因為衆星的行動像是與地平平行的。現在尚沒有人看見過平行球之夜的現象。但假如將來有某探險家能在極夜的時候達到地球南北二極之一，他將看見這個壯觀合牠的特殊偉麗。

其次假設你是在地球赤道上某處。既然赤道各部分距兩極都是九十度或圓周的四分之一，很顯然的，從赤道看天，你能看見兩極在地平上，（假如兩極全有東西指出牠們的位置），一個在

北方，一個在南方。天球赤道那時正在你頭頂上由東往西穿過，跟卯酉圈相合；各星將全與地平成垂直，上升或下降，而每個星在十二小時內，在天空畫一個半圓圈。在其餘十二小時中，這些星將在地平下。牠們中距南北極之一很近的星，將要畫出一點點的距南方或北方很近的小半圓圈；牠們中距二極遠點的就畫出大點的半圓圈；至於那些距天球赤道很近的，就畫正經過頭頂上的半圓圈，但所有的星無論在甚麼地方，必用同一的時間走過牠們給我們看見的路程。這種天球赤道上狀貌叫作垂直球 (Right sphere)，因為衆星上升與下降的地方全合地平的平面成直角。把這個來與赤經及赤緯所根據的一組圓圈相比，我們看出因為卯酉圈與天球赤道是合一的，所

星 木 圖 七 第



以地平必定代表一個時圈，子午圈也代表一個時圈。或者你要用一點思想才能明白這個，但用這點思想是很好的。一個練習。

最後，假如你是在赤道與二極之一的中間某點，（這是大半人類的實際位置），你將只看見南極或北極，牠的地平緯度與你所在地方的緯度相同。而看起來繞牠轉的衆星與地平所成的角度也是因你所在地的緯度而異的。你距赤道越近，這角度也越尖銳。這種天球的尋常狀態，叫作傾斜球（Oblique sphere）。牠的地平既不跟赤道相合，也不跟卯酉圈相合；牠的天底與天頂是在天極與天球赤道中間的位置。

第八節 天文時鐘與日月蝕

我們應該記住地球上任何地方的子午圈都是一條正南正北的直線，穿過天頂而與地平成垂直的。更嚴密地說：子午圈是一個直接在頭頂上由北往南的一個圓圈，牠與觀察地點的經度子午圈完全相合。現在我們再看在天球上的時圈。牠們的畫法與地球上的子午圈一樣。但看起來天

球是繞地球轉的，因為這個天球必也帶着牠的時圈走，原因是時圈在天球上有固定的位置的。你來注意這時圈中的第一個，就是穿過春分點的一個。牠的赤經叫作零時，因為牠是起點。假設有一個時候我們看見春分點在南方，於是零時圈（或天球首子午圈）將在那一瞬間與這觀察地點的子午圈相合。但一點鐘以後，因為天的行動，這春分點合零時圈將轉離到子午圈西十五度，或一小時的赤經。同時記着 I 的時圈將轉上來在一瞬間與子午圈相合。再一小時之後，II 小時赤經的時圈將轉上來到子午圈上替代了第一個的位置，同時春分點與零時的時圈將轉成子午圈西 II 小時或三十度。這樣下去一直徹遍這整個天球的圓周。

剛才說過的東西使我們明白天的視動就像一個時鐘的動作一樣，春分點或零時的時圈作牠圓面上的指針。天文家們正是這樣用牠。天文時鐘的圓面分成二十四小時，時間的計算也是繼續地從零時到二十四時。當春分點正在子午圈上的時候，天文日就起頭。同時天文時鐘的指針指着零時零分，零秒。這樣，這個鐘隨着天的視動走。天文家只要看牠的圓面，不用看天，就能知道春分點在甚麼位置，合那時在子午圈上某一個天體的赤經數。

我們現在必須明白一點的解釋甚麼是春分點，並且爲甚麼牠被選爲「天上的格林維池」。牠的位置上沒有一個星，我們只用剛才描述過的相切的衆圈來找到牠的位置。另外還有一個這樣的圓圈，我們尚沒有提到，但牠合春分點有一個特殊的關係。這就是黃道。如地球在軸上每日的自轉使這整個的天球看起來每日繞地球一週一樣，地球每年在軌道上繞日的公轉使我們看起來太陽每年在天上繞地球轉一週。地球在軌道上前進，太陽是往牠前進相反的方向走。因爲一週周有三百六十度，而一年有三百六十五日，所以太陽的視動每天約一度，每月約三十度。在十二個月後，太陽又回到牠在一年開始時所佔的位置。既然地球在軌道上的行動是自西向東的，（與牠在軸上自轉的方向相同），所以太陽在天上每年的視動是自東向西的，（合牠每日的視動方向相同）。這樣，雖然實際上是地球在一個軌道上繞着太陽走，可是看起來太陽倒像是在一個軌道上繞着地球走。我們看見的這個以天爲背景的太陽行動的路徑是叫作黃道。牠的英文原字就是 *Ecliptic*，是因爲只有在月亮跑入或者靠近太陽的路徑（我們所見的）平面的時候才發生日蝕。

既然太陽繞黃道的視動是由於地球繞太陽的真動而來的，我們可以把黃道看作一個地軌平面與天球相切的圓圈。換句話說，假如我們不在地球上而在太陽上，我們將看見地球在繞着黃道的圓圈跑，爲要明了以後的一切，我們必須特別記住這一件事：黃道就是地軌平面。

因爲以下的理由，黃道不跟天球赤道相合；地球每日自轉的軸不跟牠每年公轉的軸平行（或同一方向）。牠自轉的軸與赤道成垂直，牠的每年公轉的軸與黃道成垂直。既然這兩個軸是互相傾側的，結果是赤道與黃道必在兩個平面上。黃道平面傾向赤道平面的度數約二十三度半。

因爲對這一點有一個清楚的觀念是很要緊的，我們可以這樣來說明牠：隨便拿一個皮球代表地球，再繞着牠畫一個圈代表赤道。以後再用一根長針穿過球的中心，並與牠的赤道成直角，來代表地軸。把牠放在一盆水中，用點力壓牠，使牠一半浸在水裏。同時安置牠，使牠的針不是直立着而是距垂直線斜下來很大的一個角。現在，你想像太陽是在這水盆的中間，你讓這個球慢慢繞牠走，同時使這針永遠在這個同一的地位。那麼，水的表面就代表黃道平面，或地軌平面；同時你看出來，因爲這針傾斜的結果，赤道平面不跟黃道平面（就是這水平面）相合，而是對牠傾側着。因牠

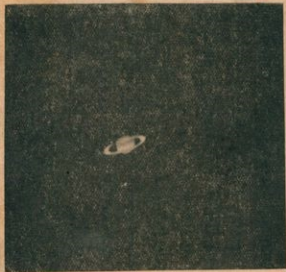
的傾側，使赤道一半在黃道平面下面，另一半在上面。若不去實地作這實驗。在腦子裏就如真作了一樣去把這一切仔細想出來，對你的想像力也是很有益的。

我們已說過赤道向黃道的傾側是二十三度半，必須牢牢記住這個角度。現在，既然黃道與赤道全是在天球上的大圓圈，就是這些圓圈是切穿天球的中心的，牠們必在兩個相反的点互切。在剛才描述過的實驗中，這兩點是在那皮球的兩邊，就是那個赤道合水的表面相切的兩點。在天球上赤道與黃道相交的這兩點叫作二分點。因為當太陽出現在這兩點之任一點的地方時，牠合赤道垂直。那時候，整個地球上的日夜是一樣長短。（英文二分點原字 Equinox 是從拉丁文來的，原意「等夜」）。

我們以後有許多關於二分點的話，但現在只要知道這兩點中的一個——就是太陽約在三月二十一日走近的一個，就是天文春的起始——是「天上的格林維池」或春分點（Vernal equinox）就够了。另一個分點叫秋分點（Autumnal equinox），因為太陽約在九月二十三日走到牠，那也就是天文秋の起始。我們已經知道春分點是天的圓盤上的指針。當牠經過某地的子午

圈時，那時候就是那地方的天文午。牠在天上的位置，沒有被甚麼特別的星指出來。不過牠是在雙魚座裏，正在天球赤道與黃道相交的一點上。穿過這一點再穿過與牠相對的秋分點的時圈，是天的首子午圈，叫二分圈

第八圖 土星



ure) 與二分圈成正角（就是像卯酉圈與子午圈的關係一樣，看第四節）的時圈，叫一至圈 (Solstitial colure)。這個圈跟黃道在相對的兩點相切，相切的兩點叫一至點 (Solstices)。牠們在兩個分點的中間。既然黃道對赤道平面的傾側度數是二十三度半，既然兩個至點是在黃道與赤道相交兩點的中間，顯然地，兩個至點必定在距赤道二十三度半的地方，一在上，一在下；或一在南一在北。北面的一個至點叫夏至點，因為太陽在天文夏走到那裏，大約是六月二十二日；南面的兩個至點叫冬至點，因為太陽在天文冬起始的時候走到那裏，約在十二月二十二日。至點的英文原字是從拉丁文來的，原意是「太陽的靜止」；因為當太陽在兩個至點的時候，看起來牠有幾天內的進程差不多是與地平平行的，而且牠的赤緯那時改變的非常遲慢。

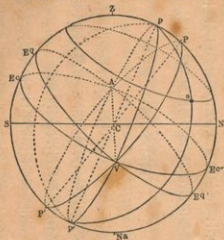
正如在天上所有合赤道等距離而相對的兩點，記出天球每日繞着旋轉的軸之兩端，另外也有合黃道等距離而相對的兩點，記出太陽每年繞着旋轉的軸之兩端。這叫作黃道兩極，牠們在距天極二十三度半的位置。——這個距離是必然地要跟黃道向赤道的傾側度相合。黃道北極在天龍座裏。你每夜都可以看見這星座與大熊座和王后座同繞着北極星轉。

第九節 黃緯度與黃經度

我們已經知道天球上是畫着許多想像的如地球上緯度與經度的圈，並且在這兩方面的圈全是用作相似的目的——決定一件物象的位置，在一方面是在地球上，在另一方面是在天球上。我們也講過在天球上與地緯度相同的叫作赤緯，與地球經度相同的叫作赤經。但其實這緯度與經度兩個字也仍然用在天文學上。不過不幸的是牠們在這裏是根據另一組圓圈，與我們所描述過的不同。牠們也不像赤緯與赤經那樣跟地緯度與地經度相合。所以這裏必須說一說黃緯度及黃經度與赤緯及赤經的分別。

黃緯度 (Celestial Latitude) 與黃經度 (Celestial Longitude) 不用赤道與兩極作根據，而是用黃道與黃道兩極作根據。黃緯度是指在黃道南或北的距離（不是赤道南或北的）；黃經度是指由春分點起，但順着黃道量得的距離（不是順着赤道量）。黃緯度如赤緯一樣也是由西往東算，但計算牠是用度數而不是用時間。計算黃經度也合計算赤經一樣，但不是順着穿過天極

第九圖 黃道和黃緯度與黃經度



C如其他圖中一樣，代表觀象人的位置，Z代表天頂。但為免去太繁，地平的面圖這裏不畫出來，只畫一條由北而南的線NCS。

EqEq'是赤道。

EcEc'是黃道。

P合P'是天球的兩極。

p合p'是黃道的兩極。

Na是天底。

V是春分點，A是秋分點。

穿過s合黃道平行的圈是一個緯度圈。

P s p'圈是s星的黃道子午圈。

PVP'A圈是二至圈。

pVp'A圈是黃道的首子午圈。

包括在黃道與S間的黃道子午圈的圓弧，是這星的緯度。

包括在V合黃道的子午圈P s P'與黃道相交的一點間（或Vjs角）的黃道圓弧，是這星在V點（春分點）東的經度。

的圈面是順着穿過黃道極的圈量。這圈不垂直赤道而垂直於黃道。黃緯度的圈都跟黃道平行，用黃道的兩極作中心，黃經度的子午圈都穿過黃道的兩極而垂直於黃道。黃經度的子午圈中穿過

二分點的一根是黃道的首子午線。牠在二分點上跟二分圈相切，成二十三度半的角。但二至圈（我們記得牠是在二分點距的中間繞天球一周的）是既垂直於黃道又垂直於赤道；牠屬於這兩系統中的圓圈。牠既穿過天球的兩極，也穿過黃道的兩極，我們也要知道春分點是屬於兩系統的座標，因為牠的位置是在黃道與赤道的相切一點上的。從一個系統轉到另一個系統，天文家利用球面三角的方法。（第九圖）

第十節 黃道帶與歲差

其次我們要熟識的是黃道帶。我們已經知道黃道是在天球上向赤道傾側成二十三度半角的一個大圈，牠與赤道相交的兩個地方叫二分點，同時太陽每年的運行是順着這個圓圈的。所以太陽在任何時候所佔的地位必一定是在黃道的路線裏。前面已說過，若是從太陽看起來，地球像是順着黃道走。那樣一來，黃道就成了地球的軌道（或路徑），影射在背景的天上。但是，在地球以外還有七個行星，水星，金星，火星，木星，土星，天王星和海王星，（按現已發現冥王星，軌道在海王

星之外，故除地球之外尚有八個行星，「譯者」，都是繞太陽轉；有的近點，有的很遠。這些行星的軌道差不多合地球軌道在同一平面上。那些軌道中沒有一個距黃道平面的傾側到七度以外的，大多數都只傾側一兩度。結果，當我們觀察這些行星慢慢在牠們的軌道上走的時候，看見牠們總是緊貼着黃道的大圈，這件事實表明太陽系（就是太陽與牠所帶的行星們）在空間佔着一個圓盤形的區域，牠的樣子像一片很薄的圓形乳餅，太陽在中央。黃道指明這個想像的圓盤平均平面。月亮也是在這個共同的平面上走，牠繞地球的軌道只向黃道傾側約五度。

古代的天文家們也早曾注意到這件事實。在古時他們給這個從地球上看起來繞天一週的太陽與行星運行的路徑（牠們的各轍路聚在一起就像在大路上車的兩輪所留下的平行痕跡一樣）一個名字，叫黃道帶（Zodiac）。牠們給這帶畫出一個武斷的，能包括住他們當時所知的行星軌道的闊度。這闊度是在黃道每一面八度，共十六度。他們又把黃道帶這一個圈分成十二等份，與一年中的月數相同，每一部份叫作一個黃道宮（Sign of Zodiac）。既然每圓圈有三百六十度，每一黃道宮就等於三十度。爲要使眼睛認明黃道帶的路程，古代天文家們觀察了在黃道帶上的

星座，指定給每一宮一個星座。從春分點起，由西往東，他們給這許多黃道帶星座（就是給黃道十二宮）各種人的獸類的，與別種物體的名字。這些名字是由星所形成的各種形狀，合人獸物的一種奇異的類似而來的。第一個是白羊座，用 λ 記號來指明；第二個，金牛座， τ ；第三個，雙子座， μ ；第四個，巨蟹座， κ ；第五個，獅子座， ω ；第六個，室女座， ν ；第七個，天秤座， ω ；第八個，天蠍座， ι ；第九個，人馬座， γ ；第十個，摩羯座， ρ ；第十一個，寶瓶座， π ；第十二個，雙魚座， β 。英文黃道帶一個字是從希臘文指獸的一字來的；黃道帶的星座中的星所形成的想像形狀，多半都是獸的形狀。這許多宮和與宮相合的星座被假設為固定在天上的，人們看見行星，太陽，合月亮繼續地在穿過牠們，由西往東。

當這個系統才發明的時候，宮與牠們的星座的位置是相合的；但在時間的進程中，宮與星座由推移而分離了。這十二宮的起點仍在春分點上，但牠們在天上往西退，一直到牠們跟原來指定的星座分開。現在白羊宮，在牠原來位置西面第一個星座裏（雙魚座）。這樣推下去繞過整個的圓圈。我們已說過這個行動把二分點和十二宮一齊帶着動，於是起初在白羊座中的春分點，（牠現在仍然是在白羊「宮」的起頭或「第一點」上），現在竟在雙魚座裏了。

要解釋在天面上黃道十二宮的遷移，我們必得明白一種現象叫作歲差 (Precession of the equinoxes)。這是天文學中最有興趣的一件事情。讓我們再提到地球每日自轉的軸對地球每年繞日公轉平面的垂直線傾側了二十三度半這一事實。由這個傾側的結果，使黃道向赤道平面也傾側了同一角度。所以太陽在黃道中走，半年的時間出現在赤道上，(或北面)，另半年的時間出現在赤道的下面，(或南面)；其交點就是二分點。這個球軸的傾側，就是我們所找尋的解釋關鍵。在空間，地軸所有的方向是一定的，只能由某種外來衝突的力量可以改變的。若我們能想地球的軸像是一個抽陀螺軸，或是一個迴轉器 (Gyroscope) 的軸，我們的意思就更清楚一點。當一個抽陀螺在流暢地轉動的時候，牠的軸向上直立，在轉動的速度不減以前，這軸是直立不變的，也沒有外力的衝突。一個迴轉器的轉輪的軸也是永久保持着一個相同的方向，使輪子不倒下來。假如牠的裝置使牠能往任何方向轉動，假如你再把這東西拿到手上來，同時你自己轉一個身，這個軸將使牠自己仍保持牠在空間原來的方向。旋轉物體使牠的軸的方向固定不變的這種趨勢，可同樣引用到地球上來。地球的軸在空間也是保持着一個不變的方向，除了一個由外力而來的遲緩

的改變，這改變助成歲差的現象。

我們不能常常回到地軸與天球軸的方向相合，所以地極是正在天極之下的這一個事實。但黃道極距天極二十三度半。假如地軸合天球軸沒有過任何改變，天極合黃道的兩極將永遠保持同樣的相對位置。但實際上，一個外來的力量施到地球上，使地球的軸漸漸改變其方向，同時這個改變的結果，使天極（天極的位置是由地極而決定的）有一個遲緩的繞着黃道極的行動，這行動在一個半徑二十三度半的圓圈上。生出這影響的外力，就是太陽與月球對地球赤道凸出部分的吸力。假如地球是一個完全圓形，這個吸力將沒有影響或不存在。但既然地球是一個扁圓的球體，在兩極地方有一點扁平，在赤道地方有一點隆起，這個吸力加

第十圖 銀河之一部



在牠的赤道隆起部分，拉地軸使牠合黃道平面成垂直。但因為地球旋轉的動作使牠抗拒這個來拉的力量，同時努力（不過這樣說）使牠的軸的傾側不改變。結果是在保持牠原來的傾側的時候，地軸很遲緩的搖擺！

在這裏我們可以再用抽陀螺來說明。在陀螺不轉動的時候，若是把牠的中心軸少微推歪一點，地心吸力能使這陀螺即刻倒下來。但一個陀螺在繼續轉動的時候，牠不倒下來而只是在一個圓圈中繼續搖擺。我們在這裏不能用數學解釋這現象。讀者可以在柏來教授講旋轉的陀螺（Professor John Perry: *Spinning Tops*）那本小書上，得到一個更清楚的簡易敘述。在這裏只要說明地心吸力有使這陀螺倒下來的趨向，但實際上只使這陀螺的中心軸在圓形中搖擺，並且這件事實在影響上合太陽月亮對地球赤道隆起部分的吸力很相似，而這吸力使地軸在空間作圓形的搖擺就夠了。

如我們已提過的，就是這地軸緩緩的搖擺生出所謂歲差。在約二十五萬八千年的一個週期內，地軸搖過一整圈，所以在這同一的週期內，天極繞固定的黃道極一周。但既然赤道是處在兩極

正中間的一個圈，很顯然的牠也必定是轉動。爲要說明這個，你可以拿一個平圓的錫盤，或硬紙盤代表赤道合牠的平面。再用一根棍垂直地穿過牠的中心代表地軸。把這軸的一端放在桌子上，再在一個一定的傾側的角度握牢牠。把軸的上端轉動一圈。你將看見在軸這樣旋轉的時候，這圓盤也跟着牠旋轉。同時假如你想像一個與桌面平行的平面，牠在那根棍穿過第一個圓面的地方經過那圓面的中心。你將看出來，這圓盤邊合這想像的平面相交處的互對的兩點也跟着這個圓盤動。例如，這軸在某一個位置的時候，這兩點可以對着這屋子的南北兩點。當你把这个軸及圓盤旋轉了整圈的四分之一以後，這兩點將對着這屋子的東西兩點。當你把你把牠旋轉了整圈的一半之後，牠們又是對南北兩點。但這次這圓盤的斜坡的方向，將與牠起始時正相反。最後當這一週轉完了的時候，這兩點將再在南北兩點上，而這圓盤的斜坡將與起始時在同一方向。

在這個例證裏，圓盤替代天赤道的平面，棍子替代天球的軸，而與桌面平行的想像中的平面替代黃道平面；同時這平面與圓盤的邊相切的互對的兩點替代二分點。由這個傾斜的圓盤旋轉而使這兩點生出的行動代表歲差。這名詞的英文原來意思是在黃道中二分點改變位置的行動。

像是在往前進，就如同要去合繞黃道每年一周的太陽相遇似的。（所以英文原字 *Precession*

of the Equinoxes 可直譯為二分點的前進）這行動的方向是由東往西。這樣黃道十二宮就被帶着一點點地往西離開牠們原來所結合的星座。我們說過因為這些宮的排列是從春分點起頭的，倘若春分點一動，這整個系統的各宮必定跟着動。這個行動每年約有五十·二秒。既然每一整圓有一百二十九萬六千秒，簡單的除法告訴我們：春分點繞行一個完整的圈所需的時間，必定是二萬五千八百年。（這數目已在講到兩極的時候提到過了）約二千多年以前，十二宮合原來的星座是相合的；所以在約二萬三千八百年的將來牠們將再相合。在這其間的時候，十二宮將完全繞着黃道圈往回頭退。

細心的讀者將同時覺到歲差合跟着牠的天極繞黃道極的行動，一定會影響北極星的位置。我們已經說過那個星只是偶然的佔了現在在天上的重要位置而已。那星自己對地球說是不動的，（或實際如此），不過是北極改變自己的位置。在今日北極在大熊座的一面距北極星有一度又十分，同時牠在慢慢地走向北極星。這樣在大約二百年之後，牠將只離北極星不足半度遠。在那

時以後，這歲差的行動將帶着北極在一個圓圈中離開這星漸漸遠了，直至這個星將完全失掉牠現在的北極位置指示者的重要性。是偶然的，有幾個別的明顯的星也是在這圈的附近，其中的一個是 Thuban，天龍一（牠現在不如以前某一時亮了）。這個星當牠作北極位置的指認目標的時候，（約四萬六千年前），牠合天文學史上很浪漫的一頁有關係。在埃及的齊歐普斯大金字塔（Pyramid of Cheops）中，有着一條很長的通路，從一個在金字塔中心下面深深在岩石裏的屋子起，一直引向正北。而人們相信這個向上的通路，是被埃及的僧侶天文家用作一種望遠鏡的管子，來細看那時的北極星，合觀察牠經過子午圈的時間，——因為即使北極星，因牠不是準確地在北極點上，也繞着北極每二十四小時走一個小圈。這結果是牠每天經過子午圈兩次，一次在真極點的上面，一次在下面。

大約在將來一萬一千五百年後，非常光耀的織女星，或天琴一，將成為北極星。不過牠不能像現在的北極星那樣靠近極點。在那時北極星將距北極點約五十度。在約二萬一千年後，現在的北極星將光復牠今日的衆天顯然圓心的尊嚴。

一個地極行動的奇怪的不規則，必須跟歲差一起說到。這就是一種「顛搖」，人們叫牠作章動 (Nutation)。牠由太陽與月亮吸力不同的影響而起的。這不同是因為牠們施出的吸力方向之更迭。由太陽關係方面說，歲差的前進在接近二分點的時候，比一年中其他時候緩慢；換句話說，牠在夏季中部與冬季中部，當這一個或那一個極點是轉向南方的時候是最快。一個相似但大得多了的改變，是由於月亮的吸力影響，並由於牠軌道向黃道的傾斜。在約九年半的時期中，

第十一圖 牛人馬座 α 之星團



(或牠的軌道交點運行一周之半的時期，看第三節第四節) 月亮有使歲差的前進速度加快的趨勢，在其後的九年半時期中，使牠弛緩。這些不規則的，連合的，一般大影響，使地極畫出一個繞黃道極微微波動的曲線，而不是一個平滑的圓圈。大約有一千四百這樣「波動」或「顛搖」，在兩極的二萬六千年一圈的行動進程中。在精確的觀察裏，天文學家必得計及由地章動對衆星視位的影響。

——等我們講到季候的時候，將提到由地軸方向改變而生的，一個很奇異的普遍影響。

第二章 地球

第一節 地球的性質形狀合體積

地球在宇宙中的地位，已在第一章裏簡略地描述過了。現在應該看看地球是甚麼，並與這個住有觀象人和理性動物的天體相關的幾種主要的現象是甚麼。

由平常的經驗，我們知道地球是岩石、沙、土等等所組成的。同時地球在沒有河湖海等樣的流水或靜水的地方，是普遍地覆蓋着植物，像樹與草之類。進一步的經驗告訴我們，地球是非常大的；牠的表面分作許多陸與水的廣大區域。大部的水，海洋，合起來，佔有全地球表面的百分之七十二，或四分之三。我們現在能達到的深度下的各種調查告訴我們，地球的內部包含各種岩石，岩石中含有各種金屬。雖然有幾種理由使人想到地球內部深處，熱度必是非常之高，但同時也有別種理

