


趣 味 中 心

正 中 科 學 知 識 叢 書

宇 宙 與 天 體

陳 雨 暘 編 著



正 中 書 局 印 行

序

最先要申明的是這本小冊子“宇宙與天體”並不是通俗文學，而是編者近年來在各大學講授自然地質學，天地史學及自然地理學時所搜集的一部分的材料。因為地球為一行星，故講地質學——特別是講述地史學時，不能不詳及其生因，由是及於太陽系，銀河系，大宇宙等問題，不知不覺便闖到天文學的前庭了。但是，慚愧得很，恐怕也不僅是編者一人，凡講述地學諸科目的人十中八九對於天文學是門外漢。因為限於數理的程度，故未能深進其堂奧。這即是本篇的缺點。不過，本篇目的原來僅在供給講述“地球的起源”及“天界地理學”時的參考材料。如須再進一步作數理的研究，則唯有請教現代的天文學家了。

因為系統的關係不能不先從一般原則的理論講述，初讀者或覺其茫無頭緒，故先作一譬喻說明大宇宙的系统，以備

讀者閱讀本篇時的參考。

我們可以一大聯邦例我們的大宇宙組織。構成這大聯邦的分子有一大王國，一大公國，許多的獨立小侯國及王國。其與各國家相當的天體集團則如下表所示。

- (a) 一大王國……我們的銀河系
- (b) 一大公國……仙女座星雲
- (c) 多數的獨立侯國……銀河系外星雲，直屬於大宇宙。
- (d) 多數的王國……銀河系外星雲羣。各王國之下，又分割為多數的侯國。

大王國，大公國，各王國，各侯國的治下一樣有各種委員會的組織（恆星系），有多數的軍團（星團），又有民衆（氣體星雲）。

我們的太陽或為某種委員會的一分子，或為某獨立機關的長或主席，雖不得而知，但為大王國的一部分則可無疑義。

以上是我們大宇宙的內容，並且在理論上測知那些獨立侯國和王國抱有極大的野心，無時無刻不在擴張她們的空間領域。至於她們的野心至何時纔能息歛，實無法解決。這便是宇宙膨脹論之所由來。若要再追究下去，那就請教愛因斯坦 (Einstein)，都席塔 (de Sitter)，魯姆陀兒 (Lemaître) 等數理哲

323.9 5667
8737

41

3

學家也無法解答了吧。

編者非不知此篇內容的簡陋，但仍急欲求其出版的第一動機，是在插圖的發表。當講述上述諸學科時，常感圖表的缺乏。海內專家對於這一點諒有同感。

第二目的是欲從熱中於爭權奪利的人們頭上澆一盆冷水，使他們反省一下本身的渺小，使他們覺悟每日以蝸牛角為戰場之無意義。能更進一步做點於人類更有意義的事業，則此書之出世亦算功德無量。

本篇倉卒付印，錯漏在所不免，希望海內大家不吝指正，以便重版時改訂，至盼至感。

最後須特別鄭重申明者，本書得以問世，完全出於我所最敬愛的老友薛良叔先生之鼓勵與後援，特誌之以申謝忱。

當編本篇時所用參考書列舉如下。

- (1) Moulton: Introduction to Astronomy
- (2) 日本新光社: 天體的驚異
- (3) 高橋純一: 地理學通論第一卷
- (4) 北田宏藏: 數理地理學
- (5) 岩波書店: 理化學辭典 (商務將有譯本)
- (6) 國立編譯館: 天文學名詞

南京 2713
048572

(7) 國內外科學雜誌多種



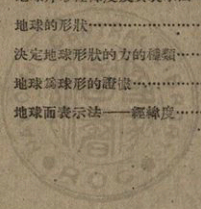
目次

第一章 宇宙的觀測.....	1—15
第一節 天球.....	1
第二節 星的觀測.....	5
第三節 星距離之測定.....	9
第二章 恆星.....	16—31
第一節 恆星和星座.....	16
第二節 恆星的光度及等級.....	21
第三節 恆星之光譜品.....	22
第四節 恆星的進化.....	26
第三章 宇宙構造與銀河.....	32—54
第一節 各時代的宇宙觀.....	32
第二節 銀河系與本星系.....	36
第三節 銀河系的迴轉.....	39

第四節	旋渦星雲	43
第五節	島宇宙說	47
第六節	膨脹宇宙	51
第四章	星團和星雲	55—69
第一節	何謂星團及星雲	55
第二節	星團及星雲的分類及距離	56
第三節	星團及星雲的容積和運動	59
第四節	銀河系星雲的物理性	62
第五節	銀河系外星雲的物理性	64
第五章	聚星與雙星	70—74
第一節	何謂聚星	70
第二節	雙星之進化	72
第六章	宇宙塵	75—79
第一節	浮遊於空間的稀薄物質	75
第二節	星和星中間的空間並不透明	76
第三節	瀰漫於銀河系的鈣雲	77
第七章	變星	80—87
第一節	變星的發見	80
第二節	變星的觀測法	81

第三節 變星的分類.....	82
第四節 新星型變星.....	83
第五節 規則型變星.....	84
第六節 蝕變星.....	87
第八章 太陽系概觀.....	88—100
第一節 太陽系的組成員.....	88
第二節 波特定律.....	89
第三節 行星的現象.....	90
第四節 行星的諸性質.....	93
第五節 太陽系的成因.....	96
第九章 太陽.....	101—112
第一節 太陽邊緣的疑問.....	101
第二節 太陽及其黑子.....	104
第三節 太陽的其他性質.....	108
第十章 行星的運動.....	113—121
第一節 行星的視動——天動說.....	113
第二節 地動說.....	115
第三節 行星的自轉和公轉.....	118
第四節 行星的相互位置及特殊運動.....	119

第十一章	水星金星及火星.....	122—131
第一節	水星.....	122
第二節	金星.....	125
第三節	火星.....	127
第十二章	木星和土星.....	132—142
第一節	木星.....	132
第二節	土星.....	136
第十三章	天王星海王星及冥王星.....	143—157
第一節	天王星.....	143
第二節	海王星.....	145
第三節	新行星冥王星.....	152
第十四章	小行星彗星及流星.....	158—173
第一節	小行星.....	158
第二節	彗星.....	162
第三節	流星和流星羣.....	165
第四節	隕星.....	170
第十五章	地球及其衛星.....	164—209
第一節	自轉及其影響.....	174
第二節	地球公轉及其影響.....	181

- 第三節 四季及晝夜的長短.....182
- 第四節 月及其運動.....185
- 第五節 月蝕及日蝕.....192
- 第六節 曆.....196
- 第七節 歲差章動及攝動.....200
- 第十六章 地球外形經緯度及其表示法..... 210—220
- 第一節 地球的形狀.....210
- 第二節 決定地球形狀的力的種類.....213
- 第三節 地球爲球形的證據.....215
- 第四節 地球面表示法——經緯度.....216
- 

第一章 宇宙的觀測

第一節 天 球

凡研究地球的人，必須明瞭地球在宇宙間——天界的位置，及從其他天體(Celestial body)所受的影響。因為地球是天體之一，牠和星辰界有極密切的關係。故在研究地球——地質學及地理學之先，對於宇宙和天體，必須有相當的理解。否則不能達成其研究的任務。

天界(即星辰界)的大概情狀如何？這在我們——不問從事學術研究與否——誰都急於欲知道的。欲明瞭星辰界的情況，須先就地球決定一個方位系統以為觀測。故一般假定有一個天球(蒼穹)包裹着我們的地球。天球(Celestial sphere)者，乃以地球為中心，在其周圍的一個空間的大球面。我們從地球上將一切天體都投影到這個天球上，而決定

牠們的位置。

將通過地球南北極的地軸延長至與天球相交，其相交的兩點即是天球的南北極。在這點位置上的星謂之極星。因地球的自轉，天球上的諸天體（星辰）以極星為中心而左旋，是為天體的視動（Apparent motion）。一日之間，在外觀上，在我們的地球周圍旋轉一週，是謂天球的左旋。

將地球上赤道及經緯度投影於天球之上，是即天球的赤道緯線及子午圈。即假想將地球的赤道面延長至與天球相交，則此圓周即為天球的赤道。天軸即與赤道垂直，連結天球兩極的直線。天球的經緯亦由同樣方法為決定。因地球的自轉，結果除赤道及緯線外，子午圈常在移動（第一圖）。通過某一天體的天球子午圈，稱之為該星的時圈（Hour circle）。某