由使人顯然地看出大概地球是凝固的，裏外都是堅硬的。人們用許多方法（牠們的歷史與描述，我們在這裏沒有地方寫）證明了地球的形狀是一個圓球；或更精密一點說，是一個橢圓球，微微地在兩極處下陷，在赤道一周凸出。兩極間的直徑是七千八百九十九哩，赤道直徑是七千九百二十六哩，有二十七哩那樣長的差異。但在普通的用處上，我們可以說地球是一個真的圓球。不過牠的表面的水平，被大小山脈所改變。這些山脈雖然和地球整個的體積比較起來，是不算甚麼東西，但若合人手所建造出來的比較，就成了非常的廣大。地球上著名的最高的山，喜馬拉雅的額非爾士峯，高出海面上二萬九千呎。著名最深的大洋底，在太平洋崇間島附近，深入海面下三萬一千六百十四呎。所以最高山的山峯約整整比海底最低的深淵高出約九哩半——這個距離遠不及地球赤道直徑與兩極直徑之差數的一半。

一般相信地球在牠歷史最初的過程中是一個溶化的物質集團，或者是一團熱氣體像太陽似的；並且牠漸漸冷了，順着機械的定律而成了今日的形狀。牠的自轉，使牠在赤道一周膨脹起來，在兩極地方收縮一點。

地球的外面部分叫作地殼。地質學告訴我們，地殼曾經過猛烈的改變，例如地殼的突起與陷落。並且在許多部分，海洋合陸地曾互換了位置。大概這還不只一次。地質學又告訴我們，地殼的岩石中充滿了與現代生存的不同，不過是合牠們有關係的，動植物的遺骸，或化石。牠們必曾在幾百萬年前生存過。這樣我們看地球背負一種非常年代久遠的許多記號。大概在人類種族發展之前，無量多的年代中，牠已經被生物居住着了。地球上生物之來源，人類尚不知道。

第二節 萬有引力

在地球上，生命現象中的一個，是物體的「重量」。一般看牠太平常了，所以只有深思的人們才對牠有所懷疑。每個人都覺得他是被他的重量把持在地上；他也知道假如他跌一個重的物體，這物體就一直落在地上。但這個使每件物體停止在地球上或在高舉後一放手再落回到地上的重量是甚麼東西呢？對這問題的答案包含着一個原理，或「定律」；牠影響這整個的宇宙，使牠成了我們現在所見的樣子。這個原理是天文學中最大的基石之一。牠叫作吸力定律。英文吸力（Gravity）。

vation 一字，是從拉丁文轉變而成的。拉丁文 *Gravitas*，原意「重」。簡單地說，這定律就是：每一個物體，或每一個物質的微粒，吸引或努力向牠拖曳另一個物體或另一個物質的微粒。一個大的物體，按牠含有的體積，或物質的量，比小的擁有多點的吸力。地球是非常大的，牠用一種與牠的大體積成正比例的力量，來把持在牠表面上的各物體。這個說明了爲甚麼我們有着我們叫作重量的東西。牠不過簡單地是地球吸力加在我們身體上的結果而已。一個大的物體，比較一個小而由同一種物質組成的重一點；或說被地球用大點的力吸引着，因爲牠有一個大點的體積，這個物體其實也吸引地球，如地球吸引這物體一樣。但是吸力的大小是按着吸引物體的大小。既然地球的體積比起任何一個我們能處理的物體的體積大到幾乎無限，所以後者物體加於地球的動作看不出來，我們只看見這小的物體在地球吸力下移動。

現在我們要看，地球的圓形在影響上是如何的重要。第一個用數學方法算出吸力定律的牛頓曾證明，一個圓形的物體吸引別的與被吸引，就像牠的整個的體積，集中在牠的中心一點似的。從這裏連帶着我們就知道地球吸力的運用，就如同這整個的吸力是從一個中心點生出來似的。

在這樣情形之下，這引力的結果是，在各方面的物體都被拉向地球的中心。這個解釋了爲甚麼在地球相對一面的人類（或用我們常說的，在我們腳底下的人類），也受着與我們所受的同樣的吸引力，有着與我們所有的同樣的重量。在地球四周各部分，無論是在甚麼地方，物體都是被拉向地球的中心。假如在地球上任何地點，你懸一根墜着鉛球的線；走過地球周圍四分之一的路，再懸一根墜着鉛球的線；每根線都將對牠懸着的地點成垂直。同時這兩根線的方向，將互相成爲直角。因爲兩者全是指向地球的中心。

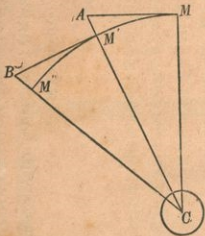
知道地球怎樣用吸力，我們就有方法來計算牠整個的體積；或有時叫作地球的重量。算出這個的原理是很容易懂的。舉例來說，假設把一個已知重量的小鉛球拿近一個大鉛球，同時小鉛球是很纖細地懸在空中，大鉛球的吸力使牠生出的移動，能用顯微鏡的觀察而測量出來。生出這移動所需的力量，可以同生出這個球的重量的地球吸力相比；這樣，地球與那個鉛球的體積比例就決定了。人們已算出來地球整個體積等於六、五〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇噸的一個「重量」。地球平均密度與水之比是五倍半。這就是說，地球與水同樣大小的球稱起來，

前者的重量爲後者的五倍半。

牛頓不是只指出地球對在或靠近牠表面上物體的吸力形式而已。他證明地球也吸引月亮，把牠把持在牠的軌道中。要了解這個，我們必須注意另一件關於引力動作形式的事實。牠的力量隨距離而變換。本着數學論據的實驗，已經證明吸力的變換是與距離的平方成反比例的。這只是簡單的說，假如在兩物體間的距離加了二倍，引力量將減少四倍，四是二的平方。假如這距離減去一半，吸力將增加到四倍。增加距離三倍，吸力就減少九倍；減少距離三倍，吸力就增加九倍；因爲九是三的平方。我們已說過吸力與距離的改變是相反的。知道了這一點，牛頓就計算出地球必然加在月亮上的吸力。他找出這個吸力是只够把月亮把住不停的繞着地球移動。但爲甚麼月亮不一直掉落到地球上而來呢？因爲月亮在原來有另外的一個行動，那個行動是橫過地球吸力的方向的。我們在這裏不能講解牠如何有了這個行動，但是假如牠不被地球所吸引（或被太陽所吸引），月亮在空間將在一條直線上前進，像一塊石頭從一張彈弓飛射出去一樣。這吸引的力量只够使月亮在一個繞地球的圓形道路上跑。

牛頓用同樣的原理解釋地球繞太陽的行動。用同樣方法算出來的太陽的吸力，可以證明牠是只够把地球把持在牠的軌道上，不讓牠跑離到空間去。這一切另外繞日轉的行星，也是如此的。同時這個原則在整個宇宙中都通行的。有一些所謂雙星的，兩個星互相太靠近了，牠們互相的吸力使牠們在兩條軌道上都繞着牠們共同的中心轉。實際上，所有的星都吸引地球與太陽；但因為牠們距我們的距離是太大了，所以這

第十二圖 地球怎樣統制月



讓C代表地球中心，M月中心。假設月是在一條直線上用高速度前進，若沒有外的影響，牠在一日內要走到A。現在假定地球的吸力加在牠身上。那個吸力要把牠拉到M'。其次再假設在M'月忽然不受地球的吸力了，在第二天中牠將一直跑到B。但實際上地球的吸力是繼續不斷的動作，在第二天月被拉到M''。換句話說，因為有地球的吸力，月永遠是掉離牠所要走的直路，同時牠也不距地球再近點，而只是在一個無盡的，繞牠的曲線上運行。

吸力小到讓我們找不出牠的影響。讀者中願意多研究引力這個問題的，可以看深一點的著作，如美國楊教授的「普通天文學」 Young's General Astronomy 或喬治愛瑞爵士的「引力」 Sir George Airy's Gravitation 等書。

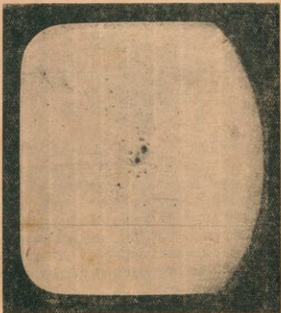
第三節 潮汐

大洋裏的潮汐，是吸力動作的一個直接的結果。很有趣味的，牠們也包括這個原理：一個圓形物體，（如地球），在吸引與被吸引時候，就像牠的整個體積都集中在牠的中心一樣。潮汐的原因是：太陽與月加在地球硬而圓的本體合大洋中流動的水的吸力之差異。水的原質不能逃出地球範圍，但能自由的順着各種力量互相移動或對流。這個吸力的差異是起於距離的不同。既然因為月比較距我們近，所以牠是生出潮汐的主要動力，我們將先只觀察牠對潮汐的影響。地球的直徑用整數說是八千哩；所以牠的半徑是四千哩。從這個我們可以知道：地球的中心，距月比地球向月一面遠四千哩。結果是，月亮加在地球向月一面的海水的吸力，必定比加在地球中心的強。同時加

在地球中心的，也必定比加在地球背月一面的強。這些月吸力差異的結果是：直接在地下面的水，有離開地球中心的趨向；同時在另一方面，成圓形，固體的地球，有離開在背月一面上的水的趨向。這合起來的趨向，使水升高，超過牠的普通水平，在地球相對的兩面，成兩個突起。我們叫這個作潮汐。

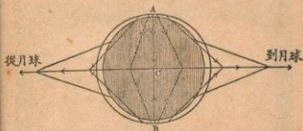
在這一點講過之後，有人問：
「爲甚麼月不把海水整個的從

第十三圖 太陽黑子羣



地球上吸過去呢？回答是，潮汐力的影響只及於微微減少了水的重量（或說減少了水向地球中心的趨向力），但不是毀滅或克服地球引力的約束。其實水還是保持牠原來的重量，因為由月生出的潮汐力，只使牠減少八百萬分之一的重量。不過即使這個微小的減少，已足以使水在受潮汐力量影響的地方湧起來，高出牠的普通水平；在另一方面，圍繞地球正在這兩潮中間的部分，或者說順着一個與月方向成

第十四圖 月的潮汐力



在這裏固體的地球被一層水所包圍着。在向月一面的水所受的吸力比地球中心（C）所受的大。在對面的水所受的吸力比較小。從月到水的對着A與B部分的許多力的直線，都是傾向月與地球間的一條直線。順着這些線動作的力量都要把水拉向箭頭所指示的方向。這些是月吸力加在地球相合部分的橫直成分的結果。同時順着牠們動作的力量在那些線傾向地球中心比向月的程度大的任何地方，都要增加水的重量。在背月的一面，這同樣的影響是相反的生出來；因為在那一面，一般的趨勢是要把地球拉開離水愈遠。結果是假如地球沒有自轉，同時假如牠是整個的被一層水所包圍着，這包圍的水將被拉成一個橢圓形，牠的最高點是在月下面合方面；同時最低點是在與月方向成直角的直徑之兩端。

正角的直徑，月的吸力使水的重量增加，也就是使牠向地球中心的趨力增加。（看第十四圖）假如我們想像地球完全是流體的，也許這個能更明了一點。果然如此，由距離不同而生的月吸力的差異要在地球全體中，用各種程度顯示出來。這結果是把這個水球拉長成爲橢圓的形狀。牠的最大直徑是合月吸力成直線的。牠的最小的直徑是合第一根線成直角的。這橢圓的各部分比例，使許多力量保持平衡。

爲了各種原因，就像地球在地軸上的自轉帶着水跟牠很快的動；水的惰性使牠不能即刻反應潮汐的力量；海洋的形狀不規則，在各方面都有廣大的陸地截住；海洋的不同的深度，生出不同的摩擦力，等等；所以潮汐波動不是直接出現對着月，或是直接背着月。這樣，計算在地球上某一點一個潮汐的路程與高度，成爲天文物理學上一個最困難的題目。

現在我們轉過來思考太陽吸力在潮汐上的影響與月吸力的關係。這關係帶來更深的繁亂。由太陽而起的潮汐，只有由月起的潮汐五分之二那樣高，但在這兩種結合起來或互相抗拒的時候，已足夠生出很可觀的結果。牠們每月結合兩次——一次當月在地球與太陽之間，新月的時候；

另一次當月與太陽隔地球對立的時候，（即地球在太陽與月之間「譯者」），滿月的時候。在這兩個位置，太陽與月的吸力必定同時動作，結果是牠們所生的潮汐合為一個更大的波動。這個聯合生出的潮，叫作高潮，是一箇月中最大潮。在另一方面，當月的位置與太陽的方向成直角的時候，這就是月的盈缺中稱為上弦與下弦的時候，由太陽而起的與由月而起的潮汐的波浪相距九十度，（也可以說，牠們是在互相抗拒的動作），那時就是低潮；是一箇月中最小的潮。

不用找一個實驗證明，在這裏可以說出這件得記住的事實，就是任何由天體所生的潮汐力量的變異，與距離的立方相反。這是雖然太陽比月大了二千五百萬倍，而牠比月距地球只遠了約四百倍，但牠只加於大洋中的水這樣微小的一個潮汐力量的理由。假如潮汐力量的變異按距離的平方而不同，像一般引力的影響一樣，由太陽所生出的潮汐將比由月所生出的大過一百五十倍；這樣大潮將把紐約，倫敦，與世界上所有的海港都掃蕩毀滅。假如那樣的話，用精密的觀察來找出木星所加於地球上大洋的潮汐影響，將成為可能的。

第四節 大氣

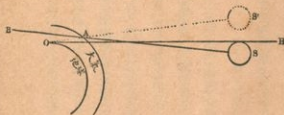
固體的地球是被一種混合氣體所包圍着，其中主要的是養氣與淡氣。這混合氣體我們叫牠作空氣，或大氣。我們的生命與多數其他種的生命，完全依賴有這個大氣。這個大氣被地球吸力所把持着，牠跟着地球轉動。假如不然，——假如大氣不動而地球繼續在牠裏面自轉——一種可怕的大風將不停地由東面吹來，牠在赤道周圍的速度將每小時有一千多英里。

大氣往上準確的推展到多高，我們不大知道。也許牠沒有一定的限度。——但我們確實知道牠的密度隨着牠距地的高度而驟烈地減少。在數哩的高處以上，大氣就稀薄到不能使人類生存。不過流星的現象，（流星質的東西用高速度射入地球上部的空氣，因與空氣摩擦而發光）證明在約一百多哩的高處尚有一點微薄的大氣。

從天文學眼光看，有大氣最重要的影響是牠的折光力。折光的意思是：每一個透明物體在特殊情勢之下，使射入這物體的光線彎曲，跑出原路之外的性質。物理科學告訴我們：假如一條光線

從任何透明物體穿入一個濃密一點的透明物體，同時假如這條光線的路徑不垂直於第二物體的表面，牠將被變成幾乎垂直。所以假如一條光線從空氣中與表面成斜坡地穿入水中，在入水的時候牠的方向將被改變，使這斜坡成爲更峻峭一點。只有假如牠成垂直地落在水上，牠將繼續前進不改變牠的方向。反過來，一條光線從一個濃點的射入一個淡點的物體必被彎曲成與第一個物體平面的垂直離得更遠，或者說牠的斜坡更小了。這告訴我們爲甚麼假如我們放一個銀角在一隻碗中，使眼在碗邊上不能看見這銀角，但在把碗裝滿水之後，這銀角像是被提高到能看見了。不但這個，假如

第十五圖 折光



假設一個觀測者在地球O點。在S點的大陽已經落到地平(OH)下了。但既然太陽的光向各方面放射，一部分(如SAB)將在A點與大氣相遇。這折光的趨向是使這光線更垂直於大氣的表面。所以不讓這光線一直射過觀測者的頭上到B點去，而把牠彎曲順着這條虛線AO，觀測者就可以看見太陽，如同牠是在這條虛線的方向OA $\hat{=}$ B'似的。這條虛線使太陽看起來是在地平之上。

任何透明物體由深度而增加牠的密度，折光度也將跟着光線的深度而增加。同時這光線的方向將由一條直線變成曲線，更漸漸趨向垂直。

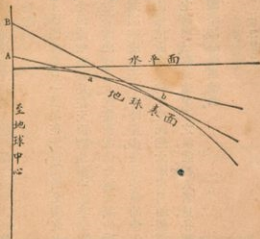
所有上述這些，全可應用在大氣上面。假如看見一個星在天頂，牠的光垂直地射入大氣中，牠的路線就不改變了。換言之，就沒有折光。但假如這星是在天頂與地平中間某點，牠的光成斜坡地射入大氣中，也就遭受折光。離地平愈近，其彎曲度愈大。觀察使我們知道大氣的折光（或稱蒙氣差）在天頂等於零，靠近地平時增加到約半度樣子。（有時還多，按着空氣的情形而定）。所以一個靠近地平的天體，通常看起來在牠的真位置之上約半度。既然太陽與月的視徑約半度，在牠們上升與下降的時候，在真升到地平之前與已落到地平之下之後，能被人看見。各種不同高度的折光表已有許多出版，在作精密的天體觀察時，必得用牠們。

第五節 地平俯角 (Dip of Horizon)

另一個在許多觀察上必須應用的矯正，是依賴着地球的圓體的。我們已經描述過真地平，與

牠怎樣和視地平不同。我們也說過在海上，視地平與真地平差不多是合一的，（看第一章第二節）。但因為有着叫作地平俯角的東西，這個合一不是完全的。其實是海平在真地平下，其程度因眼睛離牠表面的高下而定的。幾何學使我們能決算出眼睛在任何高度時的地平俯角。一個粗草面可以用在多種目的上的現成的定律就是：眼睛高度尺數的平方根等於地平俯角的圓弧分數，（或角度）。讀者當即刻看出地平的傾斜，是地球的球形必然的結果。

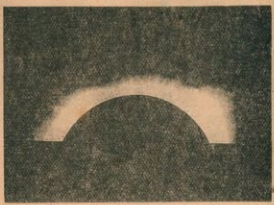
第十六圖 地平俯角



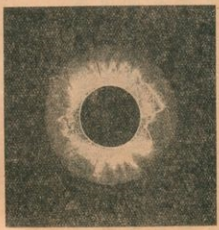
我們必須記住只是視地平彎曲而不是真地平。在A高度觀測者的視地平傾斜到地平平面之下，他能看到在彎曲表面上的a點。換句話說，他的天地分線是在a點上。在B高度觀測者的視地平更彎曲了，他能看到b點。假如在一個非常的高度上觀察，他能實際上看到地球的半圓，就如我們看見月的半圓一樣。

就是因為這個，所以一隻船在海上走去的時候，牠的船身先不見了，其次牠下部的帆，最後牠頂上

第十七圖 一八八九年日蝕之極流



第十八圖 一八七一年日蝕之日冕



的帆。用遠鏡對這點也不能有所改變；因為一個遠鏡只能看一條直線，不能使視線在地平的邊上彎曲。不過大氣的折光（或蒙氣差）(Atmospheric Refraction)，使我們能看見假如沒有空氣就必遮在地平下的物體。在由天文學生出的科學航海術中，這許多東西必得仔細計及的。

第六節 光行差 (Aberration)

對於光行差這個現象必須說一說。這是一個天體位置的視變；由於地球在軌道上的行動而生的。習慣上常利用的一個說明是：自己在急雨中，雨點從上面直落下來。這樣假如一個人站立不動，雨點將垂直地落在他的頭上；但假如他不拘方向的急急前進，他將覺得雨點打在臉上；因為他自己前進的行動與雨點向下的行動混合了，所以後者像是斜着他落下來。光從衆星落下來也是如此的。地球在軌道上前進中，像是去撞過光線，同時光線像是從飛進的地球前面某一個方向來的。結果是，既然我們看見星是在像是牠的光線所由來的這個方向，這個星看起來是在牠真位置的前面。（牠的真位置是：假如地球不動，我們看見牠的位置）。一個星之位置的變移多少是按

照着地球速度與光速度的比例。用整數來說，這個比例是一與十萬。地球的行動是在一個微微偏心的橢圓上，衆星每年也就以天爲背景描畫相同的，（但偏心率很小）許多橢圓。但每個橢圓的準確形狀是按照着各星在天球上的位置的。假如牠靠近一個黃道極，牠將描畫一個每年的橢圓，非常近於完全圓形，牠的較大的直徑只有弧度的四十一秒。假如牠靠近黃道平面，牠將描畫一個偏心率很大的橢圓。但雖然這較小的一根直徑可以是非常微小，這較大的一根直徑將永遠是四十一秒。

所有精細的，太陽或星的天文觀測中，光行差必須被計算在內。這可以由把天體的視位減到牠在牠每年橢圓的中心點的視位算出來。

第七節 時

沒有天文觀測，我們將不知道準確的時。時的測量基礎是地球在軸上的自轉。我們分地球需用作一整個自轉的周期爲二十四相等部分，或時這個周期（叫作「日」）的確定是全賴着星

的觀察。假設我們看見某個星在某時正確地在子午圈上；正在二十四小時之後，那個星繞天空走了一周，將再到這子午圈上來。轉動的天，是一切時鐘的大時鐘。這個大時鐘的行動，管轄所有的時鐘。我們知道不是天在動，而是地球自己轉。但爲便利起見，我們用這眼見的表面事實，替代真的事實。地球的自轉是這樣有規律，在兩千年中沒有找到甚麼能測量出的變化。也有理由使我們相信牠一定有一種很遲慢的，漸來的阻滯。主要的原因是潮汐的制動力量。但是牠太微渺了，我們現在尚不能用我們現有的方法找牠出來。

在第一章中已述明如何橫過子午圈在天上的一點叫作春分點。但是春分點的位置必須由觀察衆星來決定。用一個遠鏡，把牠裝置成只能上下繞着一個平放着的軸活動，這軸是正指向東西，好使這個遠鏡筒的上下活動是順着子午圈的。這樣，在任何高度的一個星經過子午圈的一點，時間可以觀察出來。這種性質的觀察，在各個政府設立的大天文臺中全是在繼續地作着。如在華盛頓與格林維池的，和在許多別的天文臺中。由他們時時改正時鐘與計時錶，給這整個世界一種時的標準。

不過有三個不同的計算時的方法，或像平常說的：三種時。一個是恆星時 (Sideral time) 牠是用衆星走過子午圈來指明的，牠也是測量了地球自轉的真周期。另一個是視太陽時 (Apparent solar time) 牠是用太陽走過子午圈來指明的。第三個是平太陽時 (Mean Solar time) 牠是用一個仔細配準的時鐘來指明的，而這時鐘的錯誤是用準確的星之觀測來改正。這最後一種時就是在日常生活中全世界通用的。(恆星時只用在天文學上)。所以這裏必須解釋明白牠是甚麼，並且牠如何合視太陽時不同。

第一點，恆星時不被普遍的應用，也不被專用的理由是：雖然用衆星的視動能測量地球自轉的真周期，牠不是準確地與太陽的視動相合。同時，自然的，既然太陽是地球上光亮的來源，也是白天與黑夜不同的原因，所以牠在各種普通目的上被用為時間進行的標準指示者。在太陽行經某地的子午圈時候，就是某地的日中或午。這事實是不能忽略，並人所共知的。在另一方面說，恆星時的「正午標」(Noon mark) 的春分點是合白天與黑夜的轉換無關係的；牠在子午圈上的時候，可以在午夜或日中。在時鐘與時錶製造完善之前，太陽經過子午圈的一瞬，是用一個針形日圭來

決定的。牠由一根直立的棍投射的影子長短來指示出午。因為看起來太陽在天空的路徑是一個弧形，從東面地平升起，當牠遇見子午圈時牠到了最高點；再下降到西面地平。所以很顯然地，當太陽在子午圈上的時候，（或在牠極高度的時候），這影子必是最短。日晷給我們視太陽時。但這跟恆星時不同。因為，由於地球繞太陽的行動，（如我們在第一章講過的），太陽每二十四小時約走一度。同時既然每一度等於四分的時間，太陽對星說每早晨上升的時候晚四分鐘。結果是牠每天來到子午圈的時間晚四分鐘。或者用另一說法，假設太陽與某一個星同時在子午圈上。這星在天空的位置是不動的，但太陽的不是；而且正相反，牠每二十四小時向東走的。

第十九圖 恆星時和太陽時



七〇

C是地球的中心，O是在地球表面的觀測者的位置。

假設在A處的太陽是跟S星相合。

那麼，在二十四恆星時的末尾，當地球在軸上自轉過一周，同時O點又回到跟這個星相合的位置的時候，太陽，由於牠在黃道中移動的結果，將前運到B點，而地球在O點趕上太陽完成一個太陽日之前，將轉過A C B角；因為這個，太陽日是比恆星日長。

約一度。（與地球自轉的方向相同）其次在二十四恆星時的終了，當地球的自轉使這星回到子午圈上的時候，太陽因牠行動的影響，當仍然在東面距子午圈一度，地球必須再用四分鐘的時間，在空間轉過一度，才能使太陽再回到子午圈上。太陽在二十四小時所走動的真實距離是比一度微少一點，子午圈所需以趕到牠的準確時間是三分又五十六·五五五秒。所以恆星日（二十四點鐘的周期）是差不多比太陽日短了四分鐘。

那麼，我們覺得用太陽作一個引導，再用二十四小時分牠繼續兩次經過子午圈的時間，不用顧到星，應該有一種完全的時間測候。換句話說，這個表面的太陽時對一般目的將能使之滿意。但不幸的是太陽向東的視動是不規則的。牠有時比平均大一點，有時小一點。這變異差不多完全根原於：第一，地球的軌道不是一個完全圓圈，所以在靠近日點的時候走動得快點，靠遠日點的時候慢點。第二，黃道向赤道傾斜的影響，在結果上，又用了另一種時叫作平太陽時。在這裏，你想像一個假的太陽，在黃道中用完全規律來走動，於是這個差異就可以免去了。所有的平常時鐘都是做成跟着這個虛構的（或說平均的）太陽走。這結果是時鐘的時間不是完全合於日圭的時間。日圭

第二十圖 一九〇八年十月十五日之 Morehouse 彗星



第二十一圖 一九〇八年十一月十五日之 Morehouse 彗星



的時間也就是視太陽時。時鐘在一年內有時是在真太陽時之前，在另外時間內是在其後的。這差

異叫作時差 (Equation of time)。一年中有四次時差是零，就是說：那四次在時鐘與太陽間沒有差異。這些次數是在四月十五日，六月十四日，九月一日，合十二月二十日。一年中有四次時差是最大的。就是在二月十一日，太陽在時鐘後十四分二十七秒；五月十四日，太陽在時鐘前三分四十九秒；七月十六日，太陽在時鐘後六分十六秒；合十一月二日，太陽在時鐘前十六分十八秒。這些日期與差數，一年年只有很微的改變。

但無論我們用甚麼幾種時間的測算，星的觀測是改正錯誤的方法。

第八節 日與夜

地球在軸軸上一轉所需的周期二十四小時，叫作一日。在天文學的計算上，軸被認為一個分開的整體。時間一直不停地從 0 到二十四；但是大自然把這個周期分成兩個明顯的部分，一個的特點是有太陽，一個是沒有。普通我們說這有陽光的一部分是日，另外一部分是夜。在自然中沒有任何其他兩個有關連的現象是比這個更完全地互相對照。日與夜對照的原因即是對只有一

點思想的原始人也必定是很明顯了。他們看見無論何時太陽一升到地平上，白晝就一定開始，同時在牠落到地平下之後，白晝就同樣地一定將止。在各種文學作品上，富於想像的作家們，曾描畫出原始人第一次看見太陽消失後黑夜起頭時的絕望；與他們第一次看見太陽上升後，帶回白晝來時的喜樂。即使這種無知識的腦子，也決不能對太陽與白晝的因果關係有所懷疑。

我們現在知道太陽更迭地上升與下落和牠在天空中視動的原因，是地球的自轉。在我們腦中先作一幅地球是曬在太陽光下的一個轉動的球體，我們就能明白當牠的一半是黑暗的時候，另一半必定是被照亮的。我們也能看出牠的自轉，使這兩半慢慢地互換位置。這樣，白晝的光在二十四小時中完全走過地球一次。假如地球不是被大氣包圍着，牠的整整一半當是在日光中，整整另一半當是在黑暗中。但大氣使日光照亮的一半微微超過不照亮的一半。這原因是兩重的：第一，因為透明的，並且在地球上伸展到相當高度的大氣，在太陽已落到地平線下之後，仍然接受到太陽的光線。這些光線在太陽跑到地面下之後，使天空有一種微淡的照耀。第二，因為空氣有折光的性質，所以太陽在牠實際升上來之前與落下去之後，看起來都有一點時候在地平之上的。這個

在一天的起始與終了，的微淡照耀，叫作曙光。薄暮，牠的原因是在地上相當高度處，空氣中光線的曲折。許多觀測告訴我們，薄暮在太陽已落到西面地平下十八度後才消滅，曙光在太陽尚在最近牠的地平下十八度的時候就開始。薄暮或曙光所佔的時間之長短，是根據觀測者在地球上的位置，並且距赤道愈遠，牠也愈長。在任何地點的薄暮或曙光之長短，也是因四季而異的。

讀者大概已經想到，既然日合夜是不停地繞地球互相追逐，爲要保持每星期內日子有規則的繼續進行，就必得要選出一個起點。當我們迴想到在一個地方的日出，是另一面居在繞地球一半的位置那地方的日落時候，這個需要就顯明了。要明白這個或者先來思考各地午的現象較易一點。當太陽在某地的子午圈上，就是那地方的午。但我們已知道每地方有牠自己的子午圈；所以既然太陽不能同時在兩地方的子午圈上，每另一個地方（東西計算，因爲互相正在南面或正在北面的各地自然是在同一的子午圈上），必定有牠自己的地方午。既然看起來太陽是繞地球由東向西走，牠將到達我們東邊某地的子午圈在到達我們的之先。同樣牠將到達我們的子午圈在到達我們西邊某地的子午圈之先。所以，格林維池的午，在紐約是大約上午七點鐘，或午前五小時。

因爲這向西繞地球表面，從格林維池到紐約的角距，用整數表示出來是七十五度。這數跟五點鐘的度數相合，這裏每小時是十五度。同時，在格什米爾將是下午五點鐘，或午後五小時，因爲格什米爾距格林維池東面七十五度。這就是說，太陽經過格什米爾的子午圈在牠經過格林維池的子午圈五點鐘之前。同樣牠經過格林維池的子午圈在牠到紐約的子午圈五點鐘之前。在居在地球圓面正一半的地方，就是格林維池東或西一百八十度，當格林維池是日中或午的時候，在那地方是夜半。現在讓我們來少少思考這一點。

習慣上一天的名子是在夜半改換了的。這樣在夜半的一瞬時，無論甚麼地方星期一都代替了星期日。那麼，假設當我們有一次看見太陽在格林維池的子午圈上的時候，是在星期日。那樣，星期日在格林維池的年歲是十二小時（姑且這樣說）；因爲牠在前一個夜半的時候已在那裏開始了。這星期日在紐約的年歲是七小時（牠也是在前一個夜半開始的）。在加利福尼亞，位置比紐約還往西四十五度（或三點鐘），星期日的年歲將只有四點鐘；因爲只是那地方夜半後四點鐘。走過太平洋，直至我們到格林維池西一百八十度或十二點鐘的地方。在那裏，顯然地，星期日將

第二十二圖 日的變遷



箭頭指示出地球轉動的方向（自西向東）。直接在太陽下面的地方永遠是午。叫這圓的頂是格林維治的星期日午；那樣在西面三十度的地方是星期日午前十點鐘，而東面三十度的地方是星期日午後兩點鐘，這樣數下去。正合午點相對的地方是夜半。普通由大家的同意我們在夜半改了一天和日期的名子。結果是，在圓底直線東面是星期日夜半，而其西面是星期一早晨。假如我們越過那條線向西前進，我們將是直接由星期日遇到星期一。假如我們越過線向東前進，我們將是直接由星期一遇到星期日。因為由歷來習慣，這是一條在地球表面的固定的線，所以無論是在一天的甚麼時候這同樣的改變必得發生。

是剛剛降生，在前面的星期六剛剛在夜半時終了。那麼，假如我們就踏過那一條一百八十度的線，我們將算是在那一天呢？不能是星期日，因為星期日剛才在線上起頭的。不能是星期六，因為那樣

將是往回頭倒數了。顯然地那必是星期一。讓我們來仔細看這一點。那是在格林維池的星期日午。我們現在繞地球不向西而向東走。在格林維池東九十度或六點鐘，我們看天是星期日午後六點。在格林維池東一百八十度或十二點鐘，我們看見天是星期日夜半；或換句話說，是星期一早晨。但在格林維池東一百八十度的線，跟格林維池西一百八十度的線相合，我們以前說明過。所以我們看出說由東向西踏過那條線的時候，我們是從星期日過到星期一的。話是對的。是在這條線上每一日消失之後，牠的接續的一日就佔了牠的位置。牠是這整個地球的「日界線」(Date Line)，由每個文明國家的同意而選出的，就如格林維池的子午圈是計算經度的共同起線一樣。牠完全在太平洋中，不接觸任何島嶼，就是為這原故牠才被選上。因為若是牠經過任何有人居住的土地，像歐洲或美洲，牠將引出無窮盡的混亂。在現在的位置上，牠只給航海的船長們很小的麻煩。假如一隻船向西經過這條線，這船長就把牠的航海日記跳前一天。比方，若是在星期三的午，在剛剛一過那條線到了那線東面，他立刻改為星期四。假如他是向東走，在經過這條線後，他掉回頭一天，從星期四午改到星期三午。理論上這條「日界線」是順着第一百八十根的子午圈；但事實上，為要避

開某幾羣島嶼，牠微微彎曲着，雖然是保持着由北到南的一個整個方向。

第二十三圖 一八六一年出現之大彗星之頭部



第二十四圖 一九一〇年五月五日之哈雷彗星



第九節 四季

我們現在再回憶在第一章說過的關於黃道（或說太陽在天空的視軌）向赤道的傾斜。因為這個傾斜，看起來太陽半年在赤道上面，另半年在赤道下面。當牠對在北半球居住的人說是在赤道下面的時候，對住在赤道南的人說是在赤道上面。反過來也一樣。這是因為在赤道平面相反的兩邊，觀測者從不同的觀點來看牠。由北半球的觀測者看來，天球赤道在天頂之南。由南半球的觀測者看來，牠在天頂之北。而在兩方面的觀察中，牠與天頂的距離因觀測者與赤道之距離而增加。假如他在地球的赤道上，天球赤道就一直穿過天頂。為便利起見，我們假設這個觀測者是在北半球某處。

讓我們從一年中太陽到春分點的時候起始。這是約在三月二十一日。太陽在那時是垂直於赤道上，白晝的光不間斷的由一極伸展到另一極。同時日與夜（不管曙光，薄暮，與折光），在整個地球上是一樣的長短。在無論甚麼地方都有約十二小時的白晝與十二小時的黑夜。這是天文春

的開始時光向前進，太陽在黃道中的行動把牠從春分點帶向東走，同時，因為黃道的傾斜，牠漸漸升到赤道的上面，一天一天的慢慢增加，牠在北面的赤緯，即刻日夜相等就停止了，在北半球，日慢慢比夜長一點了；同時在南半球，牠比夜短了。不但這個，因為這時太陽是在赤道北面，白晝的範圍不再同時伸張到地球的兩極。當北極在日光照耀之下的時候，南極是在繼續的黑暗中。

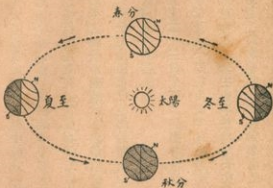
你能用一個懸起來的小地球，讓牠的軸對垂直線傾斜着二十三度半，再拿一盞燈順牠中部平面繞行一周來比喻這點道理。同時能對你自己解釋明白的，為甚麼日與夜相互的長短是改變的，為甚麼當太陽在一個地極上面的位置升高一點的時候，牠把另一個地極丟在黑暗中，在牠周圍只有兩點上，這燈能直接在這球的赤道上面。叫這兩點中之一個是春分點。那麼你將看出當燈直接在這個點之上的時候，牠的光從一極直照耀到另一極；但當牠繞這球往前進，於是就到了一個比這一點高的地方，那時候牠的光不再能達到底下的一極，雖然牠經過上面一極。

現在，讓燈就是這樣提高在赤道的上面；再使這球繞牠的軸轉動，你將覺得上半球的各地，在光亮中比在黑暗中長久；因為分開這球上面光照着與光不照着的兩半的平面，是向這球的軸傾

斜着。因這傾斜，從燈的方向看出去，這平面的位置是超越在球上面的極點。結果是在繞行的時間中，這球在赤道上面一半的表面，光照部分大於光不照的部分；同時在牠繞着軸轉動的時間中，在那個上半裏任何部分，（都合赤道平行的前進），在光照中比在黑暗中較為長久。你也將觀察到光亮與黑暗長短的比例在越近這個極點的地方越大，並且到了在極點周圍一定距離之內的時候，（和這燈的高度相同），牠就在繼續的光亮之中。——換句話說，在那地方與極點的距離中，沒有黑夜，只有白晝。同時你將覺得在下面一極的周圍也有這樣一個相似的地帶，在牠以內沒有白晝只有黑夜，並且在整個的下半球是黑夜比白晝長。正在赤道上，白晝與黑夜永遠是長短相等。

在實地作這實驗或研究一個圖解之前，你可以先費點力來把這一切清楚地擺在你的想像中。假如你試作這實驗，你可以不必把這球的軸傾成斜面而使牠直立着，同時再慢慢把這燈在繞過這球的路中，提高與降低，一會兒在赤道之上，一會兒又在赤道之下。

我們現在回來描述太陽實際的行動。在牠漸漸從赤道上升高了，不只白晝比較黑夜長，太陽的光線射在北半球上也更近於垂直。這結果是牠對土地與大氣的热量影響加強，溫度就增高。直



地球在這裏牠繞日軌道中的四個繼續點上表明。既然地軸在空間不能改變牠的方向（暫不提歲差的遲緩的影響）所以在每年中某時候，北極是傾向太陽；而在每年中另一正相對的時候，是傾離太陽。北極在夏至點達到牠最大的向日傾斜，那時候在白晝與黑夜中間的線之位置超越北極二十三度中，於是整個在北極圈內的地方都在不滅的日光中。那時在全北半球上白晝比黑夜長，但白晝在越近北極圈的地方越比黑夜長。過了北極圈太陽就繼續在地平上。在南半球的情形，正合這個相反。當地球前進到秋分點的時候，地軸也就不傾向也不傾離太陽。太陽那時是在赤道上垂直，整個地球上日與夜長短相等。當地球到冬至點的時候，北極是傾離太陽，同時這就是南半球的夏天了。到春分點的時候，地軸又不傾斜或向或離太陽，在各地又是日夜相等。只要少少研究一下這個圖解，你就能明白為甚麼在赤道上日與夜永遠是相等的長短。

至太陽到了牠最高的北赤緯，約在六月二十二日（當牠是在赤道北二十三度半的時候），天文夏就開始了。太陽在黃道上的進程中的這一點叫作夏至（看第一章第八節）。過了夏至之後，太陽又起始退向赤道去。有一個很短的時期牠的赤緯慢慢地減低，因為靠近至點的黃道路徑差不多是與赤道平行的。並且在這時候，北半球的溫度仍繼續增高，在夜間所消散的熱度比日裏從太陽接受來的少。這種情形繼續約有六星期，最大的夏日熱度是在七月末或八月初。那時太陽已經退向赤道去得很遠，而黑夜已經起始顯明的加長了。但在夏季前部中積聚的熱度已足夠用來平衡因太陽斜退而受的損失。

約在九月二十三日太陽又經過赤道，這次是在秋分點上，也就是天文秋的开始。在那以後，牠就一點點降低下去，（同時由南半球看起來是一點點升高）。直至約十二月二十二日，當牠到達牠的最大南赤緯，二十三度半，在指明天文冬起始的冬至上。這裏不需要說出來，南半球的冬季跟北半球的夏季時間是相合的，反過來也是一樣。從冬至太陽又向北走了。在三月二十一日再到春分點上來。

這樣我們知道，我們的四季交替完全是由於地軸不垂直而傾斜向黃道的平面。假如沒有這個傾斜，我們將有氣候，但沒有季節。除了赤道附近之外將沒有夏季的炎熱；而中部緯度要整年中全在一種緩和的溫度中。因為有折光的影響，永久的白晝將佔有兩極周圍的一個小地帶，太陽將永遠垂直於赤道之上。

還有兩件事實，是關於太陽在黃道中每年行動的影響，需要說明。其中一個是叫作回歸線的。這兩條線繞地球與赤道平行，但距赤道二十三度半。一條在南半球，另一條在北半球。北半球的一條，叫北回歸線；在天球上跟牠相合的圈穿過黃道宮中的巨蟹。在南半球的一條叫作南回歸線，在天球上跟牠相合的圈穿過摩羯座。兩個回歸線穿過兩個至點，同時指明太陽在最大南赤緯或北赤緯的時期，每日在天空的視路。那時期中，太陽垂直於兩回歸線之一。地球上在兩回歸線中間的部分叫作熱帶；因為在這裏太陽差不多永遠是垂直的，熱度非常之高。

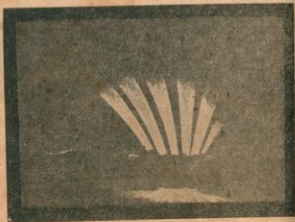
另一件要說明的事實是極圈。兩個圈是在距每極二十三度半的位置，就如兩條回歸線是在距赤道兩面與這相似的距離一樣。北半球的一個叫作北極圈；南半球的一個，南極圈。那兩個在極

圈與回歸線之間的部分，在南面的叫南溫帶；北面的，北溫帶。極圈畫出圍繞兩極的兩個區域的界限。太陽光在兩至點之一的時候，不落的照耀這兩區域之一。假如讀者回想那個球體與燈光的實驗，他將覺得這兩個圈跟那球體上兩極的圓形區域的邊界相合。當這燈被提升到牠在赤道上最大高度，或被降落到牠在赤道下最大距離的時候，這球上的兩極圓形區域是更迭的被帶入完全光照與完全黑暗之中。所以每一地極有六個月不夜的白晝，繼續着又是六個月的整個黑夜。當太陽在南或北的至點上，而在地球上極圈以外部分夜半的時候，牠只微微觸到南或北極圈內的地平。這就是著名的現象，叫作「半夜太陽」(Mid-night sun)。在南或北極圈內任何一點上，太陽在夜半的時候，走近地平，但不接觸牠。太陽的夜半高度，愈近極點愈加大。正在極點上看起來，太陽簡直就是每二十四小時內，在一個與地平平行的圈上繞行一周。由太陽每日行動的觀測，一個找尋地極的探險家在長長的極日中能決定他是否已經達到目的地。

讀者讀完這些描述之後，將留心到二十三度半這個角度出現的次數太多了。讀者必須記牢每一次這角度之出現都是由於相同的原因。就是地軸對黃道垂直線的傾斜。

現在必得說到一件很可注意的事實。雖然太陽起始在赤道北面從春分點走到秋分點，再在赤道南面從秋分點走到春分點的兩個「角距」是相同的，但牠每年行動中所佔於這兩個距離的「時間」是「不」相同的。從三月二十一日起數出到九月二十三日的日數，再從九月二十三日起數出到三月二十一日日的日數，你將知道在一個普通年（非閏年）中，這第一個期間比第二個長七天。換句話說，太陽在赤道上面比在赤道下面的時間長一星期。這個差異的原因是地球繞太陽的軌道不是一個完全圓，而是微長的橢圓。同時太陽不是在牠的中央，而是在這個橢圓的焦點之一。那一個焦

第二十六圖 一七四四年出現之六尾彗星



點距橢圓的一端比其他一個焦點近着三百萬哩。地球的這個橢圓形軌道使牠在約十二月三十一日的時候，（在冬至後不多幾天），距太陽所在的一個焦點最近，（或說地球在近日點）。再牠使地球約在六月一日的時候，（夏至後不多幾天），距太陽最遠（或說地球在遠日點）。這樣地球在一年中冬季一半，（這時太陽出現在赤道南面），比一年中夏季一半，（這時太陽出現在赤道北面），距太陽較近。引力定律告訴我們當地球距太陽近一點的時候，牠必定比牠距得遠一點的時候，在軌道上行動得快一點。所以太陽從春分點走向秋分點所用的時間，比從秋分點回到春分點長。

因為在北半球上一年的夏季一半比冬季一半較長，在南半球上的情形是正相反。在那裏冬季比夏季長。並且，南半球的冬季是遇在地球距太陽最遠的時候，這更使冬季的寒冽加強。有人曾想到圍繞南極那裏比較多量的冰或者就是由於南半球的冬季比較長久，比較嚴冽一點的原故。不過雖然南半球的夏是比較短，但實在比北半球的較熱。理論上這熱度必能使全年中溫度有平衡，可是實際上像是短而熱的夏季不够消滅冰的積累。

不過現在南北球上的一切情形將不繼續下去。在時間的進程中，將來要互相掉換的。讀者將回憶歲差使地軸緩緩地在空間搖動。現在地軸的北端是傾離地軌上的遠日點，而趨向日點。所以北半球的夏季遇到牠在軌道上較遠的部分，冬季遇到牠在較近的部分。但是地軸的搖動使牠從現在的位置向西每年移動五〇・二秒。而同時地軌道的位置也變遷了，（由於別的行星吸力的影響）。這變遷合稱為遠近點（Aphelion）歲差與遠近點的行動合起來生出一個每年六一・四五秒的公轉。這公轉在一萬零五百年後，對地軌道的主要直徑說，將完全使地軸現在的傾斜方向反過來。那時候北半球的夏季將遇到地球在近日點的時候，而冬季在遠日點的時候。那時候我們的冬季將是長而嚴冽的，夏季將是短而酷熱的。有人會想到在這樣情形之下，可以使我們這半球上一部再有一種如地質學上說的冰期。在南半球的一個冰期大概總是不如在北半球的嚴冽，因為地球的南半海洋比陸地多得太多。一個海洋氣候，比大陸氣候較為平均一點。

第十節 年曆與月

一年是地球必需的在軌道上繞日一周的時間。但是，因為時間有三種，或三種計算法，所以年也有三種或三種計算法。第一種是恆星年 (Sidereal Year)。雖然牠是如恆星時一樣的能計算某時間的真長短，牠可不適於普通用途。為了解恆星年的意義，你可以想像你自己是從太陽上看地球，再假設有一個時候，你看見地球合某一個恆星是正合，（即在同一位置）。當地球繞太陽轉行一周之後，牠再回到與那個恆星合的時候，牠是整整在軌道上公轉了一周。所用掉的時候，也就是一個恆星年。實用上，恆星年的長短是由觀察太陽在牠的繞天空週年視動中回到與某個指定的星合的位置而決定的。

第二種叫作回歸年 (Tropical Year)。牠是由測量太陽繞天空從一個與春分點的，合到下一個所用的周期而定的。這個周期少與第一種不同。原因是，歲差使春分點向西移動，就像要趕着去遇見在年動中的太陽。這使太陽在牠走完一個恆星年之前微微越過春分點。回歸年比恆星年約短二十分鐘。不過牠對普通用途是較為方便。因為我們是自然地吧年合季節的進行說在一起，同時我們已明白季節是以二分點為轉移的。

但是回歸年也不是一個完全使人滿意的時間計算法。因為牠所包括的日數不是一個整數。牠的長度是三百六十六日，五小時，四十八分，又四十六秒。就如發明平太陽時來避免視太陽時的不規則似的，照樣可在可能範圍之內，把回歸年所給的難處，用一個叫作公年 (Civil Year) 或曆年 (Calendar Year) 的來去掉。曆年的平均長度差不多合回歸年相等。這使我們想起如一個政治條約樣的充滿着互讓的曆。但這是沒有法想。因為自然沒有看出使一日成爲一年的一個完整分數的必要。或換句話說，使日與年成爲可分量的時間。

因爲沒有很大的空白地方，所以不用去述說曆所曾受過的改革的歷史。我們可以簡單的說，我們今日所用的曆之基礎是儒略西撒 (Julius Caesar) 用希臘天文家沙西普諾 (Sosigenes) 的助力所創出的。這叫作儒略曆，牠現在的改造樣子叫格里曆。西撒假定三百六十五天又四分之

一是一年的真長短。同時爲要把那四分之一天去掉，西撒又命令把那四分之一天在每四年中的一

三年內都不計算。在第四年中，那四個四分之一天加起來，成爲另外的一整天，加在那一年中。這樣

一來，尋常的年都是三百六十五日，每第四年有三百六十六日。這第四年叫作閏年。牠與我們現在

的閏年相同。尋常年與閏年的日數全是分開在十二個月中，很像我們現在的分法。

但西撒所假定的三百六十五日又四分之一算一年的長度是錯誤的，這數比真的回歸年長了十一分又十四秒。在十六世紀的時候，這個錯誤就已累積到很利害的程度，各月跟習慣上相連的季節完全不附合了。結果，由天文家克來夫莪（Clavius）的助力，教皇格來格理十三世（Gregory XIII）加了一點微小的改革在儒略曆上。棄去了所累積的日數，再用一個新的起始，改變了閏年的規律。就是「凡各年中除了世紀年之外（如一千八百年，一千九百年，等等）日數能用四除淨的就是閏年。除日數能用四百除淨的世紀年都不是閏年，若是閏年就必能由四百除淨」。這就是現在流傳的規律。雖然在一九一年已經有過很正式的，對於作一種新的改正的討論。但格理曆實在與完全正確差得太少。只是在每三千年的長時期中，牠所決定的年的長度合真的回歸年才能有一天的差異。