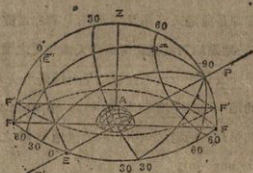
第一圖

天體的時圈即是通過天球極及該天體，且與赤道直交的一大圈。延長某一地點的鉛直線在兩端與天球相交之點謂之天頂 (Zenith) 和天底 (Nadir)。又假想地平面延擴至與天球相交，則此假想的地平謂之視地平 (Sensible or apparent horizon)。與視地平相平行，通過地球中心的假想地平謂之地心地平 (Geocentric horizon)。

連結某天體和某地點的直線與地平面所作角度表示該天體的高度，在天文學上稱之為地平緯度 (Altitude)。因地球的自轉，故在某地方的某星的地平緯度因時刻而有變化。當觀測天體時須加注意。

地軸和地球軌道面之間作二十三度半的傾斜。太陽的視軌道即為黃道 (Ecliptic)。故黃道面和天球赤道面亦作二十三度半的傾斜，兩者相交於兩點，即春分點和秋分點，此當詳述於第十五章中。如第二圖所示， Z 為天頂， PP' 為天極， EE' 為天球赤道， E 為春分點， EEF 為黃道， $F'AF'$ 為視地平。

由時間表示某天體的時圈與某地點的子午圈所作的角度謂之時角 (Hour angle)。子午圈常在移動。一般計算通過春分點的時刻表示某天體的時角，以決定星的位置，與春分



第三圖

點在同一時圈上的星的時角為零。

連結某地點與某天體的直線與該地點的地平面所作角度(方向)即為該星的方位 (Orientation)。

天球緯度不受地球自轉的影響,故無變動,稱之為赤緯 (Declination),在赤道以北為正(十),在其以南為負(一),至兩極各為九十度。天球的子午圈常在移動,故假定以春分點為零度,向東繞赤道迴轉,分設多數子午圈,謂之赤經 (Right ascension),一般以時角表示赤經,以天頂距 (Zenith distance) 表示赤緯。

以同樣的方法可以決定黃緯及黃經。黃緯是與黃道面平行的線圈。黃經亦以春分點為基點,按向東迴轉的順序以決

定之。

通過銀河帶中央的天球大圈謂之銀道 (Galactic circle)，與銀道相平行的諸圈謂之銀緯 (Galactic latitude)。又以銀道與赤道的交點為基點可以決定銀經 (Galactic longitude)。

決定天體的位置，有時用方位角和地平緯度，有時用赤緯及時角，有時用黃經及黃緯，有時又用銀經及銀緯。一般視星的距離遠近以決定所用的方法。最普通的方法仍多用赤經赤緯以決定星的位置。

第二節 星的觀測

在古代的埃及，雖有天文的觀測，但自伽利略發明遠鏡以後，天文學才獲得長足的進步。

侯失勒 (Herschel) 得其妹加羅林之幫助，製成長 12.1 公尺的折光遠鏡 (Refractor)，這在天文學史上是極有名的故事。最近遠鏡的製造有驚人的進步，故天文學亦因之益見發達。現今遠鏡倍率有達至三千倍以上者，能將月球移至約 192 公里的近距離加以觀測。(月球實距離約 394000 公里)。最大遠鏡為美國威爾遜山天文台的折光遠鏡。其內部構造因用途不同而有種種的分類。即有所謂赤道儀 (Equatorial)，

鏡軸常與地軸平行，星的攝影亦用此裝置。又有所謂天頂儀 (Zenith telescope)、子午儀、經緯儀 (Theodolite)、中星儀 (Transit) 等裝置。前兩者用之於測經緯度，能在上下方向迴轉；後兩者構造相類似，在水平與垂直方向均可迴轉。

自攝影術應用於遠鏡之後，天文學更有一段進步。近來小行星與新星等的發見，都是應用遠鏡的攝影。因按此方法可以除去個人觀測的誤差而作成精確的星圖。星圖 (Star charts) 即是天界地圖，詳細記入天極、赤經、赤緯、黃道十二宮、各星座，及各天體星雲的分布、等級、種類等。觀測天體時可作參考。

其次分光學應用到天文學上之後，天文學的發達更加是一瀉千里，真可說是登峯造極的了。因為利用星的光譜可以研究星的化學組成及其溫度，更進而測知牠們的魔力及溫度等狀態。其詳細理論須參讀天文學專書。本篇祇介紹由光譜的研究而獲得的天界的現象而已。

一定的色光有一定的折射率，在普通物理學上既有說明。日光通過稜鏡之後，表現為七色的連續光譜，稱之為日光的光譜。在這七色的光譜中，含有多數的黑線，表示太陽面有一種氣體物質作大氣而存在，即所謂吸收光帶。若能使這些

氣體物質發光，則黑線可以變為輝線。當閱讀關於天體的光譜的專門書籍時，必須牢記着這個事實，否則不易明瞭天體的真義。例如天體中含有鈉成分，則鈉光在光譜上呈黃色帶，稱之為D線。即各種物質各有特殊的光譜。反之，觀測星的光譜屬於何種，即可以斷定其含有何種物質。一般固體、液體，及在強壓下的氣體表示連續光譜。普通氣體則表示輝線或吸收線的光譜。故由光譜型不僅可以明瞭星的成分，並可以測知其成分狀態，間接即可以推知其溫度及壓力。例如太陽的光譜為連續光譜，故推知其為在強壓下的氣體，並含有氫、氦、鋁、銅、鐵等元素。

在天文學上應用分光學以來，最足驚人的效果是 1869 年時哈京斯(W. Huggins) 氏應用光譜以觀測星的運動。

原來我們對於各種色的感覺是基於該色所特有的光波振動刺激我們的神經。各種色波各有一定波長及振動週期，後者的逆數謂之振動數。波長大者為紅光，其振動數小；波長小者為紫堯，其振動數大。發光體向觀測者前進和後退之時，光波互相干涉而變化其振動數。即當前進時，增加其振動數；當後退時，減少其振動數。故波長亦因發光體的進行速度和方向而伸縮。星與觀測者相接近時，波長縮短，移變為紫色的

方向；遠離時，則移變為紅色的方向。故另設定一個不移動的光源為標準而檢查移動的發光體的光譜，即可以明瞭後者的性質。吾人由光波的干涉現象，可以測知恆星的運動狀態及其直徑等。

應用上述原理可以求星的視線速度 (Radial velocity)。凡物體沿視線方向遠離或接近的速度謂之視線速度。在天文學上按星的光譜上的多卜勒效應可以求出星的視線速度。即星若遠離我們，則光譜線趨向紅色方向，星若接近我們，則移向紫色方向。此事實於1868年由哈京斯所發見。霍格爾 (H. O. Vogel) 則應用之於銀河觀測，以 km/sec 為單位，以 (+) 表示遠離，以 (-) 表示接近。通常用銀的光譜為標準，以比較光譜線。事實上的記錄很複雜，因地球的種種運動及對太陽的關係等，對於所求出數值均有影響，須加以修正。今日已決定視線速度的星數約四千以上，以 $10-30 \text{ km/sec}$ 者居多數，超過 100 km/sec 者甚少。距離愈遠則視線速度愈大。最近測知有以數千 km/sec 以上的速度遠離我們的旋渦星雲。

自轉的天體其一半面接近地球，其他半面則遠離我們。亦由上述的光譜變化，亦可以觀測此事實。至其正確率據美國力克 (Lick) 天文台測某天體的結果，則有如下表所示。

(1890)。

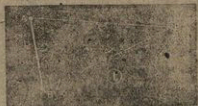
月/日	光譜觀測結果	理論計算
8/16	每秒11746公里	每秒13033公里
8/12	每秒14312公里	每秒13194公里
9/3	每秒13355公里	每秒13355公里

即誤差最大的限為每秒 1.5 公里以下。據霍格爾的經驗，則需平均誤差為每秒 3 公里，故須加以種種的修正，近既漸見改良矣。

第三節 星距離之測定

(1) 何謂視差 (Parallax)

當測量星的距離用怎樣的尺度，用如何的方法呢？驟然看來似極難的問題。其實測算星的距離之原理至為簡單。如第三圖所示，若想測定 AB 線和 P 點間的距離，不管 P 點或在隔河的那一邊，或在極高的山頂上，我們祇要精密的測定了 AB 的長度以及 APB 角的度數，便可以算出由 AB