日曆的改革這個題目是很有興趣的，但和決定基督復活節的規律算在一起，牠的討論必得放在範圍較廣大點的天文書中。

這裏必得再提到還有的的一種時間計算法。這是依着一個天體的行動而決定的。這就是月，或說是太陰繞地球轉行一周所需的時間。這裏我們遇到同樣困難，因為月合年也是不能除淨的。那麼，月的長度也是因計算牠的方法而改變。我們看見，第一，太陰的周天 (sidereal revolution) 這是用太陰所需以繞地球從一個與某星合點到第二次的時間來算定的。這就是，平均地說，二十七天，七小時，四十三分，又十二秒。其次我們知道太陰的會合周 (Synodic revolution) 這是用太陰從新月再轉到同一位象所需的時間來算定的。這個像是最自然的計算月的方法。因為太陰的位象變換是牠最顯明的特點。(這些將在第三章中解釋到)。這樣所量得的月之長度，平均是二十九天，十二小時，四十四分，又三秒。按朔望月 (Synodic month)，所以比恆星月 (Sidereal month) 長得很多的原因是，新月只能在太陰與太陽合的時候發生。那就是說，正在地球與太陽之間，而在兩個新月中間的時期，太陽向前進，於是在第二個合的時候，太陰必須多走一點才趕上太陽。我們也要看到兩種月的計算全是用的平均數字。這是因為太陰的行動不十分有規律，一部分起源於牠軌道的偏心率，一部分起源於太陽吸力的影響。月亮周天的長短可以相差到三小時，牠會合周

的可以相差到十三小時。

但是，無論我們用月的那一種計算，月合年不能除淨。這就是說：在一年中，沒有一個整的月數。在古代有過種種不斷的努力，想把月配合在年的計算上。但我們實際上已棄去這種想望，在我們的曆中，按太陰的月可以任意變更位置，普通的月全是有定日數的周期，跟太陰的行動沒有關係。

有人曾想到，從記不清的遠古留傳下來的叫作一星期的這個周期，或者是由月的行動生出來的。因為事實是從新月到上弦，再從上弦到望月，等等的時間差不多都是七天的。但星期也是和不調和的「時間大家庭」中牠的姊妹們一樣難辦。人類智力下，大概沒有再比發明一個能把日、星期、月和年配合到一種最高度諧和的計算系統再難的問題。

第三章 太陽系

第一節 太陽

太陽系是指太陽合繞着牠轉動的這一羣天體（行星，小行星，彗星與流星）而言。太陽是一個恆星。由這裏我們可以想到任何別的一個恆星也許都是一羣天體的統制者。其實，我們知道有幾個恆星是有着非常大的黑暗天體繞着牠們轉動。這些黑暗的天體可以說是巨大的行星。太陽所以是太陽系中別的天體繞着轉動的共同中心的原因，是牠的體積（或物質的量），比牠們合在一起的數量還大得多；同時，一個物體用牠的吸力使另一物質動作的力量，是依賴着牠的體積的。假如一個大的物體和一個小的物體互相吸引，兩個全要動。但這個小物體的動，將比這大物體的動差得太多。比起來大的像是固定不動，而只是小的動似的。那麼，假如這小的物體原來有一個

第二十七圖 大熊座之旋渦星雲



天文漫談

第二十八圖 獵犬座之旋渦星雲



九六

行動，其方向是橫過大的物體行動的方向的。這連合的結果，將使這小的物體在一個繞着這個大的物體的軌道上轉動（這軌道按照牠原來行動的方向與速度而成微微的橢圓）。假如這體積的不同是太大了，這大的物體將當其完全不動。這就是太陽合牠的行星的實際情形。太陽比地球

的體積大過三十三萬二千倍（或說比地球的重量超過三十三萬二千倍），牠比牠最大的行星木星也大過一千倍有餘。牠比最大的彗星大過幾百萬倍。結果是所有的這許多天體繞着太陽，在各種不同偏心率軌道上走，而太陽自己實際是不動的；只是少少向這一面或那一面移動一點，像一個獵人用一條索牽着牠的狗一樣情形。

太陽距地球的距離（約九千三百萬哩），已經用一種方法測算出來。這方法在下一節內，簡單地解釋到。知道了牠的距離之後，就容易計算牠的大小。因為各種物體的視直徑是直接因牠們的距離不同而改變的。這樣所算出的，太陽直徑約有八十六萬六千四百哩，約當地球直徑一百二十倍。圈圖的說，牠比地球大一百三十萬倍。但牠的體積（或物質的量），只有地球的三十三萬二千倍。因為牠的平均密度只有地球的四分之一。這原因是，地球是一個凝固的，堅硬的物體，而太陽是由氣體所組成的物體（雖然是在一種很壓緊的狀態下）。是太陽裏的高溫度使他在這樣狀態下。牠的溫度曾經算出約華氏一萬六千度；但各種推算中有着很大的差異。不過無論如何牠是這樣熱，大半我們所知道的難溶解的物質，若是移到太陽上去，將成爲氣體狀態。地球從太陽所接

受到熱度，只能用熱度的機械效力表示出來。在工程上熱度的單位是加路里 (Calorie)。牠的意思是指把一啓羅格蘭姆的水 (二·二磅) 之溫度升高攝氏一度 (華氏一·八度) 所需的熱量。各種觀測告訴我們：太陽給地球表面每平方米突 (約一·二平方碼) 每分鐘的熱力，是三十個這種加路里。大概沒有比楊教授 (Prof. Young) 的述說再好的，對於這個意思的實例證明。他說：「每年地球表面每平方呎所接受的熱力，若是在一個完善的熱力機械上，能把一百噸的東西舉高到一哩的高度」或者再拿陶得教授 (Prof. Todd) 對日光機械力量的例證說：「假如我們量出一塊五呎平方的地方，當日光直接落在牠上面，就等於一個馬力」。天文學家們平常用「小加路里」 (Small calories) 來計算太陽的定數。牠不過有工程師用的加路里的千分之一。最近的斯密史尼安研究所 (Smithsonian Institution) 的觀測結果，得出太陽定數每平方生的米突，每秒鐘約有這種小加路里的一·九五。大氣的吸收力必減去牠的力約百分之三十。

熱力和引力與光相同，因距離的平方而相反的改變牠的強度。所以，假如地球距太陽比現在近兩倍，牠要受到有現在四倍的熱力，與四倍的光。若牠距太陽比現在遠兩倍，牠要受到只有現在

四分之一的熱力。這個告訴我們，一個行星距太陽不能太近也不能太遠。這一件事是多麼重要！假如地球被帶到距太陽二十五萬哩的地方，牠要變成氣體。

太陽在一個對黃道平面垂直線傾側約七度半的軸上自轉。牠自轉的平均周期約二十五日又三分之一。——我們說「平均」，因為，太陽既然不是一個凝固的物體，所以牠的各部分轉動的速度不同。牠的赤道部分轉動得快一點，在近兩極各部的速度就漸漸減小。在赤道部分的自轉周期約二十五日，而在赤道南或北四十度的地方約二十七日。牠自轉的方向與地球的相同。

太陽的表面，從遠鏡中看起來，常常像是有些斑點。這些斑點是黑色，或暗色，常常有着不規則的形狀。雖然有許多是

第二十九圖

天鵝座之彎曲星雲(N. G. C. 6992)



圓形的。普通牠們是一羣羣地出現，向着太陽自轉的方向出來。有幾羣遮蓋着幾百萬平方哩的面積。即使如此，因為太陽是太大了，牠們由肉眼看起來，（用一付黑眼鏡保護着），只是小小的在牠表面的黑子。太陽黑子（Sun-spots）的中央是最黑暗部分。普通在黑子的邊緣表面像是有點凸起的。常常，在許多大的太陽黑子中，有着非常大而光耀的凸起，伸展在黑暗的中間部分之上。同時其中的許多伸長了成爲光線的橋梁，顯然地跨過下面的深穴。形狀與排列的改變常常發生。很少用遠鏡所能看到的物體，能比一個太陽黑子再可觀的。

這些黑子不是永遠有相等的數目。在某幾年中只看見有很少幾個，這幾個又是很小的。我們已經知道牠們的發生是有周期的，平均從最多到最少約十一年。不過這周期的長短是不規則的。我們也觀測出，當一個新周期中第一黑子出現的時候，牠們平常是在赤道或南或北三十度的地方最初看見。在這個周期漸漸前進，這些黑子的大小漸增加，而最後一些黑子是在很靠近赤道的任一面。每個黑子的時間長短是不同的。有的只延長一天或兩天。有的繼續許多星期。——有時被太陽的自轉帶出視線之外，再從另一面帶回來。

在黑子羣附近的太陽表面，常常遮蓋着彎曲的，光耀的線條，合大塊的面積，叫作光斑 (Faculae) 這許多是太陽最光亮的部分，也像是比太陽一般的平面高似的。

現在的世界，對太陽黑子的成因合性質尚不大知道。一千九百零八年，黑而，喬治教授 (George E. Hale) 用一種叫作太陽分光攝影儀的儀器指出太陽黑子大概起因於迴旋暴風。這些迴旋暴風在太陽黑子中生出很強的磁場。這儀器能從整個太陽圓面的放射光線中探出某種原質所特有的光線。這樣在把太陽攝影時可以只用那一種光。黑而教授說這個現象可以認為是在地球上的一個颶風或龍吸水。這旋轉的圓筒上部變成漸闊，把下面的氣體帶向上去。在這颶風的中央，由高速度的旋轉生出一種膨脹，這膨脹使氣體變涼，所以使外面顯成一種比較黑暗的雲狀，就是我們所看見的太陽黑子。在太陽赤道兩面的迴旋暴風，向相反的方向旋轉，這樣牠們也是按着地球上旋風旋轉方向的定律。

很多時代以前，人類就注意到是否太陽表面由黑子所生的各種情形對地球上的氣象學有影響。現在人類已經知道太陽黑子的周期很跟地球磁力的周期之改變相合。並且在太陽上的巨

大爆發，常常接着就在地球上生出激烈的磁暴，和很燦爛的北極光。

太陽無疑地同時也對地球除了我們所熟知的幾種稱為引力、光、與熱之外有着他種影響。但這些其他影響的性質還未能完全明了。

太陽燦爛的白色表面叫作光球 (Photosphere)。牠是一個由非常熱的雲所成的殼，包含着在太陽中完全成為氣體的物質。在光球上還有一層包皮，推算起來，約有五千至一萬哩那樣厚，叫作色球 (Chromosphere)。牠大部含有氫氣與氦氣。當一個全蝕的時候看牠——那時太陽的圓球遮蔽在月之後——牠是一種燦爛的深紅色。在這層以上常常看見美麗的紅色火焰樣的物體，叫作日珥 (prominences)。牠們有兩種——一種是雲形，一種像穗形，或上部散開的樹形——但平常牠們的形狀是變幻無定的。第二種，所謂爆發日珥 (Eruptive prominences) 有着高速度離開太陽表面的行動，就像牠們是含着由噴放而射出來的物質似的。有時候看見這許多物質伸展到幾十萬哩的高度，其速度是每分鐘二百或三百哩。

太陽還有一層形狀不定的包皮——日冕 (Corona)。這個顯然含有很稀少的氣體，牠的特異

成是地球上所沒有的物質，叫作冕 (Coronium)。日冕的形狀是一個發光的圓輪，在全蝕的時候圍繞着看不見的太陽。牠常是向上伸展到幾百萬哩。牠的形狀是按着太陽黑子的周期而改變。在太陽黑子最多的時候，牠的形狀與在太陽黑子最少的时候不同。關於日冕有許多東西暗示着電與磁力的動作。日冕雖然是顯明地永遠存在着，但在一個全蝕的幾分鐘中，太陽完全被遮蔽的時候之外，永遠不能看見。這是因為當觀測者周圍的大氣被直接太陽光線照耀着的時候，牠的光不夠強到使人看見。

第二節 視差 (Parallax)

現在我們再回到太陽距地球的距離這個問題。我們要在分開的一節中講述的原因是：這樣才能够在一個單獨的觀察中，完全說明測算天體距離的一切。所有這樣測算的共同基礎，就是視差。這個可以解釋作一個物體從兩不同地點交互的觀察起來，其方向的差異。要找最簡單的，視差的例，可以看一個物體，先用一隻眼，再用另一隻眼，而同時不改變頭部的位。假設你坐在一個窗

子的前面，從窗裏你可以看見在街對面房屋的牆壁。選擇窗格中的一個直立的木杆，把左眼闔上，用右眼看這木杆，同時注意牠像是投射在牆壁上。再把右眼闔上，左眼張開，你將看見這木杆投射的地位已向右移動了。這個方向的改變是起因於視差，牠的多少因兩眼間的距離合窗子與觀測者間的距離而不同的。要明白這原理如何被天文家所應用，讓我們假設我們要來決定月的距離。月的距離是這樣大，兩眼間的距離比起來成爲無限小。所以很顯然地用兩眼交互地看牠，不能在牠的方向上生出視差的變化。但在地球上兩個距離很遠的地點來觀察，我們能得一個改變月位置的視差，這視差很容易測量出來。

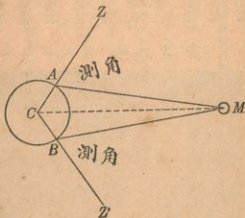
假設一個觀測地點在北半球，另一地點在南半球，這兩個地點相距幾千哩。這兩個觀測者可以比作一個巨大頭顱的兩眼，每人在一個能量出的不同位置看見月。假如在北邊的觀測者很細心的確定了月合天頂間的角距。在南邊的觀測者也這樣找出月合他的天頂間的角距。就像在第三十圖中的樣子，他們能够由連合的測量造出一個四邊形ACBM，牠的各角全能由這兩個測量而確定。同時AC合BC兩邊的長度已經知道了，因爲牠們合地球半徑相等。有了這些材料，很

容易地用三角學的定理，就算出其他各邊的長度，和從地球中心到月的直線的長度。在所有的這種觀測中，兩觀測點間的距離叫作基線，牠是用起頭的已知距離。在這根基線兩端，指明方向的兩線所成的角度，也用測量來決定。

太陽的距離量太大

了，（約有月距離的四百倍）由地球上兩不同地點觀測牠所得的視差太小，不能準確的測量出來，所以必要把這方法改變一下。一個常用的這種改變，是依賴着金星（牠比地球距太陽近）常

第三十圖 月的視差



讓C點作地球中心，A合B點作兩個觀測者的地位，一在北半球，一在南半球。M作月。CAZ合CBZ'這兩條線指明天頂在A點與B點的方向。從一百八十度減去在A合B點量得的角度，就得這兩點上的兩內角。在C點的角等於A合B點的緯度之和，因為牠們是在赤道相反的兩面。有三個已知角，第四個，在M點，就很容易的由三百六十度裏減去牠們的和數而得。

在某幾個時候直接走過太陽表面的一個事實這叫作金星凌日 (Transit)。在凌日的時候，金星比太陽距地球約近三倍或四倍。所以從地球上兩個相距很遠的地方觀測起來，牠的視差之變位比太陽的大得多。第三十二圖指出天文學家怎樣利用這件事實。假設A合B是在地球上的相反兩點，但兩個都距赤道很近。金星在牠的軌道中前進掃過地球與太陽間，牠在剛觸到太陽的邊緣時候，很顯明的地球上A點比B點先看到。在A點的觀測者用非常的準確記下他看見金星剛接觸太陽那一煞那的時

第三十一圖 仙女座星雲



間。幾分鐘以後，在B點的觀測者將看見這同樣的現象，他也準確地記下這剛接觸的時間。那麼，既然由普通的觀測，我們知道金星在軌道中繞行一周所需的時間，我們就能用簡單的比例，由牠從V點到V'點所需的時間而計算出AS合BS兩線間的角距。換句話說，在S點上那角的大小。這角等於從地球直徑的兩端看起來，太陽的視差變位。知道了起頭的A與B的距離，我們就有了用以決算這三角中其他各線的工具。這樣太陽的距離就求出來了。這方法稱為代立勒法 (Delisle's method)。另有一個叫作哈來法 (Halley's method)。但在一個像這樣簡單的論文中，我們不能去描述他。在這裏只要知道兩種方法，都是依賴着這同樣的基本原理就够了。

不過還有一點，除了利用金星凌日來測算太陽距離的方法之外，也有別種方法。其中之一是根據觀測愛神星 (Eros)。這個小行星按期走近地球。牠到的最近的地方是金星永不會到過的。牠

第三十二圖 由金星凌日測算太陽的視差



(圖的解釋在上文出)

的視差能確定牠的距離。知道了那個，即刻能從那裏推算出太陽的距離。因為用刻白爾 (Kepler) 的第三條定律，(以後再講牠)，一切行星距太陽的相對距離是和牠們的公轉之周期成正比例的。所以，假如我們知道一個距離的哩數，我們就能計算所有其餘的。在這裏應該說明太陽視差的角距。因為這是一個常常在各天文書上面提到的一個數。依照最近，根據觀測愛神星而得的測算，太陽的視差是八·八〇七秒。這差不多等於九千二百八十萬哩。阿寶 (C. G. Abbot) 先生根據由許多種方法所得的連合結果，得出一個平均視差是八·七九六秒。這等於九千二百九十三萬哩。對找尋極端準確的天文學家，最微小的差異也是要緊的。這裏我們應該注意八·八〇七秒或八·七九六秒這些數字代表太陽視差的變位，不是從地球整個直徑的兩端看見的，只是從牠的半徑的兩端看見的。所以牠等於在圖三十二中 S 點的角之半。為計算方便起見，在這種情形中，天文家利用半徑，而不利用整個直徑作他的基線。

其次，應該來看星的距離。現在我們知道其中所包括的距離是太大了，地球的直徑或半徑竟是完全成爲一個不能用作測量的基線之距離數。若不是由地球每年繞太陽而使牠的位置改變，

我們要永遠不能知道星的距離。地球軌道的平均直徑約一萬八千六百萬哩。我們能利用這個絕大的距離來作一個計算一個星的視差之基線。假設，我們在一月一日觀測了天空上一個星的方向，再在六月一日觀測一次。在這中間的時日，地球從才說過的基線之一端走到另一端。除非所觀測的這個星是特別遠，把這兩個方向的觀測，細心一比較就能發現一個可辨別的視差。根據這視差，所觀測的星的距離就能推算出來。我們應該知道，假如所有的星距地球都是同樣遠，這個方法就必得失敗。因為那樣一來，將沒有可以觀察位置移動的「背景」，所有的星將一起移動。但是，其實大多數的星都是太遠，即使一條一萬八千六百萬哩的基線，也不够使他們的方向生一個能量得出的視差。我們只能測量比較近一點的星的距離。這衆多的其他的遠星，作牠們的背景，藉這背景看出牠們的位置移動，就像在前面實驗中，房子的牆與窗格的關係一樣。正如在計算太陽視差時候，選地球的半徑作基線；在計算星的視差的時候，地球軌道的半徑（九千三百萬哩）作這個基礎。用這方法來測量，人們找到最近的幾個星的視差是弧度中（或角度測量中）一秒的十分之一，或一百分之一。這樣所找到的半人馬一（已知的最近星）的視差約當 0.75 秒，等於約

曲折所有的由一個傾斜方向射入牠的光線在經過一個分光儀的兩個相對斜面時光線要曲折兩次，一次在射入，再一次在離開去。這是按着我們已提過的原理。（看第二章，第四節）。不過，若只是把光線曲折使牠不在原來的路徑，而沒有一個相連的叫作色散的現象，這一切將沒有甚麼重要的結果。要解釋色散的現象，我們必得再提起這一件熟知的事實。就是：白色的光包含着許多顏色成分；這許多混合起來成爲白色。平常都說這些基本色，或原色，是七種：紅，橙，黃，綠，青，藍，紫。物理學家們現在又作出另一種原色表；但既然以上的七種是普通熟知的，對我們的目的將非常有用。不必去解釋一些理由，只說明生出這些基本色的許多光波不是同樣受折光的影響就够了。在穿過分光儀的時候，紅色被折出原路的程度最小，紫色最大。其餘的色距紅色愈遠的，所受的曲折度也愈大。所以一條白色的光線射入一個分光儀，在牠穿過的時候分散成爲一個七種不同顏色的刷子。所以分光儀可以說是把光線分析成牠的基本顏色，使牠們能分開的看得見。這個從牛頓的時候就是一件科學事實。但牛頓不曾夢想到在分光儀裏的進一步的魔術。

一千八百零一年就有人注意到，當太陽光如我們所描述過的那樣分開之後，不只是這七種

原色出現，但橫過生出來的這條叫作光譜(Spectrum)的，絲帶樣光帶面上有許多條黑線，像是在這光帶上有許多狹窄的裂罅。這些線的位置，曾被一個德國天文家法郎霍伐(Fraunhofer)在一千八百十四年詳細研究過。這些線現在仍叫作法郎霍伐線(Fraunhofer line)。但直至一千八百五十八年，纔把牠們有一種完全的解釋，那時奇霍夫(Kirchhoff)用牠們創立了分光法的基礎。這個分光法是根據這件事實：法郎霍伐線能清楚地指明太陽裏某種物質的存在。要解釋這個，我們必得知道三個基本事實：

第一：每種固體或液體，有着混合白色的光的白熱物體，（若是牠包含着氣體，就必在高壓之下），牠的光若是用分光儀分散開，就成一個不斷的光帶或光譜。

第二：每個基本物質在氣體狀態中，並低壓之下，假若用熱力使牠成爲白熱，牠所生的光，當分散開之後，就成一個由分開的許多燦爛線條所成的不連續的光譜。同時每一原質有牠特殊的光譜線，不跟任何其他原質的線位置相合。

第三：假如使一個物體所生出的不斷的光譜穿過一種在低溫的氣體，這氣體將整個地吸收

那些牠自己光譜所組成的光波，而留下一組黑線，或裂罅，在這物體的光譜中。牠們是由氣體的吸收動作生出來的。這些黑線的數目與地位，指明氣體的性質。

要把這些原理應用在太陽上，我們只要記住太陽是一個氣體物質的球。太陽的偉大引力，使牠們受着最大的壓力。所以牠給我們一個不斷的光譜。但同時牠是被一個氣體的外皮所包圍着。這外皮並不如牠內部的氣體那樣壓緊，也比牠內部的溫度低；因為合外面空間的冷氣接觸的原故。從太陽本體所發出來的光，一定要穿過這些層包皮。作成這些包皮的每種氣體都只從穿過日光吸收牠自己特殊的光線，結果是使太陽的光譜上面現出了許多黑線——法郎霍伐線。

這裏應該注意，法郎霍伐線所給的關於太陽成分的證據，嚴密地說，只能應用到這包圍內部球體的外面部分，或外面的許多氣體包皮。但既然我們確實地知道太陽的全體，不管內部的壓力，都是在一種氣體狀態中，既然我們看見牠的內部與外部是有着一種不斷的對流，所以下面這個結論是有理的：根本上在太陽中的所有部分是相同的許多原質，而在不相同的情形之下的。

由這方法，我們知道了太陽的成分，我們也知道牠是含着的基本原質跟在地球上所有的相

同，但是在那裏是一種氣體狀態。由牠們的特殊光譜線而在太陽中確實認明的原質是：鐵，鈣，鈉，鉻，銅，鋅，銀，鉛，鉀，鎳，錫，矽，鎂，鈷，氫，合其他，也在地球上有的，至少二十種。有幾種地球上物質如金與氧，在太陽中尚沒有確實地找到。但有各種理由使我們相信牠們在太陽中之存在。不過恐怕是牠們在那裏的狀態，很難或不能認出來。在地球上沒有發現氫以前，氫被認為是在太陽中的一個原質，是由牠所生的特殊光譜線與任何種已知物質的不同。那時牠曾被名爲「太陽金屬」。我們已經知道在太陽中至少有一種原質「氦」，照我們現在所知，是地球上所沒有的。同時也許那裏還有別種原質是地球上所沒有的。

同樣的分析法也可以應用在星上。無論牠們是如何遠，只要牠的光够產出一個光譜就行。用這方法，我們知道星的成分有點跟太陽的不同，星與星之間也互不相同。這樣會有人作成一個星的分類，也能够得出關於牠們相對年齡的決定。這是告訴我們：有的星比較太陽爲年青一點，有的老一點，還有的年齡或進化上已經是太老，牠們將近要熄滅了。有許多黑暗的天體在衆星中存在，這許多大概是完全熄滅了的太陽。在這題目上只讀了一點，就是按照流行的學說，地球有一時候

也是一個熱而發光的天體，在那時牠也能生出一種表現牠所含有物質的光譜。

第四節 月或太陰

地球是太陽的一個衛星，月是地球的一個衛星。太陽距地球的平均距離約九千三百萬哩，月的平均距離約二十三萬九千哩。月繞地的軌道之偏心率使這個距離能有三萬一千哩的變異。這是說，月有時距我們約二十五萬三千哩，有時只有二十二萬一千六百哩。月的直徑是二千一百六十三哩。牠的體大有地球的四十九分之一，但牠的體積是只有八十分之一，因為牠的平均密度只約有地球的十分之六。