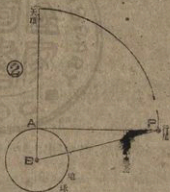


第三圖

線至 P 點間的距離。

測算星的距離也是應用同樣的原理。今假定 AB 為地球的半徑， P 為所欲測定的星體。地球半徑約 6370 公里，故若測定了 APB 角的度數即可以求出星的距離。若用專門的術語表示 APB 角叫做地平赤幅視差 (Equatorial horizontal Parallax)。換句話說，即是從星那邊望見地球赤道半徑時的角度，在月球為平均 5017 分之 8 秒，在太陽為平均 8.8 秒，在海王星約 0.8 秒(第四圖)。

對於吾們太陽系內的天體，上述的方法儘夠應用。但對於一般恆星，若以地球的赤道半徑為基線，則 APB 角的角度未免過小。如第五圖所示，一般以由地球至太陽間的平均距離——約 14950 萬公里——為基線。



第四圖

一年之間，地球在太陽周圍公轉一週而刻刻在變更牠的位置。因此，由地球上所望見的星的方向，即天球上的星的位置亦在刻刻變更。不過這種變化極其微小。距離愈近的星，這

種位置的變化便愈大。地球一年間繞太陽公轉一週的軌跡是一大



第五圖

橢圓形。這個橢圓的長軸恰等於由地球至太陽間的距離的兩倍。故欲測某一星體的距離，祇要測定由那顆星望見太陽和地球間的角度即可——我們稱這個角度為周年視差，或簡稱視差 (Parallax)。

視差角若為一秒，在天文學上稱為一秒差距 (Parsec)，是為天球的長度單位。柯波特 (Kobold) 的星距 (St. rnweite) 亦和塔那 (Turner) 的秒差距相等。一秒差距等於 3.259 光年。今將視差光年及秒差距的對照表列記如下。

視 差	光 年	秒 差 距	10^{13} km
1.0'	3.259	1.00	3.084
0.5	6.518	2.00	6.168
0.4	8.148	5.00	8.184
0.3	10.86	8.38	10.25
0.2	16.30	5.00	15.42
0.1	32.59	10.00	33.84

此外有用 0.2 秒及 0.203 秒為視差單位的方法，都是以最亮的天狼星 (Sirius) 的視差角為基準，故稱之為天狼星距離 (Siriusweite) 或天狼星公尺 (Siriusmetre)。更小的天文學單位 (Astronomical unit) 則為地球與太陽間的距離 149400000 公尺。每一秒差距等於 206000 天文學單位，約 30 億公里。一天狼星公尺則與百萬天文學單位相當。通常以光一年間所進行的距離表示星的距離（一秒間約三十萬公里，一年間約九萬五千億公里）。例如半人馬座 (Centaurus) 星為 1.8 秒距離，約與四光年相當。

(2) 太陽及月距離的測定

月球距地球太接近，故須在同一子午圈上選擇相距較遠的兩地點以測定其視差角度。若測太陽的距離則以金星、水星等通過太陽面的時候，即起凌日 (Transition) 現象的時候視甲乙兩地同時測金星等在太陽面的投影（小黑點）以求其視差；或由水平視差以決定之。

因地球的自轉，觀測者朝夕移動的位置差等於地球的直徑。朝夕所測視差角謂之日視差。其二分之一（即連結太陽和地球的中心之直線與連結太陽和觀測者的直線相交之角）謂之水平視差 (Horizontal parallax)。假定水平視差為 θ ，地球

半徑為 R ，地球與太陽間距離為 D ，則

$$D = R / \sin \theta, \quad R = 6870 \text{ km}, \quad \theta = 8''.8,$$

即 $D = 149500000 \text{ km}$ 。

太陽的視半徑為16分1.31秒，故其直徑為698000公里。

此外由光的速度亦可以測定某種天體的距離。自菲左 (Fizeau) 氏發見在實驗室內可以測定光速度的方法以來，利用天體的蝕現象即可以測知其距離矣。

天體的直徑則由地球上所觀測的視半徑及距離計算之。若星的視半徑不容易測定，例如觀測恆星，近來多利用邁克爾孫的干涉計 (Michelson's interferometer) 以測定之。

以上所述係測定天體距離的原理。實際上受地球上的大氣，各種運動及其他天體的影響，所得數值必須再加以訂正。

(8) 星團和星雲的距離

在天文學上所測定的切近大銀河系中心的各星的距離，大體不超出四五百光年的範圍。不過在銀河的外邊，還有無數的星團和行星狀的星雲。並且在遠離銀河那一邊，尚有可以和銀河相匹敵的宇宙。像這些特殊的星的距離，要用怎樣的方法去測定呢？所謂三角視差及其他的方法是再不能適用

的了。

沙普利(Shapley)等多數的天文學者對於這個問題曾加以研究。結果，這個難題得到了解決。在球狀星團和旋渦星雲裏面發見了數顆和造父變星(Cepheid variable)相似的變星，即所謂星團型變星(Cluster type variable)。1912年，利亞章德(Leavitt)女士就於墨氏鵝尼雲中的25顆這種變星加以研究，發見了週期和絕對光度之間有一定的關係。沙普利便應用這個週期光度法則以測定一般星團的距離，即由週期的測定求出絕對光度，在另一方面由照片求出視光度，互相比較，可以簡單的測知牠的距離。按這種方法他計算出武仙座(Hercules)的球狀星團距離為三萬五千光年。又求得 *N. G. C. 7006* 的距離為二十三萬光年。

威爾遜山天文台的哈布爾氏在仙女座星雲外邊發見了變星，也應用這種方法求得牠的距離為八十五萬光年。又最近在非常接近我們的其他宇宙裏面，也測算出有遠距我們一億二千萬光年的星雲。

原來變星的種類和光譜型有一定的關係。一般光度極大之時，屬於巨星。因光度變化，其光譜型，色指數等亦略有變化，即表示其溫度的變化。其變光週期、振幅(光度極大與極

小之差)、平均光度(極大與極小的平均)等之間的關係亦經詳加研究。特別是短週期變星,其光度愈強的,週期亦愈長;是謂之週期光度的關係法則,於 1912 年爲利亞偉德女士所發見。沙普利氏等卽利用此法則可以測定含有此種變星的星雲或星團的距離。

如上所述,在我們的智識範圍以內已經發見有光波亦須進行數百萬年數千萬年,才能達到的星辰。但是若以這種距離和大宇宙相對照,仍然是極爲渺小。故知大宇宙之範圍到底廣漠到如何的程度,尙有待於今後科學的研究。

第二章 恆星 (Fixed star)

第一節 恆星和星座

散在於天空中有無數的星長，其相互間的位置常一定不變，是爲恆星。有少數的星或由東向西順行 (Direct motion) 或由西至東逆行 (Retrograde motion)，常變更其位置，是爲行星 (Planet)。行星的性質當於第九章太陽系項中詳述之。今先述恆星的種類性質。

我們的太陽亦爲一恆星。但在太陽之外尚有多數的恆星。凡恆星自身都能發光，大都距我們的地球甚遠。最近的恆星距地球亦有 3.6 光年的距離，其遠者竟達數百萬光年。外觀上恆星似固着於天球之上，但實際上則在空間以任意的方向及距離而運動。通常吾人視力所能看見的恆星是在六等星的範圍內，總數約六千個。但等級數愈增加，則恆星數也愈增

加。

因地球的自轉，恆星似以北極星為中心，在地球周圍作左旋運動，則既如前章所述。故吾人住於北半球者，在一年之中都可以看見北極星周圍的恆星。其有位於地平線附近的恆星，則限於某一時節始能看見，此現象是基於地球公轉的影響。

古代希臘人及埃及人區分恆星為多數之羣，稱每一羣為一星座 (Constellation)，並附加以種種的名稱。星座之數，在布拉挨 (Tycho Brahe) 的時代僅有五十餘。但在今日已達一百七十以上。

恆星裏面除有特別名稱者外，常以希臘字母表示之。例如雙魚座 (Pisces) 的 α 之類。按光度大小順序而附以希臘字母。希臘字母不夠用的時候，則用羅馬字母。亦有使用數字為命名法的，按赤緯大小順序排列數字。

今試將北半球的主要星座 (在北緯四十度附近常能看見者) 列舉如下。

- (1) 大熊座與小熊座 (Ursa major and ursa minor)，大熊座即北斗星，其最後二星間約五度。連結此二星的延長線上，約二十五度之處，即為北極星。此二星座之英

文名爲 Great and little bear。

- (2) 仙后座 (Cassiopeia), 英文名 Lady in her chair, 主要星有四個, 作W字形, 跨銀河而夾有北極星, 位於與大熊星相反對之方向。
- (3) 仙王座 (Cepheus), 與仙后座相隣, 一部分跨銀河, 其中有雙星及變星。
- (4) 天龍座 (Drago), 天球北極即黃道極在此星座內, 圍繞小熊星作細長形, 其中之 α 星爲五千年前的北極星。

以上五星座直接圍繞北極星。

- (5) 英仙座 (Perseus), 跨銀河, 接仙后座之南, 其中有著名的變星, 即大陵五星 (Algol)。
- (6) 仙女座 (Andromeda), 英文名 Chained lady。由英仙座與仙后座間跨銀河, 位於其邊上。其中有著名的橢圓板狀的大星雲, 即以吾人的視力亦可看見。在此星座之南有三角座及白羊座 (黃道第一宮)。
- (7) 御夫座 (Auriga), 英文名 Charioteer, 沿銀河位於英仙座之南, 在銀河邊上, 有一等星名天庫 (Capella), 隔銀河與金牛座 (黃道第二宮)相望。
- (8) 雙子座 (Gemini), 英文名 Twins, 爲黃道第三宮, 隔銀

河與獵戶座相望，其 α 星名北河二星 (Castor)，爲有名的四合星。

(9) 小犬座 (Canis minor)，英文名 Little dog，介居於雙子、巨蟹及銀河之間。其中之南河星 (Procyon) 速力甚大，距地球十二光年。

(10) 巨蟹座 (Cancer)，英文名 Crab，黃道第四宮，其中有著名的蜂巢星團 (Praesepe)。

(11) 獅子座 (Leo)，黃道第五宮， α 星名女王星 (Regulus)，在連結大熊星最後二星的延長線上，即與北極星約在同一直線上。在此星座每年十一月間發現流星羣。

(12) 室女座 (Virgo)，黃道第六宮，其與天球赤道的交點即秋分點。

(13) 牧夫座 (Boötes)，英文名 Bear keeper，其中之大角星 (Arcturus) 爲最有名，距地球六十五光年。

除上舉者之外，由秋至冬比較明瞭的星座有下列之三種。

(14) 金牛座 (Taurus)，英文名 Bull，黃道第二宮，排列成 V 字形，故容易辨認。其中有畢宿 (Hyades) 及昴 (Pleiades) 兩大星團。

(15) 獵戶座(Orion), 沿銀河與金牛座相隣, 其肩部有參宿星, 右肩爲參宿四星 (Betel geuse); 左肩爲參宿七星 (Rhigel), 皆屬一等星。其帶部有相連成列的三個星。又有與劍或剃皮部相當的小星羣, 最容易辨認。在此星座中有星雲。

(16) 大犬座(Canis major), 英文名 Great dog, 在獵戶座之南, 位於銀河附近。其中之天狼星, 在恆星中光度最大, 當一二月出現於南方的天空, 距地球八光年, 在北天爲最近的恆星。

第六圖示獵戶、金牛、鯨魚(Cetus)、白羊、雙魚等星座。



、 第 六 圖

第二節 恆星的光度及等級

在地球面與恆星垂直的單位面積內，以單位時間射來的恆星輻射能量是謂該地面的亮度。一般以此種亮度為該恆星的視光度。用遠鏡所實測光度，謂之實視光度。用相片、光電池及熱電堆等為觀測，則有照片光度、輻射光度等。古代僅以人的視力辨別星的亮度，按其亮度大小分為若干的等級。即由最亮的星至以吾人視力僅能辨認的星之間，區分為六級。侯失勒測定一等星的光度約當六等星光度的一百倍。

但所謂一等星中其光度亦不能一致。例如天狼星為最亮的星，若與其他一等星相比較，則當以之列入超等。又因此種等級的區分，並不參考星的距離及其實視光量，故毫無意義。普格森 (Pogson) 於 1850 年倡用 $\sqrt[5]{100} = 2.5118 \dots$ 的公式，決定光比 (Light ratio)。即星每減低一等級，則光度增加約 2.512 倍。因決定北極星為 2.12 等。若光度超過一等級的，則列入 0 級，負一級，負二級，……等。又位於各等級之間的，則以小數表示之。與遠鏡實測及攝影光度相對應則有實測及攝影等的光度等級。依據普格森的測算，以天狼星屬於 -1.6 級，太陽屬於 -26.7 級。在恆星固有距離上所測得的

光度是視光度 (Apparent luminosity), 必須改算為年週視差 0.7 秒的距離即十秒距差的光度, 是為絕對光度 (Absolute brightness)。絕對光度的等級謂之絕對星等 (Absolute magnitude)。故視等級為 m , 視差為 p 秒的恆星的絕對星等若為 M , 則按 $M = m + 5.0 + 5 \log p$ 公式求其絕對星等。

第三節 恆星之光譜品 (Spectral class)

自 1821 年, 夫牢因和斐 (Fraunhofer) 觀測恆星的光譜以來, 哈京斯和石基 (Secchi) 兩氏再深加研究。石基氏 按恆星的特徵, 區分為四型。霍格爾和皮加林 (Pickering) 亦作大同小異的分類。現在國際間所通用的光譜品為哈佛天文台所發表的德累柏恆星表 (Draper catalogue)。據此表, 區分恆星為 $P, Q, O, B, A, F, G, K, M, N, R$ 及 S 各型。恆星的 99% 皆在由 B 型至 M 型之間。各型再分為十級, 以 $B_0, B_1, B_2, \dots, B_9$ 表示之。 P 型區分為 a, b, c, d, e, f 。 Q 型區分為 a, b, c, \dots, i 。 O 型亦區分為 a, b, c, d, e 諸級。例如 P_a, Q_a 等。又絕對光度甚大, 光譜線甚小者以 c 表示之。又以 g 表示巨星, d 表示矮星。例如以 G_g, K_d 等表示屬 G 級的巨星及 K 級的矮星。其次含有輝線者以 e 表之。有特異性者以 p 表之。線特別明

瞭者以 s 表之。較不明瞭者以 n 表之。具有鈣靜止線者以 k 表之。皆以之作各型的接尾字，例如 M_s 等。

(1) P 型星，例如氣體星雲，表示連續光譜，但極淺淡，有 星雲線 (Nebulium line) 及 H_α H_β 等輝線。

(2) Q 型星，例如新星及變星即屬此型。新星在初期一般表示近似 A 型星的光譜。其次在暗線的紅色部表示輝線。因光度之增加而增大其幅員。及其次在氫素線或金屬線的紫色方面發生第二暗線。更進而表現 B 型星所特有的暗線。此時在與 A 、 B 兩型的暗線間有輝線。即表示新星特有的複雜光譜。光度因振動而漸減小， A 型暗線遂消失，而表示星雲線，即表示 P 型星的特徵，最後則趨向 O 型星。

(3) O 型星，現在既測知屬此型之星數在銀河系內有 166，作行星狀星雲之核者有 39，在墨氏鰐尼雲中有 33；表示 H_α 及既游離的氫等輝線，亦有暗線；因發見者而命名為 佛爾夫來厄星 (Wolf-Rayet star)，但對於有輝線者始用此名稱，若表示暗線者則稱 吸收 O 型星。據一般推定，前者平均溫度為 $13200^\circ C$ ，後者為 $8600^\circ C$ 。亦有位於兩者之間者，愈接近 B 型星，則愈屬暗線型，

屬南船座 (Argo) 的艙座 (Puppis) 即其代表。

(4) *B* 型星，氮之暗線最爲顯著，特別在 B_2 爲最強，氫線亦顯著。有表示此等元素的輝線之星，亦有含氧、氮、矽等暗線者。此型的星光爲微白的黃色光。獵戶座的 δ 及 ξ 星即屬此型，故又名獵戶星。又因氮線甚強而稱爲氮星。

(5) *A* 型星，此型僅表示暗線，氫線最強，氮線甚弱。亦稍微表太陽線（即鈣鎂等線表示於太陽光譜上者）。此型星表示淡黃色。大犬座的天狼星及天琴座 (Lyra) 的織女星 (Vega) 即其代表。