月是在一個繞地球的軌道上走，但其實這軌道永遠是回向太陽。同時在地球與月一同繞太陽轉的時候，地球的攝動力使牠一時出現在一邊，一時又在另一邊。但我們在講月的軌道時候，可以認地球是牠力量的真中心，而太陽的吸力被認作是擾亂的成分。

按照一般承認為真的數學學說，（但我們在這裏不能去講牠。讀者可以看喬治·達爾文教授

(George Darwin)

的書「潮汐」(The

Tides) 或鮑爾教

授 (R. Ball) 的書

「時間與潮汐」

(Time and Tide)

月是在許多年前，因

潮汐磨擦力的結果，

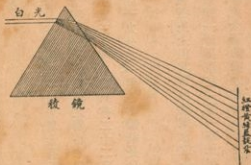
從地球投射出去的。

月在牠的軌道中，繞

地球走的時候，永遠

老是保持同一的向地球的一面，這件事實也是因為潮汐的影響。

第三十三圖 光譜分析法



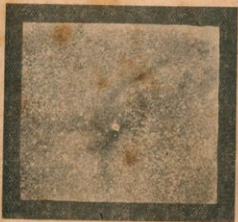
紅色光的路徑受分光儀的曲折最少，紫色最多。假如在分光儀與映出光譜的布幕中間，有任何一種氣體隔着，那氣體將從這穿過牠的有色光帶中準確的吸收，假如牠因熱而照耀所能生出的光波。牠不能從光譜中吸收去一個整條或一色，而只是一色或幾色的一小部分，這些缺少部分，在布幕上各部分顯成狹的黑線。這些線的數目與位置，因每種隔着的不同氣體而相異。假如同時有幾種氣體隔着，牠們將全從這光中吸收自己的特殊光帶，這樣這光譜上將橫着許多黑線。由牠們的助力，我們能知道生出牠們的各种氣體的特性。假使這些氣體是在白光進入分光儀之前的路上，——這個，其實是當太陽或一個星的光譜被觀測時的實際情形——在這光來到地球之前，吸收作用已在這個發光物體的表面發生了。

顯然地，月上沒有大氣；或即使牠有一點也是太稀薄而不能被確實的測察出來。在牠表面上看不見水。所以我們不能假定牠上面是有生物居住的，至少沒有我們地球上所知這樣的生命。但當用遠鏡觀測月，我們看見牠上面有比較平坦的大區域，有人想這就是古代的海底。牠們在拉丁文上仍被稱為 *Maria*，「海」。肉眼看見牠們是很大而不規則的灰色區域。我們看見月表面幾乎有三分之二是很亮的部分，這些部分是很零亂而多山的。多數的月上的山是普通的圓形，包圍着非常大的深淵，像是大窪穴。因為這個原因，牠們被叫作月的火山。但是，不必說牠們的巨大的體積——許多都是五十或六十哩闊——在許多方面牠們和地球上的火山不同。只要說明一點就夠了：就是那些像火山口的東西，不是如地球上的樣子的，地位在山的絕頂上，而是巨大的下陷的洞，沈到月的一般平面之下幾千呎。牠們的真來源我們不知道。但火山的噴放力生出牠們也是可能的。（要找一種帶照片的關於這許多巨大的月世界地質構成的描述，讀者可以看著者的書 *「月」* (The Moon)。這些圓形大山或窪形山之外，還有幾條大而高的月的山嶺，跟地球上的山脈很相像。

第三十四圖 仙王座星雲(H IV 76)



第三十五圖 金牛座星雲



關於月上有沒有空氣和水這件事實，有人以為在某時候牠們會存在過。但是，在許多年代間，漸漸消失了，或由一部分機械的，一部分化學的吸收而跑到內部的岩石裏去了。或由於月的引力

微小，像是不够永遠把持這種輕浮的氣體如氧，氫，和氮，而逃到廣大的空間裏去了。這使我們想到月在地表面上的吸引力。我們已經知道圓形物體當吸引的時候，像是牠全體都集聚在牠的中心一樣。月的體積只有地球的八分之一，所以對距兩者中心等遠地方的物體，月所加於牠的吸力只有地球的八分之一。但月的直徑是地球的四分之一多點，為整數起見，我們說牠是四分之一。結果是在月表面上的一個物體距吸力的中心是比在地球表面上的一個物體近四倍。既然吸力是與距離的平方成反比的，月對在地表面上物體的吸力，比較地球的要大十六倍。但地球吸力的全部量，比月的大八十倍。所以為要找出月對地表面的比較吸力我們必得用十六除八十，這得數五，表示地球對地表面的吸力合月對地表面的比例。換句話說，這計算告訴我們：月所加於在地表面上物體的吸力，只有這相同的一些物體在地球表面上所受的吸力的五分之一。所以同一體積的物體重量，在月上將只有在地球上的五分之一。

但是實際上的差別還比這個大，因為我們是用着整數。這樣就把地球合月相比的體積顯着大。假如我們用那指明月半徑與地球半徑之比例的分數，我們將看出同樣物體的重量在月上只

有在地球上的六分之一。有人會想到這種在月上重量的缺少，或者就是牠上面的寰形山之所以那樣大的原因。因為同樣的噴放力量，在那裏比在地球上能把火山物質射出的高得很多，遠得多。

月的微小吸力與牠把持大氣的能力的關係，可以由以下各點看出來。要計算出任何一個已知道牠體積的行星上面微小物質為逃開那行星的管束力所必需有的運行速度是可能的。在地球上，這個被稱為逃逸速率 (Critical velocity)。牠約每秒鐘七哩。在月上只要每秒鐘一哩半。現在動力論 (Kinetic theory) 告訴我們說：氣體的所有分子是在不斷的向各方飛散；飛散的速度，因這氣體的性質與溫度而不同的。氧最大的速度是每秒鐘一·八哩；氫七·四哩；氮二哩；水蒸氣，二·五哩。所以很顯然地球的吸力是足夠永遠把持住這裏氫以外的一切氣體。其實在大氣中也沒有氫，牠只是存在地球上與別種物質的混合物中。但構成大氣的主要部分的氧與氮的最大分子速率 (Molecular velocity)，比以上說過的急速律小得多了。不過在月中，緊急速率是比氧、氮和水蒸氣（完全不提氫）的分子速率小，所以月不能永久把持着牠們。我們說「永久」，因為牠

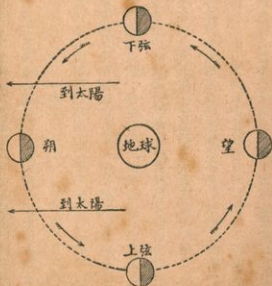
們或者曾被把持過一些時候。原故是一種氣體的分子是向各方面飛散。同時，在氣體中間部分各分子間不斷的發生衝撞。這樣只有在這氣體外部的分子散開。但是漸漸所有餘下不跟其他物質混合的要都跑去。

在月繞着地球前進的路程中，牠呈現着各種不同的樣子，慢慢地從一個轉到另一個。這些叫作位相 (Phases)。假如月是用牠自己的光照耀，牠的外形將總是圓的，像太陽一樣。牠外形的顯然改變是因為，第一：牠是一個不透明的球，反射太陽落在牠上面的光，所以必定是在任何一時候只有一半亮的。第二：在牠繞地球走的途中，被太陽照亮的一半有時候是直接向着我們，有時候只有一部分向着我們，更有時候完全不向着我們。當牠在地球與太陽之間的時候，月是轉牠的背向我們。照耀的一面自然是向着太陽。那時我們看不見牠。這個看不見的狀態是真的「新月」。不過習慣上都是把新月這名字給那個窄的鐮刀形的月；牠在真新月的日期後不多幾天出現在西方，太陽落後。在月漸離開太陽的時候，這鐮刀漸漸長大成爲一個半圓。這是發生在當月的位置是在天空合太陽成直角的時候，叫作上弦。上弦之後，月起始繞行到地球後面（對太陽說）。當牠到了正

在地球後面的時候，牠的整個照耀的一面是向着地球的，因為這時使牠照耀的太陽也是在這同一面。這個狀態叫作望月。

這以後月往回繞地軌道的另一部分，走向牠原來在地球與太陽中間的位置。在牠這樣走的時候，牠再先經過一個半圓的樣子，這次是叫作下弦。其次到一個鐮刀形，叫作「老月」，最後整個不見了，再變成新月。

第三十六圖 月的位相



在月順着箭頭所指的方向繞地球走的時候，太陽永遠是在左面，顯然地月的亮的一半在新月時候，是完全轉到不向着地球的，在望月的時候，是向着牠的，而在這兩位置之間的時候，月的樣子將按着牠合太陽有關係的方向而決定。

種完善而顯明的解釋，比任何描述都清楚的，可以用以下的方法得來。拿一個打擡球用的球，一個網球的球，或是一個完全圓的，光滑的，壓緊的白線球，同時你自己在距一個很明亮的燈不十分遠的地方，坐在一個能轉動的凳子上。擡高這球，讓牠被這燈光照着，再轉動這凳子使牠繞着你轉一周。當牠從一個在你與這燈之間的位置轉到與燈相對的方向，再轉回牠原來的位置的時候，你將看見牠照耀的一半經過各種

第三十七圖 人馬座星雲(M8)



月所呈現的形狀改變，你也就不再需要甚麼關於月的位相的解釋了。

「稷月」和「狩月」，不只是因為關於牠們的浪漫故事而被大眾所注意，也是因為在地球上有些地方，在太陽落後牠們成爲一種有用的繼續光亮。牠們只出現在將近秋分的時候，也永遠是望月，最近秋分點的日期（九月二十三日）的望月就是「稷月」，緊接着的一個望月就是「狩月」。牠們的特點是：有一連幾晚上，牠們差不多是在太陽剛落下的同一小時內升上來。這是因為在一年中，離開月軌不甚遠的黃道那時候是在高緯度，幾乎合地平平行。

冬季的望月在天空的高處，所以牠在冬天比在夏天亮一點。這原因是，既然望月是永遠正在太陽的對面，既然太陽在冬季是在赤道的南面低處，所以望月就按相當比例的升高。

第五節 日月蝕

我們已經提到過月合潮汐的關係。但還有一個月作主要角色的現象——就是蝕。有兩種蝕——日蝕和月蝕。在第一種內，月是蝕的原因，月遮蔽了太陽；在第二種內，月是被蝕的，牠穿過地球

在背太陽那一面投入空間的黑影。在兩種內，爲要有一個蝕，這三個天體，月，太陽和地球必定是差不多在一條穿過牠們中心的直線上。假如月的軌道是正在黃道或地軌道的平面上，每月將有兩次蝕（一次是日蝕，一次是月蝕），因爲月繞地球一周約需一月的時間。但其實，月的軌道是向那個平面傾斜着約五度多點的角度。但假如月橫過黃道平面的兩點（叫作交點）(Nodes) 是永遠和地球與太陽成直線，即使有五度的傾斜，每月也將有兩次蝕。不過實際上牠們不是這樣成直線的。所以假如月在她軌道距黃道平面上或下幾度部分的時候來到地球與太陽之間，顯然地她將走過連接地球與太陽中心的直線之上或下。結果她不能遮蔽太陽。但是，既然日月蝕是在某幾個月中發生，在另幾月中又不發生，我們斷定交點的地位是改變的，這也就是實際情形。太陽與地球兩吸力衝突的結果使月軌道在空間搖動；這樣，月橫過黃道上的兩交點就不斷地改變牠們的位置。（不過月繞地的軌道可是永遠保持差不多相同的形狀，合不變的傾斜度數）。這個行動可以合歲差來比。

因爲這個，有時候月在經過牠的交點的時候，是合太陽成一直線的，有時不成。但是，因爲太陽

合月不僅僅是兩點而是現在我們視線中的兩個圓盤，每個約有半度的直徑。所以即使月不是正在地球與太陽的中心成一條直線，也可以有日蝕或月蝕發生。月的邊若遮在太陽上，而假如這兩個天體的中心距離是在一度以內，就是一個偏蝕。現在，月軌道向黃道的傾斜是只有五度多點。很顯然的，在順着這樣一個緩斜坡走近一個交點的時候，牠將常來到距黃道一度以內的地方，而同時還是距這個交點很遠的。所以，在月經過一個交點之前後，都有很長時間的日蝕發生。在這個交點的兩邊，日蝕可以在其中發生的距離，叫作日蝕限(Solar Eclipse Limit)，牠們每邊是十八度，一共是三十六度。在這限內太陽可以被全蝕，也可以被分蝕，這要按着月距這個交點的遠近而定。假如月是正在或很靠近交點上，這日蝕將是全蝕。

日蝕還有一種變異。在另一些情形之下，假如月是接近她距地球的最遠點，一個全蝕可以變成一個環蝕。我們已經描述過，因為她的軌道偏心率而生的她距離的改變。我們也說過這個軌道繞地球搖擺，使這兩個交點不斷地在黃道上改變牠們的位置。月軌道的這個行動，也使月的遠近點(Apsides)改變牠們的位置。但牠們改變的進行方向是合交點的正相反。就如同地球軌道的

遠近點的改變進行方向，是合歲差的正相反一樣。月的遠近點有時向東移動，有時向西。但總起來算，向東的移動是佔優勢的，這兩點每約九年半完成向東移動的一周。因為兩個交點和遠近點的移動的混合影響，月有時在她距地球最遠的時候，不偏不欹地經過太陽上面。有時這個情形也在她距地球最近的時候，或任何其他中間的距離上發生。假如她是在她軌道上距離近的部分，她的圓面正遮住太陽，這時的蝕是全蝕。假如牠是在最遠部分（既然物體的顯然大小是因距離愈大而愈小的），她的圓面不完全遮住太陽，後者的圓邊在月的周圍可以看得見。這叫作一個環蝕，因為太陽的像一個指環形的部分尚留在外面可以看見。

在一個日蝕中，月投向地球的黑影之闊度對這些現象的關係也是很要緊的。這闊度因太陽的距離而不同。因為月是陪伴着地球的，所以當地球在遠日點的時候，（那時牠距日的距離最大），月距太陽的平均距離也是最大。同時月影的長度在這種情形之下可以多到二十三萬六千哩。當帶着月的地球在近日點的時候，月影的長度可以少到二十二萬八千哩。這影的平均闊度約二十三萬二千哩。這差不多比月距地球的平均距離少七千哩。所以很顯然的，普通這個黑影都太短，到

不了地球。若不是月合地球間的距離常有改變，這黑影將永遠到不了地球，也將永遠沒有一個日蝕。當月距地球最近的時候，或說在近地點 (Perigee)，她的距離可以小到二十二萬一千六百哩。無論如何在近地點的時候，她距地球是够近得使她那黑影接觸地球的。

因為月的黑影即使是在最合適的情形之下也是在未接觸地球之前已經縮小到差不多只成一小點了，所以不用再說牠只能遮蔽地球表面上的一個很小區域。這區域的最大直徑不能超過一百六十七哩，但普通牠比這個小得多。假如地球合月全是不動的，這黑影將是一個圓形或橢圓形的在地球上的一個黑點。但因為月是不斷的在牠軌道上前進，同時地球也是不斷的繞地軸轉動，所以這個黑影平常是由西向東橫過地球。但牠的準確方向是因情形而異的，就像牠的速度之差異一樣。牠的速度永遠不能比每小時一千哩少。這還只是在赤道附近的情形。月向東走每小時約二千一百哩，而地球的表面用這同一方向轉動，速度是在赤道上約每小時一千哩。離開赤道就漸漸減少，直至兩極，速度等於零。就是這個地球的自轉與月的公轉兩種速度的差數，決定這黑影的速度。這個黑影在經過地球上某一點所能停留的最長時間是只有八分鐘；但平常這個數目

減少到一分，兩分，或三分鐘。真的暗影只在月完全遮蔽太陽圓面的時間存在。但在太陽圓面完全隱沒之前與後，看起來太陽被月遮蔽了一部分。這些部分的日蝕，在距那中心暗影所進行的路徑很遠的許多地方都可以看得見。只是在一個日全蝕的時間內，並且只是在這暗影的路徑內的一些地點才可以看見日冕。

在月蝕裏地球是居中的天體，牠的暗影投射在月上。日蝕只能發生在新月的時候，月蝕只能在望月的時候。地球的暗影比月的又長又闊，牠也總能接觸到月，所以這裏不用再去講到牠不同的長短。這暗影的闊度，或直徑，當月在距地球的平均距離時，約當五千七百哩。月可以經過這暗影的中部，或中部的一面，或只接觸牠的邊緣。當月走進這暗影很深而被完全遮住的時，是全蝕；不然就是分蝕。既然在月全蝕的時候，整個的月被這黑影所遮蔽了，很顯然是這樣的蝕不跟日蝕相同，能同時在地球上那時向月的各部分都看得見。換句話說，地球的暗影不只是橫過月圓面上成一個狹窄的路徑，而是把牠完全湮埋在底下。當月在這暗影的中部穿過，她可以完全隱沒在底下約兩小時之久。但月在這種時候，不是完全不見的，因為大氣繞在地球周圍曲折太陽光，把牠投射

在暗影上。假如在地球周圍的大氣偶而是含着許多濃雲的，將只有一點點光反射到暗影裏，那時月看起來就非常不清楚，或差不多完全不見。但這是很少的情形，普通被蝕的月，有一種黃銅色的光照耀着。

一個月蝕的發生也受限制日蝕的那許多條件相似的影響。月蝕限(Lunar eclipse limit)（或在交點兩面的距離，月蝕在這距離中發生）在兩邊都有九度半到十二度半的差異。

把各種不同的情形算在一起，我們知道每年內可以有七次蝕（不過這數目是稀有的）——兩次是月蝕，五次是日蝕。在一年中最少的蝕數是兩次，那樣將全是日蝕。再把各種太陽與月對地球而言所佔的不同位置加入，我們得到一個十八年十一天又八小時的週期。在這週期的末尾，兩種蝕全再起頭，順着牠們的前一個周期中的次序發生。這個叫作沙羅周期(Saros)——在二千六百年前卡爾第人 (Chaldeans) 已經知道牠了。（譯者古卡爾第亞在今美索不達米亞東北部。其民族對天文頗有研究）。

第六節 行星

我們曾有幾次提到在地球之外，還有七個別的主要行星，也是合地球順同一方向繞太陽轉。但是在各種不同的距離上。我們來把牠們，以距太陽遠近為次序每一個都說一說。

但第一還是把統制這些行星之行動的所謂「定律」者，簡單講解一下，比較好點。這些定律叫作刻卜爾行星行動定律 (Kepler's Law of Planetary Motion) 共有三條。要去表演牠們的真實，將使我們超越本書的範圍，所以我們只好用天文學家所承認的情形，把牠們提出來說一說。

第一條定律：每一個行星的軌道是一個橢圓，太陽在牠的兩交點之一。

第二條定律：在相等的時間內，一個行星的向徑 (Radiusvector) 掃過相等的面積。向徑的意思是指連接行星與太陽的直線。這條定律說：在行星繞太陽前進的時候，這條線在任何指定時間內（譬如說一天），所掃過的空間面積，是合牠在任何其他相等時間內所掃過的面積相等。假如

軌道是一個圓形，很顯的一看就知道這定律一定對，因為那樣太陽必定是在這圓的中心，不論這行星是在軌道上任何部分，半徑的長短永不會變。同時牠在一天所橫走過的面積，合牠在另一天所橫過的面積完全一樣。因為所有這些面積是整整相似並相等的三角形。但刻白爾發現當軌道是橢圓的時候，而行星又有一個時候比另一時候距太陽遠點（這是由於軌道的偏心率），這條定律也是對的。在一個指定時間內，因行星退離太陽而使這橫掃過的三角形面積之長度增加，牠的闊度就減少到剛剛能補足那個不然就得在掃過的不同面積間存在的差異。這定律發生的原

因是引力合距離的平方成反比例。

第三條定律：各行星的周期（就是牠們在軌道上公轉所需的時間），是和牠們距太陽的平均距離的立方成正比。最好是舉一個例來說明這一點。假設一個我們已知距離的行星的周期，當另一個我們不知距離的行星的周期之八分之一。那麼，刻白爾的第三律使我們能夠算出這第二個行星的距離。使一代表第一個行星的周期，八代表第二個的；同時再使一代表第一個的距離。這樣，因為我們所需要知道的只是這第二個的「相對」距離，從相對距離中，可以和第一個的距

離比較而很方便的演算出牠距離的哩數。所以，用這定律， $1^3 : 8^3 :: 1^6 : X^6$ （ X 代表未知數）。現在這就只是一個比例的問題，牠的中間二數相乘的積數，等於牠的兩端數相乘的積數。但 1^2 等於 1 ，也等於 1 ；所以 X^3 等於 8^2 ， X 等於 $\sqrt[3]{8^2}$ （平方八的立方根），就是四。這樣我們知道這第二個行星的距離一定是第一個的四倍。

刻卜爾的這第三條定律是用於確定新發現的行星的距離的。行星的周期是很容易由簡單的觀測而得。假如我們用測量而知道了任何一個行星的距離，我們能在觀測了所有的其他行星的周期之後而算出牠們的距離。這條定律也可以反用，就是：從距離可以算出周期。

我們現在一個個的提出各行星來。我們知道的距日最近的是水星，牠的平均距離是只有三千六百萬哩。但牠的軌道偏心率是這樣大，牠的距離在近日點時候是二千八百五十萬哩，而在遠日點的時候是四千三百五十萬哩。結果牠在軌道上的速度之變更很大。同樣變更的是牠由太陽所接受的光與熱力的量。平均牠接受的太陽光與熱力約當地球的六倍半。但在近日點的時候，牠所接受的約有遠日點的二倍半；同時牠從近日點走到遠日點所估的時間只有六星期，牠的全年

只等於我們的八十八天。因為牠距太陽比地球太近得多了，水星是除非在清晨或傍晚的天空上不能看得見，那時牠距太陽不遠。牠的直徑約三千哩，牠的體積尙不確實知道，因為我們不知道牠的平均密度。這個不知道的原因是水星沒有衛星。若一個行星有衛星，可以很容易由牠的直徑合牠的衛星在軌道上的速度混合起來算出牠的密度。有幾種理由使人相信水星的平均密度或者是很大的，大概有鉛或金屬的錄之密度那樣大。不知道牠的體積，我們不能確實的說出在水星上物體的重量如何。我們其實也不知道這個行星表面上的一切情形，在望遠鏡所看出的也很不詳細。但大多數人想像牠和月的表面很相像。還有一點水星也非常像月。我們已經說過月永遠把牠的一面對着地球，這跟牠在繞地球行一周才在牠的軸上轉一次是一樣的說法。水星也是這樣永遠把牠的一面對着太陽，在牠軌道上每公轉一周才在牠的軸上自轉一次。結果是，水星的一面是不斷的在太陽光下，而另一面是不斷的隱在黑暗中。不過在順着這兩面的邊緣必定有在每一個水星年中日出日落各一次的地方。這是因為牠的軌道的偏心率使牠在軌道上的速度變更，這速度變更使牠黑暗的半面有時一邊有時另一邊出來一點到太陽光線之中。（這同樣的情形也在

月上發生，不過是輕微點，因為牠的軌道的偏心率小，但也足夠使我們有一時可以看見繞月一面的一个小距離，在另一時可以看見繞牠相對的一面的一小距離。這個現象叫作天平動 (Libration)。水星上顯然有大氣，但關於其大氣的密度，我們一點不知道。

順着距太陽的遠近數第二個行星是金星。牠的平均距離是六千七百二十萬哩。很可注意的是金星的軌道偏心率非常小。牠距日的最大距離與最小距離的差異尚不足一百萬哩。金星的年或周期是我們的二百二十五天。因為牠距日近一點，所以牠接受的光與熱力約有地球所得的兩倍。在大小上金星很像地球，牠的直徑是七千七百十三哩，只比地球的直徑平均數差二百零五哩。牠的軸差不多是完全垂直於牠的軌道平面。牠的球體比地球是更完全的圓形，在兩極處的平扁度合赤道處的膨脹度都很小。雖然金星跟水星一樣也沒有衛星，牠的平均密度已經別種方法算出來，當地球密度的 0.87 。所以把這個跟測得的牠的直徑合起來就很容易算出牠的體積，和在牠表面上的吸力。這後者已知是約為地球吸力的 0.85 ，就是說，在地球上的一百磅重的東西，移到金星上就只重八十五磅了。牠所有的大氣是比理論上所能推測出的更密更廣——這大

概是因爲牠的成分合我們所知的大氣不同。已經推測過，牠的大氣約有我們的二倍那樣密，從航空學的觀點上看起來，這可以說是一個大的好處。但這個密而廣的大氣，因爲牠的反光太強烈，使遠鏡很難觀測牠。結果是我們不大知道這個行星表面的情形。