(6) *F* 型星，鈣的 *H*、*K* 線最爲顯著，氫素暗線亦相當強，但較 *A* 型星的爲弱，含有鐵、鎂、鈦、鉻等暗線。此型星光爲黃色。代表的星有小犬座的 α 星及南船座的 α 星。

(7) *G* 型星，代表者爲太陽及御夫星的天庫星，表面溫度約 4500° — 6000°C ，巨星較矮星溫度稍高。

(8) *K* 型星，鈣的 *H*、*K* 線甚強，其幅亦寬，太陽線亦強，連續光譜的紫色部分則甚弱。此型星光呈微紅的黃色，溫度在 4400° — 3600°C 之間。牧夫座的大角星即其代

表。太陽黑子的光譜與 K_0 相近似。

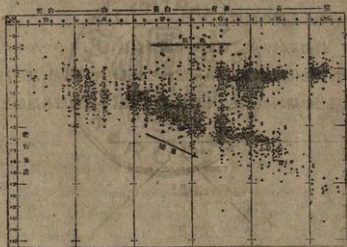
- (9) M 型星，鈣線甚顯著，綠色部有氧化鈦的暗線。屬此型者有多數長週期或不規則的變星。光譜表示輝線。光譜因變光而變化。此星光概呈橙色。溫度約 3300°C 。代表者有鯨魚座的 α 星 (Mira)。不規則變星之例則有獵戶座的 α 星。
- (10) N 型星，現既測知者約有 150 個，存在於銀道面附近，其 82% 在銀緯 20 度以內。屬此型者皆為巨星。尙未發見有此型的矮星。幾全部為變星，且多不規則變星。光譜表示碳素的暗帶，以極強的鈉的 D 線為特徵。溫度約 2000°C 。代表者有雙魚座的一九星，長蛇座 (Hydra) α 星及天鵝座 (Cygnus) 的 γ 星。
- (11) R 型星，既測知者尙不足 70 個，其光譜表示氫的暗帶，與 N 型相似，但有金屬吸收線，則又似 K 型。屬此型之變星亦不少。溫度約 4000°C 。代表者為天燕座 (Apus) δ 星等。
- (12) S 型星，有暗線及輝線，氧化鈦及氧化鉛暗帶尤顯著，與 M 型不無共通之點。屬此型者多長週期變星，溫度約 2700°C 。

關於恆星的光色，一般以色指數 (Color index) 表示之。即關於光度，由照片星等級減去實測星等級之差，謂之色指數。以 *A* 型星的色指數為 0.00，由是按光譜品以決定各型星的色指數。*B*、*F*、*G*、*K*、*M* 等型的色指數為 -0.3, +0.43, +0.86, +1.30, +1.68。

第四節 恆星的進化

1907 年，赫爾茨布龍 (Hertzsprung) 發見 *B* 型、*A* 型星的絕對光度多屬於零等級內外者。至 *F* 型、*G* 型、*K* 型、*M* 型之星則有兩種，其一為絕對光度在零等級內外者，其二則屬於由四至十的等級。關於此中間的光度等級者則極少。此事實後經羅素 (H. N. Russell) 加以證明，並稱光度強者為巨星，光度弱者為矮星。後者之愈呈紅色光者則絕對光度愈弱。以吾人的視力所能望見者多巨星。暗星則多屬矮星。近距離的恆星大部分皆為矮星。一般，巨星的速度較小，矮星的速度較大。又光譜線之強弱在兩者適表示相反的現象。在巨星的強線，在矮星則甚弱。反之，在矮星甚強者，在巨星則甚弱。此種差異，愈接近紅星則愈顯著。若作一般的比較，則巨星的光譜比矮星的為強。

羅素之區別巨星和矮星是根據星的光譜型和絕對光度的關係。以光譜型為橫軸，以絕對星等為縱軸，以決定此兩性質既經明瞭的星，因獲得一定的結論。如第七圖所示，對於密集於絕對星等零度附近的星羣命名為巨星，在由左上方向右下方的線的周圍亦密集有一大羣星，則命名為矮星。巨星的光度較大，矮星的光度較小。在 M 型兩者之差達十等級。利



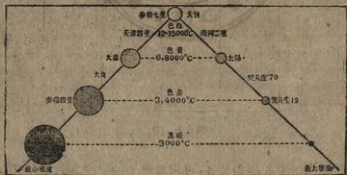
第七圖

用星的光譜型和絕對星等，可以算出星的半徑。若以 M 型的巨星和矮星之差為十級，則巨星半徑當百倍於矮星的半徑。

假定恆星的質量大體相等，由上述結果，故知巨星的密度僅當矮星的百萬分之一而已。

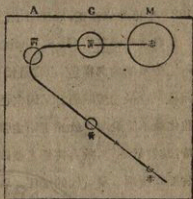
巨星的絕對星等既一定，其溫度愈高則半徑愈小，達到 F 、 A 等級，其半徑益小。至在矮星系這現象恰相反，半徑按 A 、 F 、 G 的順序而逐漸縮小。到了 M 型半徑最小，在巨星系，溫度逐漸增加，但光度無變化。在矮星系，溫度和光度同樣逐漸減小。第八圖中所附星名即與各階段相當的實例。第九圖示恆星在進化過程中的變色。

最初期的恆星進化的見解極其單純，即以星體之漸次冷卻為其進化的原因。最高溫度的星為最幼年期的星，紅色星則屬老年期的星。在二十世紀末期以前，一般尚信奉這種星



第八圖

的進化論，故在光譜型上面尚保留着老年型、幼年型一類的名目。其次則有赫爾霍姆斯 (Helmholtz) 氏的學說。據他的見解，星受重力作用而收縮，但仍保存熱。星因收縮而增大其密度，且溫度無變化，故



第九圖

氣體分子幾乎全部可相接觸，收縮至於再不能適用簡單的氣體定律時為止。此時星中心部的溫度達到最高點，由是才開始低降，星體亦漸次收縮。其後洛克頁 (Lockyer) 曾利用此說以說明溫度在上昇中的青年期星和在冷卻中的老年期星。但到最近，有羅素、愛丁頓提出有更進步，更合理的學說了。

1914年，羅素由恆星的光譜型和絕對等級的關係，因倡說恆星在最初期為M型巨星，因為進化而漸次縮小為K, G, F, A各型。達到B型附近，則不能再視為氣體星。嗣後因半徑的縮小，其表面溫度亦漸減小，再回復至M型，其等級亦急減，終至變為M型矮星。但後來因質量光度關係，白色矮星的發見及仙王座變星的週期等現象不能與此說相容，所以到了

1925年再加以修正，以說明上述諸難點。

其次為愛丁頓(A. S. Eddington)的恆星進化論。愛丁頓研究恆星的內部構造，由質量輻射以求恆星內部能的來源，因發見質量光度關係。又因白色矮星的發見，按羅素的恆星進化論不能說明，故愛丁頓主張恆星若僅由收縮而進化之時，其質量不變，故由質量光度關係，其絕對星等亦一定，即演羅素所謂巨星時代的進化。若僅由質量輻射而進化之時，則因質量的減少，絕對星等亦減小，即演矮星時代的進化。據沙勒斯(Seares)的研究，恆星多屬矮星系。故恆星的進化多起因於質量的輻射。

據愛丁頓的星之進化論，則恆星進化之第一步實為M型的巨星。這巨星因發散牠的能而收縮，結果即增高牠的溫度。因半徑的收縮和溫度的上昇互相打消，故絕對光度能夠保持其不變的狀態。由M型繼續進化至於K、G、F等級是為巨星系。但收縮達到極限之後，熱無從補給，溫度即開始低降。此時的光譜型反向M型方面逆行，同時減小其絕對光度，最後達到M型的矮星而終結。不過到了現代，由觀測所得材料日見增加，兼之物理學之日見進展，愛丁頓氏的學說也遇着了相當的困難。最近的星的進化論是聯合着物理學上的最新學

說，例如宇宙線等，而加以研究。因其偏於專門，不屬本篇的範圍，茲從略焉。



第三章 宇宙構造與銀河

第一節 各時代的宇宙觀

我們的祖先所想像的宇宙中心是我們的地球，並且當地球是在靜止狀態中，所有天體如太陽，月球及所有恆星都是圍繞着地球而迴轉。此種見解即所謂天動說 (Hypothesis of the diurnal revolution of the heavens)。據此說，在宇宙間負有重大使命的是日、月和金、木、水、火、土七星。牠們的活動即是宇宙活動的根源。地球上一切生物都是受着這七星的影響。他們以太陽系為宇宙的全體。對於那些佔最多數的恆星卻置而不論。最多也祇當牠們是七星背後的，在靜止狀態中的裝飾品。在遠鏡未發明之前的大天文學家布拉埃 (T. Brache) 氏也相信這種天動說。

自卜勒出來之後，地球便從宇宙的王座顛落下來了。

太陽便起來佔有了宇宙的中心位置。但那些抱有極大疑綫的恆星們仍然未獲得這位新天文學家的知遇，祇好固守着作行星背景的位置。最初在天文學界重視並起用恆星爲宇宙的主體的人要推候失勒氏。恆星之得着這位置已是由十八世紀末葉至十九世紀初期的時代。其實在候失勒之前，恆星也曾經多數學者的注意，唯未獲得他們的擴大宣傳，所以仍然不甚得天文學界的重視。例如1610年，伽利略剛發明了遠鏡，便在暗黑的天的一隅發見了微光星的集團。1590年，荷蘭的法布利喜阿斯 (Fabricius) 發見了鯨魚座的美拉 (Mira) 變星。1670年，意大利的蒙塔那利 (Montanari) 發見了英仙座的大陵五星 (Algol) 之變光。1656年，惠更斯發見獵戶座大星雲。1714年，哈雷發見了武仙座的球狀星團 (Globular cluster)。

因有上述的多數發見，古代的恆星觀念便發生了動搖。對於舊說加以致命傷的打擊的便是哈雷氏。他發見恆星並不是如前人所想像在靜止的狀態中，而是在運動中的天體，但運動極微小，且無一定的方向。由哈雷的時代以後，才逐漸明瞭恆星也是可以和太陽相匹敵的天體，散在於空間的廣大區域中而自由運動。

根據實際的觀測以發展哈雷的宇宙觀念並決定了恆星宇宙的姿態的學者即是有名的侯失勒其人。在侯失勒的時代，遠鏡的製造已經是相當的進步了。他曾作成口徑四十英寸的遠鏡，但仍不能測恆星的距離，故仍未能決定宇宙的構造。他最初在空間一定的面積內，計算所能望見的恆星數，並假定恆星在宇宙內為均等的分布，以決定恆星宇宙。

據他所測得的結果，宇宙是不規則的圓盤形，他的直徑不能超過由我們至天狼星的距離之 497 倍，其厚約當直徑的五分之一。侯失勒當時並未測定天狼星的距離，但推定從天狼星發射出來的光達到地球的期間需六年四個月半。故侯失勒所假想的宇宙是厚約 1280 光年，長徑約 6400 光年的不規則的凸透鏡形的圓板狀。恆星即在這裏面作均等的分布。太陽是接近這個宇宙中心的一恆星。我們都是住在這圓板狀的宇宙裏面，在我們周圍有無數的星辰。就中沿圓板的赤道面，星數最多，圍繞我們作一帶狀，是即銀河。

侯失勒的宇宙構造論雖與現代的觀測結果未能全相適合，但他的關於銀河宇宙的研究，作了後世學者的前驅，其功績之大，實不可沒。

其後研究宇宙構造的學者相繼輩出，發表了許多的假

說，但大都和侯失勒的宇宙觀大同小異無足舉者。在侯失勒以後，就於宇宙構造作最大規模的研究者，當推卡卜泰因 (Kapleyn) 氏，他的宇宙構造也和侯失勒的宇宙形相似，是扁平的迴轉橢圓體，形狀似我們日常用的時錶，其直徑約當一個厚度的五倍。恆星的分布以中心部為最稠密。此恆星分布最密的中心（即上下方向長度）一邊約 800 光年，一邊約 5600 光年，長徑約 28000 光年，短徑約 9000 光年。恆星的分布距中心部愈遠則其密度愈小，達到上述長短徑的兩端的緣邊，恆星數僅當中心部的十分之一或百分之一。故推定卡卜泰因的宇宙約寬三萬光年，其中所含恆星總數約 470 億個，太陽是其中的一個，距此宇宙中心約二千光年。由我們測望宇宙中心是在船帆座中的一點，因稱此種宇宙為卡卜泰因宇宙 (Kaptyen universe)，發表於 1922 年，距侯失勒的研究後約百餘年。在此百餘年間，宇宙已經擴大至五倍了。

卡卜泰因尚未完成他的研究，即不幸逝世，誠為學術界一大損失。但因他的研究，後進便得到了指針，益加奮勉，到了今日，宇宙構造的研究直是一瀉千里，有驚人的進展了。在這方面的多數研究者中，獨奏殊勳的，便是有名的沙普利 (Shapley) 氏。他利用仙王座型變星，測定了極遠天體的距

燧。由是球狀星團，旋渦星雲等的距離問題遂告解決，而宇宙的構造也大體明瞭了。

第二節 銀河系與本星系

綜合過去的種種研究，我們所能測定的恆星確是如侯失勒和卡卜泰因所指示，密集成爲一個扁平的迴轉橢圓體。但是宇宙的容積比前兩人所指示的更加擴大了。據沙普利的研究，宇宙的徑約二十五萬光年，厚約五萬光年，中心是在人馬座的方向（在該星座的 γ 星東約三度的位置），距離我們約五萬光年。

沙普利的宇宙是極大的恆星集團。從這集團的一端發射的光達到其他一端所需的期間需二十五萬光年。從我們地球至這宇宙的中心距離亦有五萬光年。當埃及文化開始牠的微光的時代，從這宇宙的中心部發射出來的星光尚在全旅程約十分之一的途中在慢慢的走着。等到在約五千年前從這個宇宙中心發射的光達到我們地球上來的時候，不知道尚有我們的人類否？

我們稱這個恆星的大集團爲銀河系。因爲古來所稱爲銀河的部分，適在這個宇宙的赤道的帶上，即是恆星分布最闊

和銀河略作二十度的傾斜，沿着連結金牛、獵戶、大犬、南十字、半人馬、豺狼、天蠍等星座作狹帶狀的分布。恆星在銀河系內若作均等的分布，則由我們看來，應當是愈近銀河，恆星便愈稠密。但事實上卻相反對，即古爾德既發見了上述的恆星分布狀況。故他主張在太陽周圍的恆星是構成一大團塊，而欲打破從來的傳統見解——銀河系內恆星平均分布說。因他的主張不見容於當時的學界，故他便放棄了這方面的研究。但是到了1916年，沙利埃 (Charlier) 研究由白色星及藍色星的分布，知道這些恆星的分布實構成直徑約二千光年，厚約當三分之一的扁平橢圓體。牠的中心是在船底座的方向(銀經244度，銀緯負14度)，距我們約290光年，距銀河系中心約九度之差；最初誤認為是銀河系本身，後來才測知其為銀河系中的一部分，即本星系。

據其後的研究，本星系的直徑稍擴大了，達到五六千光年了。據沙普利的測定為四千光年，沙勒斯氏則測定為一萬八千光年。因為本星系外邊並無明瞭的界限，祇是漸趨稀薄而已。故各人所認定的本星系範圍不能一致。一般以為本星系的直徑約六千光年，當無大差誤。

第三節 銀河系的迴轉

在天體和天體之間有極大的萬有引力互相作用着，故月不會掉在我們的地球上，因為月圍繞着太陽而公轉。地球何以不會掉落於太陽表面，因為地球在太陽周圍不住地迴轉。在銀河系中心有巨大的核恆星系。此外尚有本星系，恆星系，及球狀星團。這些恆星系球狀星團，何以不會掉落於核恆星系之上，這個問題的解決祇有一條出路。

從來就有人想像銀河系當係表示旋渦星雲的狀態，並且在不不住的迴轉着。不過因為我們本身在這銀河系中，欲實測銀河系之是否迴轉，決不能像測算土星、木星等那樣的簡單。實際測定了銀河系確在迴轉的人是林特布拉德 (Lindblad) 氏。

林特布拉德氏於 1927 年研究銀河系迴轉的問題，據他的研究結果，本星系及恆星系等都是在核恆星系周圍作迴轉運動，其迴轉速度因各系而有大小，愈接近核恆星系便愈速，在銀河系外側的較遲，幾乎近於靜止的狀態。我們太陽系所屬的本星系實以每秒約三百公里的速度在核恆星系周圍迴轉（這是何等激烈的飛速度！試以之和鎗彈的速度比較，