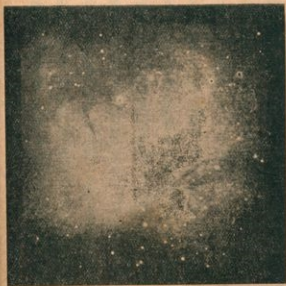
由這所生出的一个重要結果就是這個問題：是否金星在軸上自轉的速度如有幾個觀測者所想的也合地球一樣？或者如另幾個觀測者所想的以爲牠合水星一樣每繞日公轉一周才在軸上自轉一次？這問題對金星上是否能生命存在的重要是很顯明的，因爲假如牠把相同的一面永遠向日，那麼，牠的一面將永遠是白晝，另一面永遠是黑夜。在另一方面說，假如牠有合地球上差不多長的白晝與黑夜，我們很可以想到牠是適於合我們差不了很多的人類之生存。因爲在牠表面上的吸力比地球的只少一點，同時牠的厚密而充滿了雲的大氣，可以保護牠上面的生物不使受太陽所射出的太多熱力的影響。因爲金星的軌道是在地軌道之內，所以牠跟水星一樣，除了早晨合黃昏的天上不能看見。但爲了牠距太陽的距離實際上較遠，牠對牠在天空的顯然距離比水星的大。

由交互經過太陽地球之間，合繞行到太陽的對面的結果，這兩個行星都呈現像月似的位相。讀者可以仍用一個球合一盞燈作以前說過的那一個實驗來使你自己明瞭這一點。這一次觀測者應該坐在凳子上不動，而另一個人拿球繞這盞燈，使這球一來一往地經過這燈與觀測者之間，和繞行到這燈的對面。當金星來到差不多在地球與太陽之間成一直線的時候，牠成爲一個非常燦爛的在早晨或黃昏的一個天空上的對象，雖然在這種時候我們看見的是一個月牙形，只不過是牠照耀的一面之一部分。牠在這種時候的光亮增加，是由於牠距地球非常之近。當在地球與太陽之間，牠可以只距我們二千六百萬哩。金星合水星在正經過太陽合地球中間的時候，看起來是在太陽圓面上緩緩行過的小黑圈形。這現象叫作凌日；關於金星凌日，前面已經提過了。凌日的現象，水星比金星多，但水星凌日不能利用來作視差的觀測。最近的一個金星凌日發生在一八八二年，在二〇〇四年將再有一個。最近的水星凌日發生在一九〇七年，另一個在一九一四年。

按距離次序，地球是第三個，其次是平均距太陽一萬四千一百五十萬哩的火星。牠的軌道偏心率太大了，所以牠的距離差異是在一四八〇〇〇〇〇〇哩合一三五〇〇〇〇〇〇哩之間。牠

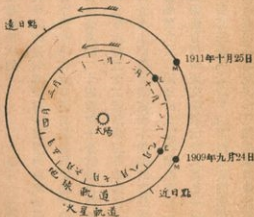
的年或周期約當我們的六百八十七天。因為距離的關係，火星所接到的光與熱力平均比地球所得的一半少一點。當牠和地球同在太陽的一面而差不多合牠們在一條直線上時候，牠的地位叫作衝。在這種時候，牠距地球最近。所以火星衝是用遠鏡觀測牠表面的好機會。這些衝約每七百八十天的時期發生一次，但不是每個衝都一樣重要，因為在不同的衝，這兩行星之間的距離不是相等的。距離不同的原因是這軌道的偏心率。假如火星在遠日點的時候發生衝，牠距地球的距離將約六千一百萬哩。但若當火星在近日點時候發

第三十八圖 獵戶座星雲



生衝，這距離將只有三千五百萬哩。在衝時的平均距離約四千八百五十萬哩。最便於觀測的衝總是發生在八月或九月，牠們是在每十五或十七年間發生一次。但在這其間的衝，牠的距離也不甚遠，仍可以得到牠表面的一個很清楚的景象。火星的直徑約四千三百三十哩，也合地球樣在兩極處扁平。牠的密度有地球的 0.71 ，

第三十九圖 火星和地球的軌道



一看這圖就知道爲甚麼發生在八月合九月的火星衝是最便觀測的，因爲火星在那時靠近牠的橢圓軌道的近日點，所以就比較距地球近。而在二月合三月所發生的衝是不便於觀測的，因爲那時火星靠近牠的近日點，所以距地球比較遠得多。順着軌道上便於觀測部分發生的衝約離開兩年另兩月。這樣，這個圖告訴我們，跟着一九〇九年九月二十四日的衝，是一九一一年十月二十五日的。

0.38 。在地球上重一百磅的物體，到火星上只有三十八磅。關於

牠的大氣的證據是互相衝突的。但大概牠有一種大氣，是和我們最高山峯上面大氣的密度差不多的。關於火星上水蒸氣的存在，也是互相衝突的。因為用遠鏡可以很清楚地看出牠表面上的一切，我們覺得在牠上面的大氣一定是稀薄無雲的。

在每一極的周圍，當火星向東轉動的時候，看起來有一個圓的白塊，（假定是雪）當夏季在這行星上漸盛的時候，這白塊就漸漸消失。——在火星上有合我們很相似的季节，不過牠們有地球上的兩倍長。火星的軸向軌道平面的傾斜，約二十四度五十分，這數目合地球軸的傾斜差不多。但這個，火星的自轉周是二十四小時，三十七分，二十二秒。所以連在牠表面上的白晝與黑夜的長短也是幾乎合地球的一樣。這行星的表面上刻畫着很寬而不規則的有各種相反顏色的區域，有的是微紅或微黃色，有的是灰暗色。牠顯然大致和地球的球體很類似，有着不同形狀的海洋。

爲了有許多火星合地球間的相似點，有幾多天文學家就想火星是一個適於生物的行星。剛說過的相對的區域，在以前會叫作「海洋」合「大陸」的。但現在人們都相信在火星上沒有大量的水。橫過這有光的或微紅的區域，有時可以看見許多互相交錯的線條，很狹窄，也不清楚，人給

牠們的名字是「運河」。有幾多空想的人就根據這個相信牠們是由人工造成的。同時造出一種理論，說這些所謂運河的東西是「灌溉帶」，是那裏居民工作的結果。贊成這個理論的人的辯護理由大約如下：火星是一個近於完全乾透了的行星，在牠上面所餘的大部分的水周期的封固在那兩極端的雪塊裏面。當這雪塊在夏季溶化了之後，（一時在一個半球，又一時在另一半球）所成的水是用許多非常小，在地球上看不出的運河，導向熱帶合赤道帶。這運河所灌溉的田就是那些狹窄的線條。這些線條的位置，是由各處的情形而決定的，也在各種方向互相交錯。在這些帶中，在牠們相交錯的地方，有的膨脹成圓形「肥田」。在這些帶中植物生長。植物的顏色使這些帶看起來成爲在火星表面上的暗色帶和塊。這些線條在一極的雪帽起始消失之後才慢慢出現。這件事是被引爲這個理論中非常強固的證明。曾有一種反駁，說這個灌溉理論中所提出的這種廣大工程實際上是不可可能的。但這理論的辯護者回答說：在火星上面比較小的重力不只是把牠上面所有物體的重量減輕不少，也能使各種動物長出一點點的身體，肌肉力也有相當的增加了。同樣也有一種辯護說：火星上的生物存在，大概比地球上的年代較遠，所以牠上面的生物大概已經發

展到了比我們現在所有的更完善的操縱自然的能力。許多天文學家反對這種空想。他們更進一步說這些叫作「運河」的線條，（同時必得承認，在許多大遠鏡中，只看見牠們中的幾條，或完全看不見），實際是不存在的。所曾經看見的或想像是曾經看見的，只是起因於土壤、岩石或大氣的某種特點而已。

火星有兩個小衛星，很靠近的繞着牠用高速度前進。遠點的衛星，帝冒（Deimos），距火星的中心一萬四千六百哩，每三十三小時十八分鐘繞牠一周。近點的一個，弗卜（Phobos），只距火星中心五千八百哩，牠的運行周期只有七小時三十九分。所以在這行星繞軸自轉一次的時間內，牠已繞行三周多了。這兩個衛星的體積都很小，大概直徑都在十哩以下。

過去火星，平均距日二千四百六十萬哩的是一組小形的行星叫作小行星。已知的有六百多，新的每年都有發現；發現的主要方法是用照片。只有其中的四個有可觀的體積，牠們自然是首先被發現的了。牠們是：Ceres（西來），直徑四百七十七哩；Pallas（巴拉），三百零四哩；Vesta（韋達），二百三十九哩；合Juno（玉歐），一百二十哩。許多別個的直徑只有十或五哩那樣小。

牠們的軌道比任何大行星的偏心率都大。其中的一個，愛神星 (Eros) 平均距離是一萬三千五百萬哩，而最小距離是一萬零五百萬哩。愛神星在最好的情形下，靠近地球到一千四百萬哩之內。這個事實，已經說過，曾利用來測量牠距地球的距離，再從這個可以更準確地算出太陽的距離。愛神星與幾個別的小行星的外形像是不規則和不完全的。這個事實被利用來證明一種理論（不過這理論一般是不贊成的），說小行星是一個爆炸，把某一個大行星轟裂成碎塊的結果。

順着距日距離的遠近次序中第六個（把所有的小行星認為代表一個單體），是一切行星中最大的，木星。牠的平均距日距離是四八三、〇〇〇、〇〇〇哩，但牠軌道的偏心率使牠在近日點的時候到四七二、〇〇〇、〇〇〇哩，在遠日點的時候到四九三、五〇〇、〇〇〇哩的距離。當衝的時候，木星距地球的平均距離是三九〇、〇〇〇、〇〇〇哩。這個偉大行星的直徑是八萬七千三百八十哩。但在兩極處是太扁平而在赤道周圍又是太膨脹。在兩極間的直徑只有八萬四千五百七十哩，而赤道上的直徑是九萬零一百九十哩，一個五千六百八十哩的差異。這個奇特的外形無疑地是因為這行星的迅速的自轉。像金星一樣，牠的軸近於垂直牠的軌道平面。牠在軸上自轉一周的

平均周期是九小時，五十五分。這裏說「平均周期」的原因，過一會兒就可明白。木星的年等於我們的十一·八六年，但是（從地球上看起來）牠在每三百九十九天衝一次。

木星的大小約有地球的一千三百倍。就是說，要有一千三百個地球包成一個纔能合木星一樣。但牠的平均密度比地球的四分之一還少一點，所以牠的體積只比地球的大三百一十六倍。在牠表面上的吸力有地球的二·六四倍。在地球上重一百磅的東西到木星上就成爲二百六十四磅重。木星的平均密度合太陽的差不多，所以我們斷定牠不能是像地球樣的一個固體堅勁的球體。這個斷定由牠在軸上自轉周期的變異而證實，那變異又是像太陽的一個地方。繞赤道部分的自轉周期比在赤道南北有相當距離的部分短。可以假定在裏面有一個固體的核，但假若如此，尚沒有人找到牠存在的確切證據。

不過，雖然木星像是在一種雲形狀態中，牠不是用牠自己的光照耀。牠的溫度自然是比地球的高，但決不能接近太陽的溫度。我們尚不知道組成木星的物質，因爲分光法只能特別應用在自已發光的物體上。當牠們只因太陽來的光之反射而照耀，牠們的光譜就像尋常的太陽光譜，只不

過加了幾條因這行星上大氣的吸收而生出的模糊的帶。也許在木星的球體裏，完全缺少有原子密度的物質，如鐵或鉛。不過在許多年的過程中，這行星或者因牠內部熱力消失而變成漸小漸凝固。這樣可以認木星為代表天體進化的中間階段，在一個完全氣體而高熱像太陽的天體，與一個冷冰而凝固像地球的天體之間。

木星在好遠鏡中，呈現一個很偉麗的外形。在牠的橢圓的盤形上，可以看見東西合牠的赤道平行的幾條寬而有各種顏色的帶形，叫作帶。這些帶常改變形狀。牠們的地位合數目常有改變。但在牠赤道兩面，總至少有兩條寬的帶，每面一條。一千八百七十八年，在木星的主要南帶之南，看到一個可注意的東西，那就是著名的大紅斑 (Great red spot)。在發現牠不多幾年之後，牠的顏色褪了，但牠本身仍可以看見，有時清楚，有時不清楚。牠是長圓的，約有三萬哩長，七千哩闊。木星大南帶的外邊灣曲着離開這個大紅斑，就像是有某種推拒力在牠們中間動作似的；或者就像這個斑是一塊高地，那個帶的雲繞着牠前進，如一條河流繞着一塊突出的岬一樣。這個奇怪紅斑的性質，現在尚不知道。別的小斑，有時是白色，有時是灰暗色，常偶然出現，但牠們不像大紅斑那樣持久。

木星有八個衛星，其中在小遠鏡中也很顯明的四個從加利略的時代起就知道了。這四個中，除了一個，其餘全比我們的月大。另外的四個非常小。這四個主要的衛星用羅馬數字指示出來，I, II, III, IV, 是接着對這行星的距離排列的。牠們也有不常用的專名。衛星 I (Io) 有二千四百五十二哩的直徑。繞木星轉行的周期是一天十八小時二十七分又三十五·五秒；牠對木星的平均距離是二十六萬一千哩。II, (Europa) 直徑是二千零四十五哩，周期是三天，十三小時，十三分，又四十二·一秒。平均距離是四十一萬五千哩。III, (Ganymede) 是有三千五百五十八哩的直徑；七天，三小時，四十二分，三十三·四秒的周期，和六十六萬四千哩的平均距離。IV (Callisto) 的直徑是三萬三千四百四十五哩；周期是十六天，十六小時，三十二分，又十一·二秒；平均距離是一百十六萬七千哩。當我們講到利用木星的衛星來觀測的時候，就看出來現在所以要非常精確的指明這許多周期的目的。在一千八百九十二年被巴爾納爾 (Barthard) 所發現的這四個小衛星中，第一個的直徑不足一百哩，平均距離是十一萬二千五百哩，周期只是十一小時，五十七分，又二十二·六秒。這裏別的小衛星都比那幾個大的距離遠。最後發現的第八個，牠的平均距離約一千五百萬哩，但

牠的軌道偏心率非常之大，其距離之差異從一千萬哩到二千萬哩。周期約二又五分之一年。但最可注意的事情是這個衛星繞木星由東向西走，這是與所有的其他衛星行動相反的方向，這也是跟差不多全個太陽系中天體自轉與公轉的方向相反。

這幾個大衛星在遠鏡裏看起來是很有趣味的。當牠們來到太陽合木星之間，牠們的圓而黑的影子可以很清楚地看出來在木星的面上橫過。當牠們經過木星的背影，牠們就忽然不見了，過一會再從背影的另一邊出現。這些現象叫作凌日合蝕。牠們發生的時日都很清楚地預測在美洲天文日曆合航海日曆上，（在中國有南京天文研究所所出之天文年曆，用處與上二者同，譯者）。在華盛頓出版，為天文家航海家用的。因為這些蝕可以用來把地方時合標準子午時比較。在以前牠們曾被用來決定光的速度，是這樣的：

地球在木星軌道內繞牠的軌道走，每三百九十九天看見木星衝。當看見牠那樣的時候，地球必定是在太陽與木星之間。這時這兩行星間的距離是可能的最小量。但當地球跑過太陽的另一面，對着木星，這個距離就成為可能的最大量。地球從牠軌道上最近一面跑到最遠一面，這兩行星

間的距離增加約一萬八千六百萬哩。有一個丹麥的天文學家落米葉 (Roemer) 注意到在地球離開木星漸遠中，發生這些蝕的時間變成漸晚。直到地球達到牠的最大距離的時候，這些蝕是比原來的時間晚着十六分鐘。他很正確地推想到這個時間的延遲是起源於距離的增加。這些蝕在最大距離上所延遲的十六分鐘，就代表光在經過地球與木星間增加的距離——這空間一萬八千六百萬哩所需的時間。換句話說，光必得在約十六分鐘的時間走過一萬八千六百萬哩。從這裏很容易算得牠每秒的速度——這我們現在知道是十八萬六千三百三十哩。我們對光速度的知識，給我們一個計算太陽距離的方法。

其次我們來到這美麗的行星——土星。牠距太陽的平均距離是八萬八千六百萬哩。這距離的改變是在九萬一千一百萬哩到八萬六千一百萬哩之間。土星的年等於我們的二十九·四六年。牠在每三百七十八天衝一次。土星上最可異的東西是在赤道上部圍繞牠的一組大光環。這行星的球體在赤道處直徑是七萬六千四百七十哩，在兩極間直徑是六萬九千七百八十哩，一個六千六百九十哩的差異。所以土星的兩極比木星更扁平，在赤道周圍更凸脹。牠自轉的軸離垂直的

傾斜是二十七度。牠的光環有三個，對牠們巨大的身體說，牠們是非常薄的。牠們同在一個平面上。裏外套着。最外面的光環（稱作A環），外直徑約十六萬八千哩。牠的闊約萬哩。其次是一個裂罅，約有一千六百哩寬，這裂罅把A環合其中最亮的B環分開。B環有一萬六千五百哩闊，牠的內邊漸漸消散不見，合C環混合起來。C環叫作暗環或灰色圈，因為牠是灰暗色，而又非常透明，能穿透牠看見這行星的球體。這環約一萬哩闊，牠的內邊距這行星的表面約九千哩合一萬哩之間。A環中顯然的有一個很狹的裂罅，在從牠的外邊起算全闊三分之一的地方，繞牠全體。這稱作恩克分裂（Encke's division）的東西，牠不是甚麼時候都能看得清楚的。常偶然有觀測者報告別種暫時出現的薄裂罅。

土星的平均密度比任何其他行星都小，只有地球的 0.13 或水的 0.72 。所以這個大行星可以在水中浮起來。在牠表面上物體的重量，要有牠們在地球表面重量的四分之三弱。像木星一樣，土星的球體上面有着許多和赤道平行的帶，但牠們的外形比較不固定，也不如木星上的帶顯明。牠的赤道帶常呈現一種美麗的淡淡的灰黃色，同時在兩極周圍的地方隱隱作青藍色。在

這行星上有時看見些光點。牠們像是在赤道周圍轉動得比在高緯度各處更快。有許多理由可以使人相信土星是一種氣體成分，雖然牠或者有一個比較凝固的核。

但雖然這個行星的球體像是氣體的，牠的光環可不是。我們已經提過牠們由巨大的全體合闊度看來是太薄了。牠們的厚度向沒有確實的算出來，但無論如何牠大概平均不會超越一百哩。這些光環有的部分比平均數厚點，像是組成牠們的物質是堆在那裏。這物質顯然是由無量數小個體所組成的。換句話說，這些光環是由許多羣可以稱為流星質的東西所組成的。雖然遠鏡裏看不明白，可以由兩點證明牠們確係這種性質：第一，數學計算告訴我們若這些光環是一整個，不論是固體或液體，牠們要早被所受的吸力所毀滅了；第二，牠的光譜告訴我們，（這方法等我們講到恆星的時候再說明），這些光環的運轉速度，是和牠們各部距這行星中心的距離成正比例的。所以推結起來，牠們必定是由大量的小個體或纖微所組成的。

土星有十個衛星，都在光環之外運轉。順着距離增加的次序，其中九個的專名如下：Mimas（米瑪），距離十一萬七千哩；Enceladus（恩西拉都），距離十五萬七千哩；Tethys（特才斯），

距離十八萬六千哩；Dione（帝歐娥）距離二十三萬八千哩；Rhea（瑞阿）距離三十三萬二千哩；Titan（番丹）距離七十七萬一千哩；Hyperion（海波瑞登）距離九十三萬四千哩；Japetus（沙比特）距離二百二十二萬五千哩；和 Phoebe（費璧）距離八百萬哩。最後一個如木星的第八個衛星一樣，運行的方向是合其他相反的。只有 Titan 和 Japetus 兩個是很顯明的對象。Mimas 的周期約二十二又二分之一小時；Titan 的是十五天二十二小時又四十一分；Japetus 的約七十九天八小時。巴爾納耳（Barnard）的測算指明 Titan 的直徑是二千七百哩。Japetus 的直徑約有 Titan 的三分之二大。

土星之外，順次序是天王星合海王星。天王星平均距太陽的距離是一七八二〇〇〇〇〇〇哩；海王星的是二七九一五〇〇〇〇〇〇哩。天王星的軌道偏心率比海王星的大。天王星的直徑約三萬二千哩，海王星的約三萬五千哩。天王星的年當我們的八十四年，海王星的當一百六十四年。這兩個行星距離太遠，日光的照耀也是很微弱的，用遠鏡簡直看不出牠們表面上的詳細情形。牠們的密度比木星小一點。天王星有四個衛星。Ariel（阿瑞愛），Umbriel（安不瑞愛），

Titania (帝丹尼) 和 Oberon (歐伯倫) 牠們各個對天王星的距離是 11100000 哩；
七、〇〇〇、二七三、〇〇〇、合三六五、〇〇〇、哩。海王星有一個沒有專名的衛星，距牠 225,000 哩。

關於這兩個行星的最可注意一點，是牠們自轉的軸，跟別的行星相比，是歪向另一平面。所以牠們自轉的方向是逆行的，牠們的衛星也同樣由東向西運轉。天王星的軸離開黃道平面的垂直不遠，所以牠的衛星之行動，交互的把牠們自己帶到那平面的最南或最北的方向。但海王星的軸傾斜太大了，牠的逆行，或由東向西的運轉，成爲非常顯明。海王星的著名是因牠的發現由數學推算而來的。這數學推算根據牠加於天王星的攝動力。這些推算指示出在某一時牠應該在甚麼地方，而當遠鏡指向那個指明的一點的時候，這個行星就被發現了。還有相同的對海王星行動上的攝動，使許多天文家想到一定還有一個尚未發現距離更遠的行星。

譯者：這個在著者寫這本書時尚未發現的行星現在已發現了。關於這個新發現的行星的一

切，茲特節譯英國羅士博士的描述一段。原書名：

The Stars in Their Courses

by Sir James Jeans; Cambridge, at the University Press

原書第七十四頁：

「近來這歷史又重演了一次，這同樣的事情又發生了。（指以前發現海王星的事）。即使把天王星的吸力算進去，海王星仍不會按着所預測的路徑走。這使天文學家起始疑惑是有一個在海王星之外的行星在拉牠，使牠不按原路前進。這次是一個美國人，在亞利桑那州弗來格斯達夫天文臺

星 火 圖 十 四 第



的洛維廉教授 (Prof. Percival Lowell) 算出來這假定的新行星的路徑。經過十五年的研究，——不幸是在洛維廉的死後，——這新行星在一九三〇年三月發現了。很近洛維廉所預測的位置，也如所預測的樣子前進。這就是新發現的行星，冥王星。牠距太陽比我們遠四十倍，——牠在空間的地位太遠了，牠繞日的公轉約需二百五十年完成一周。牠距太陽的光與熱力也太遠了，大概在牠上面，不但所有的水，並且所有的空氣（假如有的話），也都凍成固體了。

第七節 彗星 (Comet)

彗星在肉眼所能看見的天體中是最特別的了。在不知道牠們的性質的任何地方，對於大彗星，在世界各時代中，人類把恐怖合迷信的戒心連在一起。牠們曾被認作戰爭，饑荒，瘟疫，領袖的死亡，革命之爆發，合王朝的破滅這種種的預兆。在牠們的特異而可怖的形狀之外的一個原因，是大而顯明的彗星的稀有。直到牛頓證實引力定律之後，人們才知道彗星的行動是被太陽所統制着的。我們現在知道牠們常常或永遠在橢圓形軌道上前進，太陽在橢圓的焦點之一。習慣上彗星分

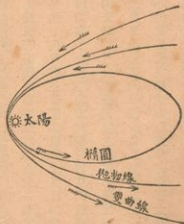
爲兩種：（一）周期彗星，指那些觀察過牠們來到近日點不只一次的；（二）非周期彗星，指那些只看見牠們一次的；不過牠們也許再回到近日點來，但那時期太長了，現在還未看到牠們第二次回來。一個好點的分法是分牠們爲：短周期彗星，長，或未知周期彗星。

不過許多天文學家以爲大多數彗星不是在橢圓軌道上前進，而是在拋物線的軌道（Parabolic orbit）上前進，有幾個還在雙曲線的軌道（Hyperbolic orbit）上。這需要一點解釋。橢圓線，拋物線，和雙曲線都是圓錐曲線，只有橢圓線再回到本體或成一個圈。在每一次太陽都是在那距彗星的近日點很近的一個焦點上。但只有在橢圓線軌道上進行的彗星，在出現一次之後能再回來。順拋物線進行的彗星將回到幾乎合來時的方向相同的空間深處，永不再被看見。假如一個彗星順雙曲線前進，牠將跑到到地球的另一部分，同樣也永不再回來。現在我們由觀測知道已算出的大多數彗星的軌道形狀像是拋物線的。（很少像是雙曲線的）。假如這是真的，這種彗星不能是太陽系中永遠的份子。不過只是從空間遠處跑進來，拜訪了太陽之後，就必再回到原處，永不再回來了。這樣情形之下，牠們也許同樣拜訪其他的太陽。

但其實也許現在看來

像是拋物線的軌道，就是離心很大的橢圓。要決算一個彗星軌道的準確形狀的難處是：這以上說過的三種曲線在靠牠們共同焦點（太陽）的附近地方是互相距離很近的，而同時彗星只有