即知其速度之大，因為最快的鎗彈速度每秒僅 0.875 公里)。每週轉一周，約需二萬萬年。

其後經奧爾特(Oort)等的研究，也證明了這銀河系的週轉運動。假定銀河系週轉運動今昔完全相等(事實上不可能)，

則自地球誕生以來

本星系繞核恆星系

週轉僅十餘週而已。

然則銀河系之大不

難想像而知了(第一〇圖)。

第一〇圖。

今略述組織銀

河系的天體。最先

要介紹的是太陽

系，由九大行星，二

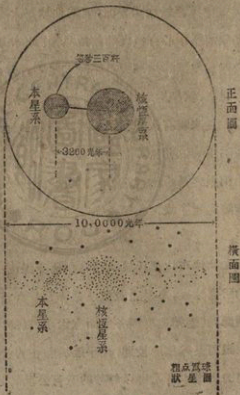
十七個衛星及其他

多數的小行星及彗

星、流星構成之。比

太陽系高一級的上

司本星系所統轄的



第一〇圖

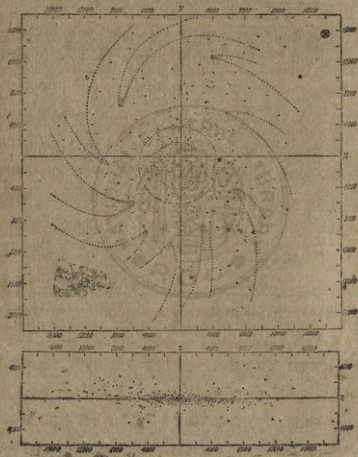
天體，除太陽系之外，尚有七等星以上的白色和藍色的亮星之大部分，在數千光年以內的紅色星的大部分，及暗星雲、瀾漫星雲 (Diffuse nebula)、行星狀星雲、疏散星雲等。

暗夜所能望見的多數的恆星雖說是屬於銀河系，其實是屬於銀河系的一亞系之本星系。在冬季的暗夜，我們所能望見的獵戶座大星雲，或夏季夜間所望見的天琴座的環狀星雲，人馬座的環狀星雲，狐狸座 (Vulpecula) 的啞鈴星雲 (Dumbbell nebula) 等都是屬於本星系內的天體。此外如畢宿及昴星團等都是受本星系的管轄。至於銀河系則包括本星系及其他微小恆星的全部、新星、恆星系、球狀星團等。在其屬下的恆星總數當在一千億以上。有人又謂總數實在 1500—2000 億之間。

瀾漫星雲、行星狀星雲、黑星雲等，或許多分布於本星系外的恆星系中，唯距離過遠，無從知其詳細。在銀河系內多暗星雲，特別密集於其中心部。我們所以不能望見核恆星系是因為核恆星系和本星系之間有鉅量的黑暗物質，否則人馬座的亮度不至那樣的暗澹。

在銀河系內尚散布着極稀薄的物質，因為由遠處射來的星光比理論上所求的光度為弱，或較近於紅色光。這現象明

明表示光線通過這些稀薄物質，遂為所吸收。這種稀薄物質以銀河附近為最多量。



第一一圖

據最近的研究，在本星系內也有這種稀薄物質。這稀薄物質略相聚集而存在時謂之暗星雲。

第一一圖示由疏散星團之空間分布所代表的銀河系。外部表示旋渦星雲的腕狀分布，中心的圓則表示核部。

第四節 旋渦星雲 (Spiral nebula)

如前節所述，銀河系內並不見有旋渦星雲。但是這種旋渦星雲在宇宙裏面佔有怎樣的位置？對於宇宙的構造負有怎樣的任務？這是必須略加說明的。

旋渦星雲如其名稱所示，是表示渦流狀的星雲。但其中亦有作橢圓形或圓形的，比瀰漫星雲多呈現端整的形狀。在行星狀星雲中亦有作圓形的，但物理性和圓形的旋渦星雲的不同。旋渦星雲表示具有吸收線的連續光譜。行星狀星雲則表示輝線光譜。故很容易加以區別。

渦狀星雲數目甚多，現今既測知者有二百萬個以上，因以長時間的露出攝取牠們的照片陸續發見了許多微小旋渦星雲，今後新計劃的二百英寸遠鏡完成之後，當可以發見更多數的旋渦星雲。

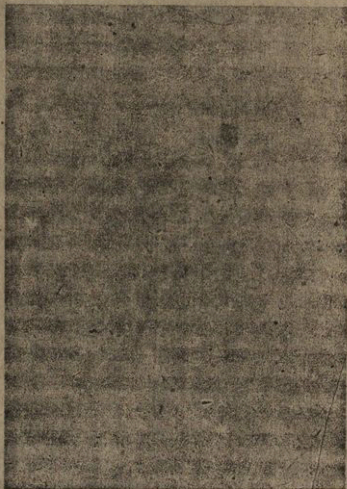
屬於銀河系的天體，不論其為恆星或星雲都是愈接近銀

河，分布便愈稠密。至於旋渦星雲的分布傾向恰和上述的天體相反。在銀河附近並不見有一個旋渦星雲，距銀河愈遠則愈增加。距銀河最遠的后髮座 (Coma Berenices) 附近，在和月球同樣的面積內，有三百個以上的旋渦星雲。綜上述事實，吾人可以推定旋渦星雲和屬銀河系的諸天體性質完全不同。

在旋渦星雲中最主要的實例是仙女座 (Andromeda) 大星雲。牠的視直徑五倍於月球的直徑。因為容積過大不容易確測其距離。但多數觀測者以為牠是最接近我們的旋渦星雲，屬於銀河系內，由恆星放射的氣體或他種物質，受輻射壓的排斥而流至於距銀河系甚遠，恆星較稀的遠方。但這解說亦不過是一種臆測，未得科學的證明。其後哈布爾 (Hubble) 測定了仙雲座大星雲及三角座旋渦星雲的距離。當哈布爾發表這星雲實距離我們九十萬光年的時候，在天文學界，唯有面面相覷，表示驚奇而已。由光的傳達亦需要九十萬年的天體，驟然聽見，豈非無稽之談。但是在科學上確既證實了這個遼遠的天體的存在。宇宙的範圍又增加一次飛躍的擴大了。

以上所述，其實僅略介紹旋渦星雲的真面目的序幕。正幕尚未開演呢。哈布爾之測旋渦星雲的距離，其後日有進展，

發見了尚有許多距離數百萬光年以至數千萬光年的旋渦星雲，散布於遼遠的天空裏面。例如有名的后髮座旋渦星雲的一團，距我們有 450 萬光年，獅子座旋渦星雲，距我們 14000 萬光年，又雙子座旋渦星雲，則距離我們 15000 萬光年。前年(1935)十月，美國威爾遜山天文台的休姆孫氏發表牧夫座旋渦星雲的距離為 23000 萬光年，大熊座的旋渦星雲的距離則為 24000 萬光年。由此觀之，從大熊座旋渦星雲發射出來的光達到地球上需要 24000 萬年，然則我們現在所望見的光還是遠在古代——在地球上不單還沒有人類，也還沒有魚類，只在海中繁殖着三葉蟲，在陸上叢生着羊齒類的時代——所發射出來的光。這陣光在冷漠的大空間，不眠不休，無晝無夜，以每秒 30 萬公里的速度向我們的地球前進，在這陣光尚在旅途中沒有達到地球之前，地球表面的生物也逐漸進化起來了。由出發時起算，經過 323900 萬年，才完成了牠的旅程之 99.6% 的時候，我們人類才開始發現於地球之上。又當這陣光尚差五萬分之一的路程即可達到地球上時，在地球上便開演了埃及文化的序幕。若以人生六十年譬喻這個光的旅程，過了五十九歲才看見人類的出現，當臨死的那一天才看見人類文化的開始，又在死前半小時才發明遠鏡，死前最



第一二圖

後一分鐘才了解我們這位自遠方來的朋友——光——的真義。

第一二圖為美國威爾遜山天文台用六十英寸折光鏡所攝取的大熊座星雲，露出時間四時半。

第五節 島宇宙說

由上所述，我們約略明瞭了旋渦星雲距離我們的遼遠。

然則旋渦星雲的大小問題如何？

若以仙女座大星雲為例，測得牠的視直徑約二度半，故知其實直徑為 37000 光年。近來由沙普利等天文學者用週期光度關係的方法所測得的結果，則視直徑為五度至六度，故實直徑當有八萬或九萬光年。這種數值不可謂不大。其他旋渦星雲雖有大小之差，但大體約略有相似的直徑。球狀星團的直徑僅數十光年乃至數百光年。旋渦星雲比球狀星團卻大得多了。