第四十一圖 橢圓拋物合雙曲線



這張圖形告訴我們爲甚麼要確實指出一個行星的軌道形狀是這樣困難。在近焦點（太陽）的時候，這三種曲線幾乎是同形，而只有在這些軌道的這一部分，彗星纔能給我們看見。不但這個，一個彗星，最多不過是一種有霧氣而不一定的對象。這使我們要好好地觀測的準確位置合行動更爲困難。

在牠們軌道上那一部分的時候能被看見。這個問題是仍然懸擱着，但我們已說過，差不多所有的彗星都是在橢圓線軌道上前進，所以牠們永遠也不能跑出太陽引力統制外。不過無論如何，一切彗星的軌道都比大行星的偏心率大得多。例如著名的，已知的，最長周期的哈雷彗星（Halley's Comet）（約七十五年），在遠日點時距日三、三九三、〇〇〇、〇〇〇哩；在近日點時只有五四、七七

彗星在靠近太陽的時候，受大行星的攝動力影響很大，特別是最大的行星——木星。這個攝動力的影響使牠們的軌道改變形狀，常常結果是牠們的軌道由顯然的拋物線形改成完全的橢圓線形。這樣情形下的彗星說是被那個行星的攝動力所「俘獲」，或成為太陽的獄囚。稱作「木星的彗星羣」的約有二十個小彗星，因為牠們就是這樣被牠所俘獲了。有幾個別的也被人相信是同樣地被土星、天王星、和海王星所俘獲。

除了更大的偏心率之外，彗星合行星的軌道還有別種不同。行星全是繞日由西向東走，但彗星兩個方向都走，行星的軌道除了幾個小行星的之外，都是在一個差不多的平面上；但彗星的軌道對這個平面傾斜成各種很大的角度，有的從黃道北面下來，有的從南面上來。

一個彗星包括兩個顯然部分：一，彗頭，或彗核；二，彗尾。第二部分只在彗星走近太陽的時候纔出現。同時總起來看，牠的方向永遠是離開太陽的。但平常都是順着彗星的路徑彎曲回來一點，就像是彗頭要跑開牠似的。彗頭的外形一看就使我們想到牠是由太陽射出的某種推拒力而生的。

最近的一種趨向，是用稱爲光的壓力的原理來解釋這個。這需一點簡單的說明。光是宇宙中以太陽的擾動，用一種波動形狀從有光物體出發前進。這些波動有一種機械力，能趕走光波所衝撞的任何物體。這力量比較非常微小，在平常情形之下不發生可以查得出的影響。但被光所照射的物體要是極端微小，這壓力對引力說，就成爲很大而超過引力的影響。要實證這個讓我們回想兩件事實——第一，引力是加於體積。就是一個物體裏外各部分所有的質點。第二，壓力是只加於牠的表面。結果是引力和大小成正比例，而光的壓力和受壓物體表面的大小成正比例。一個物體的體積是因牠直徑的立方而異的，牠的平面只從牠的平方。那麼，假如我們有兩個物體，一個的直徑爲另一個的二倍，第二個的體積必比第一個小八倍，但表面只小四倍。假如第二個的直徑只有第一個的三分之一，牠的體積將小二十七倍，但牠的表面只小九倍。這樣我們看出來，若我們減少一個物體的大小，體積的變小，比外面積快得多。所以壓力比引力漸漸增加。實驗已證實在這問題上數學的結論，也告訴我們當物質的一微點之直徑只有一吋的十萬分之一的時候，加於牠上面的光之壓力，比引力的力量大。同時這樣一個微點在無限的空間中能夠由光波的驅逐而離開太陽。

這個極度的小，要因組成這微點的物質密度而異，但我們所說過的足够使我們得到一種關於牠是如何微小的概念。

爲要把這個道理引用到彗尾，必得先說明彗尾是由氣體或塵體微點所組成的，或兩者合組成的，從彗核出來。彗核大概是在太陽的熱力或電動力的影響下。這些比極度體積還小的微點，被太陽驅逐開，就顯着像一個跟隨彗星的尾。這裏也可以加上說，同樣的原理也已被用作解釋日冕，日冕大概是由氣體或塵體的雲所組成的，而陽光的壓力使牠升空。

彗核差不多是包括牠們所有的體積。我們不知任何一個彗星的實在體積，但知道牠無論如何不會太大。以外，大概一個彗核不是由一個固體或流質的單體所成的，而是由許多分開的如流星質羣樣的小個體所組成的。這些小個體互相擠在一起，有時互相衝撞。在彗星漸漸走近太陽的時候，彗核就漸變成很利害的激動。同時，彗尾就起始出現。

地球合一個彗頭有互遇的可能，但尚未發生過這樣事情。不過有兩三次地球大概會穿過一個彗尾，最後一次在一九一〇年，當哈雷彗星經過地球與太陽之間的時候。但沒有觀測出這種相

遇的一定影響。分光儀告訴我們彗星含有各種炭氫化合物，鈉，氮，鎂，也許還有鐵。但實際我們仍不知道牠們的成分。（在哈雷彗星最後出現的一次曾測出牠裏面含着洋酸氣（Cyanogen Gas）或癩，是一種無色，可燃而有桃花氣味的毒氣，譯者）。我們尚不知道彗星的成因。不過我們知道牠們有裂開的趨勢，特別是在非常接近太陽的時候。在一八八二年幾乎擦過太陽的大彗星，其後退回到空間裏裂成幾部分，每個都有尾。至少在有一次觀測中，看出有幾個彗星是在同一的軌道上前進，那是原來一個大彗星裂作二或四個小彗星的證明。在一八四三，一八八〇，合一八八二的彗星都是這樣情形——或者一五七六的彗星也是如此的。但最可注意的分裂是柏拉彗星（Biela's Comet）的。牠第一次在一八四六分成兩個，再顯然分裂成一大團流星質的東西。在一八七二年當牠走近這彗星的舊路徑時候，被地球遇到。這一點引我們來到我們的下一個題目。

第八節 流星質體

每人必曾在某一時候看見過叫隕星或流星的這種現象。幾乎在每一個晴夜，用一兩點鐘的

注意功夫，都可以看到幾個這種對象橫過天空。有時牠們出現得很多，間或如「急雨」似的。牠們叫作流星質體（Meteoroids）。天文家以為牠們是微小的固體，平均重量大概只有一盎斯的幾分之一，用每秒二十或三十哩的速度，衝進大氣中，被牠們在空氣中急速行動的摩擦熱力着火並消失。任何會看見過一個被突發熱力溶化了的鎗彈打在一個鋼靶子上的人，可以對行動變成熱力這事實有一種圖解。但假如我們能使這鎗彈跑得更快，牠要在空氣中溶化，這熱力是由不斷的摩擦面生的。

流星質物體合彗星的關係是很有趣味的。在一八三三年十一月十三日合十四日之間的一夜，有一種美麗而壯大的流星呈現。那夜天空中有許多小時滿是火流星和火棍，使一切看見的人驚訝，更使許多人恐怖。後來測出這些流星質體在一個與地軌相交的軌道上前進，而地球在十一月中旬走到那相交的一點。牠們有一個繞日周期，約當三十三又四分之一年。同時牠們順着牠們的軌道分散得太遠，要三年的時間牠們纔能完全走過與地球軌道相交的一點。所以就算出在繼續的三年十一月中旬，必定呈現一次流星質體衝進地球大氣中的現象。但只是在地球遇到這一

羣的最厚密部分的一年這個呈現纔能够是非常壯麗。天文家預測到在一八六六年必再發生如一八三三年的現象。事實是如預測樣的發生了，不過流星質體的數目不如此前那樣多而已。同時又發現這些流星質體是在一個叫作唐普勒彗星 (Temple's comet) 的軌道上前進。並且還有某一些別的在每年約八月十日前後出現的流星質體也是在另一個叫作特突里彗星 (Tuttle's comet) 的軌道上前進。以後在一八七二年就來了上節所提過的那個流星質體的呈現。這些流星質體顯然是拍拉彗星 (Biela's comet) 碎屑。從這樣許多相似的情形所得的推論必然是：流星質體定是全部或局部毀壞了的彗星裂片。也有幾個別的流星質體和彗星軌道相合的發現。

已經說過八月的流星質體是每年出現的。這事實的解釋是：牠們在許多年代中已經分散在牠們的軌道的全圓圈上了。所以每年，約在八月十日前後，當地球經過牠們的路徑時候，就遇到其中的幾個流星質體。牠們像是一個無終點，在一個圓形路軌上前進的火車。十一月的流星也是每年有少數出現，這事實告訴我們：牠們中的許多也已經分散繞着牠們的軌道之各部了。不過牠們的大部仍聚在一個長形的羣裏，可驚異的呈現只能在牠們與地球同時行過相交點上的時候。

在一八九九年人們會仍然急切地等待這些流星，那時的希望是一八三三合一八六六那兩年的壯麗的呈現將再重演一次。但不幸的是在同時，木星合金星用牠們的攝動力使這軌道的主要部位改變，因而那主要的一大羣錯過了這關連。以外還有許多周期流星雨，大概都不如已說過的兩個燦爛。有幾個天文學家以為牠們全起源於彗星。

我們尙沒有經驗過任何羣中的任何流星實體曾達到地球表面。這些流星實體像是太小，牠們在完全通過大氣之前已經被燒完了。這樣，大氣就成爲一個盾牌，抗拒這些從外部空間射入的小彈丸。但還有另一種流星實體，在英文上被稱過各種名子，隕石 (Meteorite)，小天體 (Dinno-*id*) 或火流星 (Bolide)。這些含有大點的體積。牠們有些在猛烈地經過空氣之後，有時落到地球上。在許多博物館裏可以看見牠們的標本。牠們可以按着組合成分，分作兩大類。第一類：石質隕石，是最多的。第二類：鐵質隕石，裏面所含的差不多是純鐵，通常混有一點鎳。石質隕石平常是含有鐵的化合物。(這包括許多種物質。其中有二十至三十種的化學原質)。雖然牠們在許多地方很像地球上由火山噴放而生出的礦物質，牠們也有另一種特質，能够使人即使沒有看見牠們由上

落下也能認出來。

當一塊隕石穿過空氣，牠現一種很燦爛的光，常常並且燃燒有聲，而且是很大的響聲。牠們的裂片分散開。人們所看見過落下來，最大的一個隕石裂片，約有一噸四分之一的重量。在擊觸地面的時候，隕石有時穿入幾呎深。有的在拾到的時候，表面還仍然是熱的，不過裏面是很冷的。我們不知道隕石和彗星有任何關連。對牠們的成由我們只能推想。在各種推論中可以提出以下幾個：

(I) 牠們是由太陽中射出來的——特別是鐵質隕石。(中文一名隕鐵，譯者)。(II) 牠們是當月仍在火山噴放勢力之下的時候，由月上火山射到空間去的。(III) 牠是恆星爆炸的產物。有幾個天文學家以為牠們是如太陽系中其他份子一樣生出的。不過按這個臆說，很難解釋牠們那很高的密度。隕鐵是由太陽或別的恆星來的一種意見被一種事實所加強。這就是：牠們含有氫、炭和氮。而牠們含有這些氣體的情形告訴我們：這些氣體，是當隕鐵在一個高熱而濃厚的大氣中浸沈着的時候被吸收的。

第四章 恆星

第一節 恆星

恆星不過是距離遠的太陽，牠們的距離，光度和品質之差異非常的大。同樣，牠們在年代或發展階段上也有差異。有許多是比較年青，有許多是在中年，還有許多是在一種可稱為「太陽衰老」的狀態之下。這些由分光法而得到的恆星中進化的證據，使一個由天空的最簡單狀態而來的結論更為堅定。這結論說：全宇宙是一個相連的系統，在任何部分都是受相似的法律所統制，也都含有相似的物質。

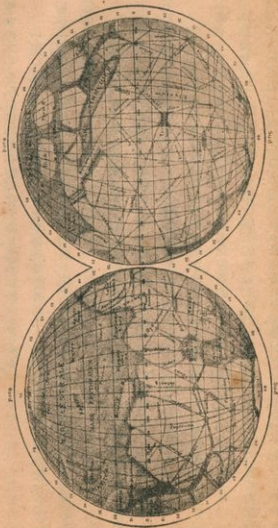
肉眼所能看見的恆星數約有六千，但遠鏡裏能看見幾千萬，習慣上分恆星為許多類，叫作星等。按着牠們的顯然光度，用一種光度學 (Photometry) 分牠們為一等，二等，三等一直下去。用肉

眼不能看見比六等再模糊的星。但用很大的遠鏡可以看見牠們直小到十八等。每等約比全列中次一等亮二倍半。一個一等星約比一個六等星亮一百倍。但在實際上，光度的差異是漸漸的，爲十分精密的測量，得用每等裏的分數。一共約有二十個一等星，但牠們也不都是一樣亮。在更精密的光度學中用一個零等；這個等大約可以用牧熊 (Arcturus) 作代表。牠的比率是二·五一二。這樣，一個比零等光度小二·五一二倍的星，(差不多可以由從者 (Aldobaran) 或代表的 γ) 是一等星。一個比一等光度小二·五一二倍的星 (差不多可以由北極星代表的 α) 是二等星。從相反方向計算，一個像後犬的星，比零等還亮的，叫作負度。後犬的星等是負一·六 (—1.6)。另外只有一個負度的星，舵 (Canopus)，牠的等是負〇·九 (—0.9)。但爲普通目的，我們不必去顧及這些過於精細的數目。

恆星按其光譜又分作五大類，這些是：

(I) 白熱星，有一種淡的青藍色。牠們的光譜上特點是闊暗帶，顯然是起因於很廣的氫質大氣，同時只有幾條指明金屬氣體存在的線。已經研究過的恆星裏，約有一半是屬於第一類。

Schiaparelli's Chart of Martian "Canals."



(II) 黃白星，像我們的太陽。因為在牠們的光譜上橫着許多由金屬氣體所發生的線，同時氫氣線不十分明顯。這些星有時叫作太陽星，牠們的數目也是很大。

(III) 橘色微紅星，牠們的光譜大半都含着闊帶而不是窄線，這些帶的地位靠近其光譜的藍色一端。由那兒發出這全部的光（橘色微紅），因為藍色的光被遮沒了。我們只知道幾百個這樣的星，但牠們包括着多數已知的變星。

(IV) 小而深紅星，在光譜上有着吸收紅色一端的暗帶。這樣星我們所知道尚不足一百個。

(V) 光譜上有着不是暗線而是亮帶的星。不過牠們也有暗帶。這些亮帶指明生出牠們的氣體，比這星的熱度高。這一類的星有時叫作狼光星 (Wolf rayet)；牠們的數目很少。

這主要幾類中，有着多少種的變異情形。但在這裏我們不能講到那些。大概說起來，雖然有按着每個光譜的確實性質而生的例外，白熱星比較黃的年青點，而紅色的更老一點。

說到星的「大小」，其實我們是指牠們的光輝，或牠們放射出的光之多少而言。當我們說一個星比太陽大過一千倍，這意思是：假如兩者在相等的距離，牠所放射出的光要比太陽射出的光

大一千倍。我們不直接知道這些星的球體的大小，因為即使是最大的遠鏡也不能把一個星的真圓面顯露出來。要把一個星的光輝合太陽的相比，必得先把距離算進去。多數的星是太遠了，我們真的完全不知道牠們的距離。但有五十多個星的距離不十分遠，能使我們得到關於牠本身的一個差不多的觀念。在北半球上距離最近的星太不亮了，只能剛够用肉眼看得見。牠的光輝一定比太陽的差得多。在另一方面說，有幾個很亮的星的距離太大，簡直不能估量出關於牠們的一切。這樣的星在光輝上必定是超過太陽幾百或幾千倍。

關於星的距離問題，已經在講到視差一節裏說明過了。為要利用我們已知的星之距離來作把牠們合太陽的光輝相比較的一件工作，我們必得先非常精密地確定某一個星送到地球上來的光之質量，和太陽送來的光之質量相比較。牧德給我們眼睛的光約有太陽給的四萬兆分之一（ $40,000,000,000,000$ ）。知道這個，我們還應該記得光的強度之變異是（如吸力一樣），和距離的平方成反比例的。所以假如太陽距我們比現在遠兩倍，地球上受到牠的光將減到現在的四分之一。假如牠的距離增加到三倍，光量將減成現在的九分之一。假如太陽距我們比現在遠

二〇〇、〇〇〇倍，牠的光將減小到四萬兆分之一，和現在的牧熊光度相等。在這裏，牧熊的實際距離可以計算了。假如那距離是太陽距離的二十萬倍，我們一定得斷言牧熊和太陽的光輝完全相等，因為太陽要是移到那樣遠也將給我們與牠同量的光。但其實我們知道牧熊的距離不是太陽的二十萬倍，而是約一千萬倍。換句話說，牧熊現在的距離比太陽的距離大五十倍。由這裏可以看出牧熊的實際光輝一定比太陽的大過五十的平方就是二千五百倍。同樣，我們測出由肉眼看起來算天空最亮的後犬。（牠比牧熊亮得多因為牠近得多），也比太陽的光輝大過三十倍。

許多星的光是能改變的。那些有很大的周期改變的星，叫作變星。大約所有的星，包括太陽，都少的有所改變。在最可注意的變星中有善變，或鯨十五（*Mira* or *Omicron ceti*），在鯨座中。牠在每三百三十一天的周期中，從九等星升到三等星，以後再降回去。（牠的最大光度是不規則的）。其次是美人首，或英仙II（*Algol* or *Beta Persei*），在英仙座。牠在每兩天二十小時又四十九秒的周期中從三等星改到二等星再改回來。天文家以為善變的光度改變是由於這星的本身，大概和牠的漸漸消滅有關連。大多數的變星屬於這一類。美人首的光度改變是顯然由於一個巨而暗

的天體，用很高的速度緊繞着牠運行，周期地使牠的光生出偏蝕的現象。還有幾個別的星有着短周期的改變，也是屬於美人首一類的。

用遠鏡觀測起來，許多星是雙的，或三個或多個的。常常這是由於兩個或以上的星偶然居在從地球看出去同一視線的位置。不過也有許多是有一種真的關係存在着，同時這些有關係的星在牠們相互吸力之下繞着一個共同的力之中心運行。當兩個星在這樣關係之下，牠們叫作雙星。繞行的周期最少五十年，多的可到數百年。在最著名的雙星中有半人馬一（Alpha centauri），在南半球，這是已知的距太陽系最近的星。牠們兩個互轉周期約八十年；室女III（Gamma virginis），在室女座，周期約一百七十年；後犬，周期約五十三年。在大犬座中，其組合的一個雖然是約有牠同伴的體積之半，牠的光輝比同伴小一半倍。

還有另外一種雙星，其中的同伴是看不見的，同伴的存在只是由牠的引力加於另一個的影響而顯露出來。美人首可以認為是這種天體關係的一個例。但還有的這類星，牠的同伴天體不使牠發生蝕的現象；或者因為牠是不黑暗的，或者因為從地球上看過牠永不遮蔽另外一個。只是

牠的存在由一種很有興趣的分光儀來證實的。在這些稱作分光雙星 (Spectroscopic binary) 內，其中的兩個發光體是互相靠近了，任何遠鏡全不能使牠們分開的看見。但若當牠們的運行平面差不多和我們的視線平面相合的時候，牠們的連合光譜上的線是循環地分裂開。要了解這個，我們必須記起分光法的原理，再加上前面對那題目說過的一點東西。

光是在以太陽中含有不同長短的波，牠因這些波的長短不同而給眼睛不同顏色的印象。最長的光波是在光譜上紅色一端，最短的是在藍色的或紫的一端。但既然牠們都是向前用同一速度進行，很清楚的，落在眼網膜上短的藍波的繼續，必定比長的紅波快。現在假設發出這些波的這個光之來源是在很快的漸走近我們。我們將很容易看出來，所有的波在這裏將更快的接觸眼睛，同時這整個的光譜將向藍的或短波的一端移動。法郎荷伐線也隨着這個移動位置。其次再假設光的來源是離我們漸遠，這同樣的影響將在一個相反的意思中發生，因為這次是生着一個向光譜上紅的一端的普遍的移動。用一個相類的例子——聲波，可以得到一種十分清楚的例證。我們知道低調的聲音是由長波發生出來的，高調的聲音由短波。那麼，假如這聲的來源（譬如一個火

車頭的汽笛聲，是在很快的來近耳邊，這波就擁擠在一起，或是一齊向全音階的短波一面移動；這樣使這聲音成爲一種刺耳的呼嘯。假如相反的，這聲的來源是在漸漸走遠，這移動也是在相反的方向；這聲音就落下一個低點的調子。

在一個距我們漸近或漸遠的星之光譜上，也就正是這樣。假如牠是距我們漸近，法郎荷伐線就由牠們尋常位置移向藍色一端；假如牠是漸遠，這些線就移向紅的一端。移動的多少是以某星的速度爲準的。假如牠的行動方向是橫過我們的視線，這些線將不移動，因爲那樣情形下，光的來源不是漸近，也不是漸遠。現在來看一個互相距離太近用遠鏡分不開的雙星。假如牠們是在一個差不多與地球上視線相合，而繞着一個共同中心運行，其中的一個必定是離我們漸近，而同時另一個漸遠。這結果是第一個星的光譜線將向藍的一端移動，同時第二個星的光譜線向紅的一端移動。這兩個混合起來的光譜顏色，互相混合的太緩，不顯明，故在牠們中間看不出這個的影響。但法郎荷伐線是很清楚的。在這些線中位置的移動是顯明的。所以因爲同時有兩個相反方向的移動，這些線就分離開了。但若這兩個星是在牠們的軌道上某部分，那裏牠們的共同行動是橫過我

們視線，這些線將再合起來；因為那樣就沒有移動。在最早所發現的分光雙星中，執御二（Beta Aurigae）很美麗地顯露這個現象。在一八八九年，皮克靈教授（Prof. F. C. Pickering）注意到這個星的光譜線在每第二夜時分離。從那個他推論到：這星是包括兩個繞一個共同中心的星，周期是四天。

這個分光法曾被應用來決算某某星離太陽系漸近或漸遠的速度。牠也能指明，（我們以前說過的）土星光環的內面部分比外面部分轉動得快點。以外，牠也曾被用來測量太陽在軸上自轉的速度，因為很清楚地在太陽的一邊離我們漸近的時候，另一邊就漸遠。甚至於木星自轉的影響也曾用這法子找出來過。這同樣方法大概也可以解決倒底金星是很快的自轉，或是永遠一面向日的問題。

星不只是在軌道上繞着相距很近的伴侶。所有的星，沒有例外，都各自有着行動。看起來牠們在空間是向許多不同的方向前進，每個只照牠自己選擇的路徑，不管別個，每個的行動都有自己的樣子，或快慢。這些行動叫作自行（Proper motion）。太陽自行的方向，簡單地說，是向北的。牠行

動的速度是每秒鐘十二或十四哩，帶着地球合所有的其他行星。許多星的速度比太陽的快得多。許多是慢得多。我們已說過這些行動有着許多方向，尚沒有任何一種發現一個普遍定律的試驗是成功的。不過已經察出在天球的某部分有多少星像是在幾乎平行的路徑上前進，如同一羣移居的候鳥一樣。最近幾年中察出可能存在的兩種普遍的行動方向的常規。牠們差不多是完全相反的；星的一部分隨着一個方向，一部隨着另一個。但尚沒有發現任何共同中心點的存在。有幾個比較距離近的星像是和太陽前進的方向一樣。譬如昴星團 (Pleiades) 似的緊緊相連在一起的星們，像是在空間有一致的行動。我們已經說過當察出某星是向日漸近，或離日漸遠的時候，用分光儀觀察牠們的光譜線之移動，使我們有方法來計算牠們的速度。在另幾種情形下，橫過視線的速度可以計算出來，假如我們知道這要算的星的距離。地球跟着太陽飛進的一個很有趣味的結果是，地球的軌道不能成爲一個合得起來的圓，而必是在空間成一個螺旋形的。這個結果使我們不斷的前進，用年率至少四〇〇〇〇〇哩的速度，向天空的北部。太陽所走的路徑像是直的，不過在實際上也許那是一個太大的圓，我們在一生或許多生的過程中也不够找出牠離開直路的

時候。無論如何，我們知道，因為地球是陪伴着太陽的，所以我們是不斷地在走進空間的新區域。

已經說過用遠鏡可以看見幾千百萬的星——或者有一萬萬，甚或還多。這些星的大多數是在伸展着圍繞整個天空一周的，闊而不整齊的一條長帶中。這就是天河，或銀漢。由肉眼看起來銀漢像是一條有着柔暗色光的綬帶，圍繞天空。但遠鏡告訴我們牠是含有無量數的模糊的星。牠們所以顯着小，多半是因為牠們的距離太遠，不過也許一部分是因為實際的體積或光輝比較小的原故。在銀漢中許多部分的星顯着是太擁擠了，牠們就像是發光的雲。巴爾納耳所作的銀漢這些星之密集處的照片是妙不可言的。在天河中（有時在牠以外）有圓形的星團。在這些團中的星像是這樣向中心擠在一起，用遠鏡竟然不能分開牠們。所以看起來牠們像在太陽光下由幾千銀色微點所成的球，如在太陽光下的一堆小寒暑表球一樣。在武仙座裏有一個著名的這種星團。

天河的顯然外形是一個巨大的圈，由許多交錯在一起的支脈組成的；有許多支脈伸張到牠的平均邊界之外。在這個星團的內部空間中，星比較少，不過也有着幾千；太陽就是一個。我們現在的位置距這圈空處的中心不遠，但太陽的自行是在帶着我們橫過這個比較空洞的空間。在將來，

假如我們現在前進的方向不改變，我們將到一個距牠北面邊界不遠的一點。天河大概可以表明構成這能見的宇宙之半的設計一般，或說牠是所謂天的建築物。但我們對這設計，仍然是知道得太少，尚不能確實地說定牠是甚麼。

在任何時候星的數目之差異很小，有時一個星偶然不見了，或一個新的出現了。不過這是很稀有的現象。新的星平常都是在很短時間內就不見了或消失了，因為這個牠們在英文中常被稱作 *Temporary star*（暫時星），中文叫作新星。曾發現過的最偉大的這種現象是帝谷（*Tycho Brahe*）的星。在一五七二年，牠突然在王后座發光，幾年之後又不見了。在起始，牠會成爲天空上最亮的星。差不多和這第一個一樣燦爛的另一新星，出現在英仙座，在一九〇一年。這星漸漸模糊，變成一個星雲，或是一個有星雲圍繞着的星。一般以爲這種爆發是由於兩個或以上的大天體的互撞，牠們在空間不幸的相遇之前是暗的。由這樣一個互撞而生的熱力，足使牠化成氣體，再生出一個新的亮星的外形。在空間是可以有着許多大而不可見的天體的——大概是熄滅了的太陽——牠們也像看得見的星一樣，在對着各種方向很快的運行。

第二節 星雲

由牠們的雲狀外形而得到這名子的這些對象，是天空中最難捉摸的一種現象，雖然牠們像是在暗示着一種解釋星的起源的方法。已知的星雲有幾千，但只有兩三個亮的能由肉眼看見。其中的一個就是記出獵夫座的想像中巨人的「腰刀」。另一個是在仙女座中。由肉眼看起來牠們像是霧形的微點，要很大的注意力才能看得見。但在天文鏡中，牠們的外形是很奇怪的。獵夫座星雲是一個圓而不規則的雲，有許多比較亮的點，也混着許多星；而仙女座星雲是一個長的紡錘形，在中央有一個比較亮的點。牠被無數模糊的星所遮蔽着，包圍着。只是在天文攝影術發展到完善的地步之後，才能顯露出星雲的真形狀。有幾千星雲是由攝影而發現的。牠們只剛剛够使肉眼用遠鏡才能看到。這是因為感光很強的照相底板能積累光在牠上面作的印象，牠曝光時間愈久就積累得愈多。爲要照出模糊的星雲合模糊的星，放在遠鏡焦點上的，專爲利用「攝影光線」的底板，有時要曝光許多鐘點。這樣牠們能呈顯出眼睛所不能看見的東西。（因爲眼睛在一瞥就把能

看見的都看見了，一瞥看不見的，多看也沒有用。

大約星雲分爲兩種——「白」星雲和「綠」星雲。第一種（仙女座的星雲就是一個顯明的例子），所生的光譜是不斷而沒有暗線的，像是牠們含着在高熱下的氣體；或一種固體或液體的東西。第二種（很顯明的可由獵夫座星雲代表），所生的光譜含有幾條亮線，這是幾種氣體如氫合氦再加上別的還未認明的物質的特點。但沒有像白星雲所成的那樣不斷的光譜。從這裏推出，至少綠星雲的組成是完全氣體的。白星雲的準確組成，尙待將來的決定。

只是在近年來才知道這事實：大多數的星雲都有一種螺旋狀的外形。差不多都是有一個在中央凝固的大塊，從那裏在各方面伸出大的螺旋臂，其中許多的樣子像是轉動的齒輪，在牠各面發出火串合火花。這些螺旋形，看起來像是氣體的。但順着，並在牠們裏面列着許多凝固的結，常常看見有彎彎的幾列星顯然是個星雲螺旋的繼續。這些星雲所生的光譜大半都是白的一種，但也有時看見由發光氣體而生的亮線。仙女座的星雲有時被描述作螺旋狀的。但牠實在只是一個大的中央集體，被許多大的橢圓形環所圍繞着；其中有幾個已經裂開，並凝成分開的集體。獵夫座

星雲是一個混沌的雲，充滿着局部的空隙，邊上配有許多變的波形東西。

還有別種橢圓形星雲，有時靠近其中央有一個或許多個星。在天琴座中有一個這種的著名例子。還有別的曾合土星及牠的光環之外形相像。有的外形完全古怪的，偶然還有發光而在星中間飄薄的髮辮。

星雲合星的顯然關係生出所謂星雲假說 (Nebular Hypothesis)。按這個假說，星是如已提到過樣的由星雲物質的凝固而成的。按拉伯拉斯所述說的，這個假說主要的是來解釋我們的太陽系之原始。他以為太陽在某一時期曾在星雲狀態中極度的伸展着，或者是被一個星雲狀的雲所包圍着。在太陽漸收縮中，順牠周圍邊上就分裂下來許多環。這些環以後又斷了再凝結成許多球形，就這樣假定牠們成爲行星。現在人仍然相信太陽合別的星大概是由星雲凝結而成的。對拉伯拉斯的臆說有着許多駁論。同時由螺旋形星雲的發現，生出別種關於如何發生出這變形的推想。但在這裏我們沒有地方提出這項討論，雖然牠是非常有興趣的。

這裏得再說在天文學上攝影術的用處。即使斷言在記錄天象上，特別是對星合星雲說，攝影

底板是代替了人眼的網膜。不只是這些對象的外形，連所有的天體（太陽，星，星雲等）的光譜也都是先攝影下來，以後用充分時間去研究。許多近年來的最重要發現，包括變星，合新星的發現，就是這樣成功的。先有了許多天空的攝影圖，把這些圖跟後來攝成的比較，就能夠發現眼睛看不出來的改變了。彗星有時候是由攝影發現。小行星永遠是由攝影發現的。在彗星合新的小行星光譜上的改變就是這樣記錄下來，其精密的程度是別種方法所得不到的。月的照片超越所有的能在畫圖上作到的精密程度。同時雖然行星的照片仍不能顯出由遠鏡所能看見的詳細情形，可是在繼續的改進中。許多現在應用的，或在建造中的遠鏡是特別用在攝影工作上的。

第三節 星座

把星分成星座的工作，就是天象圖說(Uranology)，或「天空的地理學」。多半的星座名是很古的，我們不知道牠們的準確來源。但在北半球所看不見的那些星座名只是在幾次偉大的南海探險之後才加上去的。現在普通公認的約有六十多個星座。其中的十二個屬於黃道帶，合黃道

宮的名相同，不過歲差已經把牠們趕出牠們合這些宮的原來關係。有許多星座是有史以前的神話的紀念品。還有很多是跟「天舟探險」的故事，和別的希臘傳奇有關係的。這樣，星座成了一卷圖書傳奇史合神祇誌。牠們在天文學的科學意義之外有着獨立的深厚的趣味。要知道牠們的歷史，及合牠們相連的傳奇，不希望一個太精細的摘要，讀者可以看「肉眼的天文學」(Astronomy with the naked eye) 一書。為要得一個尋找星座的指導，可以看「觀劇遠鏡的天文學」(Astronomy with an opera glass) 或「一年的星」(Round the year with the stars)。認識星座的最快方法是找一個已知道牠們的，能在天空指出牠們的人幫助你。其次的好方法是用星圖，或一個尋找星的平面球形圖。(商務印書館有一種譯者)。

有許多比較亮而重要點的星都有專名。如後犬，蛇，河源，牧熊，織女或陰鷹，大人足，大人脅，前犬，麥穗，從者，獅頭，飛鷹，和魚頭。天文學家尋常用希臘字母 α , β , γ , 等指示每星座裏主要的星；普通是其中最亮的星用第一個字母，其次亮的用第二個，一直下去。

星座的外形是非常不規則的，牠們的邊界之準確程度只是能够避免把已錄在一星座中的

星包括在另一星座裏。所有的星座名都是由這星座裏主要的星所成的某種形狀，與一個男人、女人、獸類或別種東西的幻想之相似而來的。只有在很少數的星座中這種相似是很顯明的。

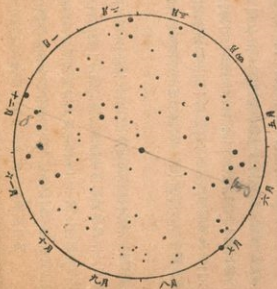
對初學的人最有用的星座是圍繞天北極的幾個。我們在這裏有一個小的圓圖，指示出牠們特有的星。繞這圓圈的月名，指出在一年中能看見這些星座靠近或在北半子午圈上的時候。把這圖轉動，使某一月在最底端，再假定你是面向着北。每一次假定作這個觀察的時間是晚上九點鐘，日期是約每月的初一日。這圖的頂端代表在北面天頂稍下部分的天空，這底端代表在北面的地平。

由地球在軌道上行動所生出的天球每年視動，使所有的星座向西成一個繞北極的圓向前進。速率每月約三十度。但地球在軸上每日自轉，使天球生出一種同樣向西的行動，速率是每二小時三十度。因為這個，在同一夜裏，兩小時的間歇之後，你將看見這些星座是佔在牠們一個月後在第一個觀察時間的位置。這樣，假如你在一月一日下午九點鐘觀察牠們的位置，其次轉動這圖，使二月在底端，你將看見繞天北極的星座是牠們在一月一日下午十一點鐘的位置。

在這圖裏只畫出顯明的星，只
 够使學習者由牠們所以得名的特
 殊星羣來認識幾個星座。這圖從北
 極伸張出四十度的距離，這樣，由居
 在北美合衆國的中部緯度地方的
 觀測者來看，這裏畫出的所有星座
 永遠不落到地平下。在這圖邊上的
 星，當牠們在北極下面的時候，只是
 輕輕掠過地平。

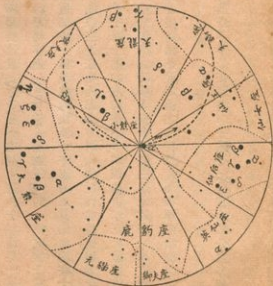
在那張索隱中（第四十一圖），
 附有主要各星的希臘字母名子，但
 有的有着別種比較更活潑的名子。

第四十圖 北極周圍的星（暗圖）



這些名子如下：在大熊座（包抱北斗七星）， α 叫作熊背； β ，熊腰； γ ，熊肘； δ ，熊尻； ϵ ，熊尾； ζ ，素慢； η ，哭泣。靠近素慢的小星西名叫 Alcor。在仙后座中， α 是 Schedar（中名王良四）； β 是 Caph（中名王良一）； δ 是 Ruchbah（中名閣道三）。在小熊座中， α 是極星，或北極星，（中文又名紫微星，或北辰）； β 是古極星。在天龍座中， α 是 Thuban（中名右樞，又名紫微右垣一）； γ 是 Eltanin（中名天棓四）。在仙王座中， α 叫右臂； β 是 Alhik，

第四十一圖 北極周圍的星（明圖）



(中名上衛增一)——這些星座的英文名差不多都是由阿拉伯文來的。熊腰(Mercar)和熊背(Dubhe)是著名的「指極星」，牠們指出北極星的位置。Thuban(右樞)是「金字塔星」，前面已提過了。天北極差不多是在從素慢穿過極星再穿過 Ruchbar(閣道三)的一根直線上；牠是順着閣道三的方向距北極星約一度多點。這個是一種現成的決算子午圈的工具。例如，約在十月中旬，素慢是在北極點下方很靠近子午圈，閣道三是在北極點上方同樣靠近牠；那時候，因為北極星是合這兩個在一條線上，牠實際也必在子午圈上；牠的方向差不多準確地指示正北。這同樣方法可以在任何時候應用。在一年中或一夜中，任何其他時候，素慢合閣道三是永遠在一根直線上，不管那一個是在上，那一個在下。也可以由連接這兩個星的線之各種位置而很準的猜測出夜裏的時候。

王良一這星是一個很重要的標記，因為牠差不多是在穿過春分點合秋分點的二分線那個大圈上。

這索隱圖(第四十一圖)指出黃道北極的位置，合天球北極在二萬五千八百年的周期時

間所走的圓圈之大部分。

既然願意對星座作进一步的詳細研究的讀者，必得去看以前說過的書，或別種同樣性質的書，所以在這裏可以幫助他對我們的小圖解上所沒有的星座先有一點認識，提出每個月，描述他那時將看見靠近或在子午圈上的星座，（都是在我們這圖解的南面邊緣之外的）。並指明那同時在北部靠近或在子午圈上繞北極的星座，（合所提出的月相同的）。這樣，在一月一日下午九點鐘，英仙座在天河上的一個密集部分，差不多是在我們頭頂上，並且直接在北極星之南。這星座的形狀是彎曲的一排星，其中最亮的一個是馬腹，屬二等星；又名英仙一。在馬腹南面不多幾度的地方是最奇怪的能變的美人首。英仙座東面就是一個非常亮的白星，在御夫座裏的牝羊。這是天空最亮星中之一個。差不多直接英仙座的南面，眼睛將觸到微閃的星團，牠是在金牛座中的昴星團。在昴星團東南不遠是金牛座中的畢宿星團。牠們成一個V字形的形狀，有着一個美麗的紅星，從者，在這字母南支的上端。黃道穿過昴星團和畢宿星團之間。再往南就看見很低的波江座的一部分。牠的星不很亮，但牠的樣子是一排排連貫不斷的。

約在二月一日牧夫座在子午圈上距頭頂不遠。牝羊在西部。正在牧夫座下方，兩個很顯明的星記出想像中一個巨大水牛的金牛座內兩個角的上端。在這些星的南部，閃爍着壯麗的獵夫座。牠的中央是在赤道上。牠在全天空是最燦爛的。有兩個大的一等星，一個是在想像的巨人之肩，是橘色，叫作大人脅，中名參宿四。另一個在牠腳上，是藍白光，叫作大人足，中名參宿七。在這兩星中間伸展着「腰帶」的直線，含有三個美麗的二等星，相距約一度半。牠們的名子，從最西面一個起，是圍腰 (Mintaka), Alnilam 和 Alnilah。直接在腰帶下面，在一短列模糊的叫作「腰刀」的星中是獵夫座大星雲。我們可以看出這腰帶中的三個星是指向大犬座中的後犬。(牠是在所有的星中最亮的)。不過牠們所指的方向不十分準確。當大犬座升自東邊。在獵夫座下是一個天兔的星座。三月一日佔據頭頂上部分的是很模糊的天貓座。在牠南面，橫着黃道的雙子座；和巨蟹座。這兩個和金牛座一樣是屬於黃道帶的。雙子在巨蟹的西部，有着兩個差不多而相距約五度的星。偏西北方的一個是學兄，另一個是學弟。巨蟹座由一小團模糊的，叫作驢槽（有時叫作蜂房）的星指明出來。直接在雙子的南面是亮而孤單的星叫前犬，屬於小犬座。後犬合大犬座裏別的星是在

前犬的西南方。

四月一日，黃道帶的獅子座靠近子午圈。牠可以由畫出這想像的雄獅之頭部合胸部的鐮刀形來認出。在鐮刀柄端的亮星是獅頭。在獅子座上方，在牠與大北斗之間，有一羣屬於小獅座的星，叫作小獅座。再往南是一條彎曲的帶形星，牠是長蛇座（水蛇）。牠的主要星，孤獨（中名星宿一）微紅色，那時是在子午圈西和赤道南不多幾度。

在五月起始，當北斗七星差不多是在頭頂上的時候，小的獵犬座直接在北斗柄下，同時在那南面是一個包括着許多小星的，蛛網樣的地點，那就是后髮座（或白倫尼斯皇后的頭髮）。再往南在黃道與赤道相交地方，秋分點，是大的室女座（或稱處女），也是黃道帶的一宮。牠裏面主要的星，麥穗，像一塊潔白的玉，那時在子午圈東二十度。在室女座下偏西方，是巨爵座（又名酒樽），合鳥鴉座。長蛇座中的星繼續地在這些星座下向東伸展。最西的巨爵座包抱着許多星形成一個粗略的半圓形，口向東。含有亮星的鳥鴉座，形狀是一個四角。

六月一日大的金色星牧熊從東方在高處漸走近子午圈。要找牠的位置，可以用眼睛順着北

斗七星的柄走，繼續在離開牠之後再向前進約有北斗全長的一個距離。這個壯大的星是牧熊座中的領袖。在室女座裏的麥穗，這時候是在子午圈西面一點。

七月一日當天龍座的中心在天頂北面的子午圈上時候，美妙的叫作北冕的小星團是直接

在頭頂上。在牠東北距離不遠的地方是一個雙四角形，是武仙座。同時正在北冕南面是一線彎曲向東的星，是巨蛇座。在巨蛇座的西南，有兩個星離開很遠的，但同是二等星。牠們是屬於黃道帶的天秤座。同時下方東南部是燦爛的紅星叫作似火。牠屬於黃道帶中的天蠍座。

在八月一日天龍的頭在子午圈上，靠近天頂。在牠南面向西是武仙座，向東是非常燦爛的織女星，在天琴座中。在美麗上別之星很少有能合織女（又名天琴一）相比的。牠的光是很確定的藍白色。用遠鏡觀測起來，這光色就更強。在武仙座南有兩三列頗大而散開得很遠的星是蛇夫座（或持蛇人）。這星座伸展跨過天球赤道。在牠下面天河的一個稠密部分是天蠍座。天蠍座的彎線從那時在子午圈西的似火起，經過子午圈東很長的距離到一對小星爲止。這對小星代表這想像的怪物身上豎起的毒針。

九月一日天河直接橫在頭頂上。在牠中間有叫作北十字的大而顯明形狀在照耀。這是在天鵝座中。在十字架頭上的亮星名叫鵝尾。在十字架下，天河的東邊是天鷹座，有一個亮星飛鷹。而在飛鷹兩邊不遠的地方都有一個小點的星。（譯者按：飛鷹即中國俗謂之牛郎星。）這時低處的南方，子午圈西不遠，一部分浸沈在天河最亮的部分中，是黃道帶的人馬座（或射手）。牠的一羣星中有幾個集成一個形狀，像長杓的鉢口向下。這個有時叫作天河斗（或牛乳斗）。在天鵝座或天鷹座東面有一個金鋼石樣的形狀，記劃出小的海豚座。

在十月的起始，鵝尾靠近子午圈，正在南方的天空是很燦爛的。天赤道南低處是黃道帶的摩羯座（或山羊）。在這個想像中的獸之頭部有一對很可注意的星。

在十一月一日，仙后座走近頭頂上的子午圈。飛馬座中的「大四角」是在天頂南面子午圈上。同時飛馬座的西南方，黃道帶的寶瓶座（或持水人），在黃道上出現。我們可以利用在寶瓶座上半的一個很古怪而伏臥的Y字形來找出這星座。在這星座南三十度地方，有很亮的魚頭在照耀。牠是在南魚座中。兩個形成飛馬座裏「大四角」東邊的星是很有趣味的。因為，牠們合仙后座

裏的王良一相同，是緊靠着二分圈的。北面的一個叫作馬尾，南面一個叫作飛馬三。馬尾是一個被兩星座所爭的星，因為牠不但記劃出飛馬座的四角形，牠也表明在著名的仙女座中處女的頭部。

十二月一日，仙女座差不多是直接頭頂上，在仙后座之南。這星座的記號是一排三個二等星。由馬尾起頭，終於靠近飛馬座的坤履。中央的一個星叫作細腰。在細腰西北方幾度遠的地方，是仙女座大星雲在微微照耀。仙女座下方，子午圈西，是黃道帶的白羊座，有三個一羣形成一個三角形的星表明牠。其中最亮的叫作 *Marnai*。從白羊座向西南是黃道帶的雙魚座。牠包抱許多模糊而成對的星，順着黃道向西方伸展到很遠。黃道在春分點跨過天球黃道，那裏是這星座的西端。雙魚座合白羊座南是闊的鯨魚座，由牠的星所組成的許多大四角形合五角形記出的。靠近這星座的中央，是著名的變星，善變，牠又名鯨十五。但平常用肉眼看不見牠。

只要少少運用一下，即使只有這裏所貢獻的一點點助力，任何人全可以練習認識這些星座。假如你努力，你將覺得這樣所獲得的知識，其用處合快樂是一樣大的。

本書中一切中文譯名按民國二十二年四月教育部公布之天文學名詞，商務印書館出版。

附 錄

重要星座之中西名對照表

附錄

重要星座之中西名對照表

二 畫

人馬座 Sagittarius

三 畫

大犬座 Canis major 小犬座 Canis minor

山羊座 Capri cornus 小獅座 Leo minor

大熊座 Ursa major 小熊座 Ursa minor

四 畫

天鷹座 Aquila 天鵝座 Cygnus

天龍座 Draco 天秤座 Libra

天琴座 Lyra 天蠍座 Scorpio

天兔座 Lepus

五 畫

仙女座 Andromeda 白羊座 Aries

巨蟹座 Cancer 仙后座 Cassiopeia

半人馬座 Centaurus 仙王座 Cepheus

北冕座 Corona borealis

玉夫座 Sculqtor 巨蛇座 Serpens

六 畫

后髮座 Coma, Coma bereices

北三角 Triangulum

八 畫

牧夫座 Boötes 波江座 Eridanus

武仙座 Hercules 金牛座 Taurus

九 畫

蛇夫座 Ophiuchus, Serpentarius

英仙座 Perseus 室女座 Virgo

南魚座 Pisces australis

十 畫

烏鴉座 Corvus 海豚座 Delphinus

十一 畫

御夫座 Auriga 飛馬座 Pegasus

十三 畫

獅子座 Leo

十八 畫

寶瓶座 Aquarius 獵犬座 Canes venatici

雙子座 Gemini 獵夫座 Orion

雙魚座 Pisces

十九 畫

鯨魚座 Cetus

重要恆星之中西名對照表

附錄

重要恆星之中西名對照表

		三 畫	
大人脅	Betelgeuse	大人足	Rigel
		四 畫	
王良一	Caph		
		六 畫	
似火	Antares	牝羊	Capella
		八 畫	
坤履	Almaack	牧熊	Arcturus
孤獨	Alphard		
		九 畫	
前犬	Sirius	後犬	Procyon
美人首	Algol	昴星團	Pleiades
		十 畫	
馬尾	Alpheratz	馬腹	Algenib
		十一 畫	
飛馬三	Gamma pegasi	細腰	Mirach
飛鷹	Altair	麥穗	Spica
從者	Aldebaran	畢宿星團	Hyades
		十二 畫	
善變	Mira		
		十八 畫	
鵝尾	Deneb		

二十二畫

學兄

Castor

學弟

Pollux

二十六畫

孛孛

Praesope

天文淺說

省立新竹中學

書碼

△821
0899
1.702

登錄號碼

010978

一九六

天文學名詞一書中所無之名詞

附錄

天文學名詞一書中所無之名詞

		譯文頁數
Molecular velocity	— 分子速律	p. 120
Critical velocity	— 逃逸速律	p. 120
Meteor	— 流星質體	p. 16
Oases	— 肥田	p. 141
Display	— 呈現	pp. 161-163
Wolf rayet	— 狼光星	p. 168
Meridians of Longitude	— 黃經圈	p. 22

各行星之衛星

火星之衛星

音譯

Deimos	— 帝冒	p. 142
Phobos	— 弗卜	p. 142

木星之衛星

Io		p. 146
Europa		p. 146
Ganymede		p. 146
Callisto		p. 146

一九七

土星之衛星

Mimas	— 米瑪	p. 150
Enceladus	— 恩西拉都	p. 150
Tethys	— 特才斯	p. 150

Dione	— 帝歐娥	p.	151
Rhea	— 瑞阿	p.	151
Titan	— 番丹	p.	151
Hyperion	— 海波瑞盎	p.	151
Phoebe	— 費璧	p.	151

天王星之衛星

Ariel	— 阿瑞愛	p.	151
Umbriel	— 安不瑞愛	p.	151
Titania	— 番丹尼	p.	152
Oberon	— 歐伯倫	p.	152

四小行星之專名

Ceres	— 西來	p.	142
Pallas	— 巴拉	p.	142
Vesta	— 韋達	p.	142
Juno	— 玉歐	p.	142

在第一八五頁中（譯文）有數星之專名未譯，只附以中國原名。

在第一八八頁中（譯文）有獵夫座形成腰帶之二星專名未譯，中國原名亦未找到，故只直書原名。

在第一九二頁中（譯文）白羊座之一星 Hamal 專名未譯，中國原名亦未找到，亦只直書原名。

編主五雲王
庫文有萬

種百五編簡集二一第

說淺文天

Astronomy in a Nutshell

究必印翻有所權版

中華民國二十四年三月初版
中華民國二十八年九月簡編印行

原著者

G. P. Service

譯述者

許煥光

發行人

王雲五
長沙南正路

印刷所

商務印書館

發行所

各埠
商務印書館

(本書校對者朱德成)

◆ G 一三三八

高

14443



省立新竹高中圖書館



00010978

4

4

1978