據最近的研究，既達到一結論，即：“旋渦星雲不是銀河系內的天體，而是位於銀河系外，與銀河實為兄弟輩，構成大宇宙一部分”。據此說，在宇宙中實含有銀河系及數千萬個旋渦星雲。故一般稱這種旋渦星雲為島宇宙 (Island universe)，

是爲島宇宙說。卽以大海譬喻大宇宙，旋渦星雲和銀河系都是浮於這大海中的島。不過這些島的大小未免相差太遠，有直徑十萬乃至二十萬光年的，又有直徑僅一二萬光年的。故沙普利稱我們的銀河系爲大陸宇宙。而以其他旋渦星雲爲島宇宙。

現今既發見的島宇宙約二百萬個，但尙未能代表島宇宙的全部，這是可以由下述的事實來證明。第一先調查在一定亮度以上的星雲總數。其次減低其亮度至於四分之一，再調查其同亮度的星雲，結果測知其大小大體相似；但是這種測算是假定星雲在空間到處有同樣的亮度。故第二回所調查的星雲距離當第一次的距離的兩倍。若星雲在空間的分布到處均等，則第二回所測定的星雲的總數當爲第一回所測定的數目的八倍。哈布爾曾加以實際的測驗，結果和預想的相符。這種逐次增加八倍的事實，可以適用於我們所能看見的最微小的星雲。

由上述的測驗，我們發見了兩件事實。第一是星雲大體作均等的分布。第二，這種均等的分布實遠及於比我們所能探索的部分更爲遼闊的空間，我們實無能力看見星雲的全部，我們人類是這樣的渺小而無能，莫能測這個大宇宙

的高深。尚有無數的島宇宙是永不許我們凡俗的人類一窺其面影的！

這種星雲數到底有多少，這是無法直接加以測算。但據愛因斯坦的相對性理論所達到的結論約有一千億個。我們僅看見了其中的二百萬個。我們藉最大倍率的遠鏡之力，所能望見的宇宙，尚是這樣的微小啊！

前述島宇宙在空間略作均等的分布，那是就空間全體作大量觀察所下的結論。若就我們所看見的明亮的旋渦星雲加以檢查，卻不表示均等的分布。牠們實在和分布於地表的人類一樣，和浮在海面上的羣島一樣，或獨立或成羣而各構成一個宇宙。

就全體言之，在南天的旋渦星雲數比北天的多，並且多數構成羣團，這不僅是外觀上的集合，其中各個星雲間確是互有物理的關係，故特稱之為旋渦星雲系。例如后髮座、飛馬座、室女座、獅子座等銀河羣都是旋渦星雲系。至於獨的旋渦星雲之例，則有墨氏臘尼雲 (Magellanic clouds)、仙女座大星雲等。今試將各銀河羣(旋渦星雲的集團)的視線速度及距離，揭示如下表。

(旋渦星雲系)	(視線速度,公里/秒)	(距離,光年)
室女座	890.90	6000000
飛馬座	3910	24000000
南魚座	4630	23000000
巨蟹座	4820	29000000
英仙座	5230	35000000
后髮座	7500	45000000
大熊座	11800	79000000
獅子宮	19600	104000000
雙子宮	25000	150000000

據上表，我們知道銀河羣的距離愈遠，牠的視線速度便愈大。

如上述旋渦星雲之不均等的分布，恰如銀河系中的恆星或作疏散星團或作球狀星團，又或作恆星系。由是知天體是富於團結性的，而宇宙的構造也就因此缺乏對稱性。

由旋渦星雲便聯想到我們的銀河系。銀河系的直徑既在二十萬光年以上。若僅視作一島宇宙，未免太大了。故以銀河系僅與一個旋渦星雲相當，實不如視作數個旋渦星雲的集合體，較為妥當。然則銀河系內的多數恆星系及本星系是各與一個旋渦星雲相當了。

最近(1934)據布拉斯契及皮亞斯兩氏的研究,銀河系直徑僅約十萬光年,核恆星系和本星系間的距離約三萬二千光年,銀河系的形狀也和從前的見解稍有不同了,構成銀河系主要部的恆星分布雖作成扁平凸透鏡形的體系,其他恆星則大部分遠離着銀道面(Galactic plane)而存在。就銀河系全體觀之,實在近似球形的體系了。沙普利於同年亦達到了同樣的結論。

第六節 膨脹宇宙(Expanding Universe)

據哈布爾氏最近的觀測,旋渦星雲的光譜線盡都表示着非常偏向紅色的方面;並且旋渦星雲的距離愈大,則這種光譜線偏向紅色的傾向也愈顯著。換言之,即各旋渦星雲各以前節表中所記的速度遠離着我們向後退卻。我們稱這個現象爲膨脹宇宙。宇宙既逐漸膨脹,旋渦星雲間的距離便日見擴大。這種膨脹宇宙的擴大到底有無止境?換言之,即我們的宇宙是無限還是有限?對於這個問題的答案是“宇宙是有限無邊的”。但對此定義欲作一個明瞭的解釋,卻不容易;欲想像出一個模型出來更不可能。這種膨脹宇宙的解答祇能求之於數學的理論。

愛因斯坦根據相對律，研究空間的性質，因獲得了考究宇宙時可以適用的萬有引力場 (Field of universal gravitation) 的方程式。我們的大宇宙問題便可以用這方程式去解答。愛因斯坦假定宇宙在四次元上面都是一樣等質的，於是達到了各元之方程式之靜的解決。愛因斯坦以為：宇宙在四座標中，時間和空間是不同格的，並且物質仍然存在。

都席塔的見解卻又不同。他以為宇宙是時間和空間具有同一的格，並且沒有物質。他們的宇宙都是和天文學上所觀測的事實不能一致。故魯姆陀兒放棄了靜的解答，而轉求動的解答。這種動的解答是為動的宇宙，或叫做膨脹宇宙。這個動的宇宙也和靜的宇宙同樣，是自閉的有限的。所差者不過是因時間的經過而逐漸膨脹的一點吧了。

但是魯姆陀兒的宇宙論對於光的傳播狀態作怎樣的解答呢？據愛因斯坦的宇宙論，光以有限的時間通過宇宙一週。都席塔的宇宙論則以為需要無限的時間，至魯姆陀兒的見解是光的速度，因宇宙的膨脹而漸次減小，當其通過了宇宙一週時，是在宇宙膨脹到原始半徑的 1.003 倍的時代。現在的宇宙半徑雖難決定，但據數理的計算，每經過二千萬年便膨脹百分之一。據都席塔的見解，原始宇宙的半徑是八億光

年，現在的半徑已經是十六億光年了。

當光進入膨脹宇宙的途中，逐次轉變為紅色。達到了紅外線的境域，便看不見光了。宇宙達到了極限的膨脹狀態，大概是變為都席塔的宇宙。不過我們現在實無庸擔心去推測到那種狀態。總而言之，實際的宇宙是從愛因斯坦的宇宙出發，現在的宇宙狀態是在經過着魯姆陀兒的膨脹宇宙的狀態。

膨脹宇宙到底是怎樣的狀態呢？大體可以用兒童的玩具輕氣球來說明。輕氣球是受着兩種力的作用，一是要使牠膨脹的內部壓力，一是要叫牠收縮的張力。其次，這輕氣球因動搖作用而逐漸膨脹，終至膨脹到數倍於原來的容積，到這時候張力也逐漸減小至於不妨害輕氣球膨脹的程度。我們的宇宙，粗率地說，便像兒童玩具的輕氣球，不過以宇宙斥力替代內壓力，銀河宇宙間的引力替代張力吧了。原始宇宙因動搖作用而繼續膨脹，終達到容積數倍於原始宇宙的宇宙（據都席塔的見解，現在膨脹到兩倍了）。這便是目前的大宇宙狀態。我們的大宇宙，往後還在繼續着膨脹呢。

第一三圖示各旋渦星雲系在宇宙間的擴展情狀。



第一三圖

第四章 星團和星雲

第一節 何謂星團和星雲

多數恆星構成一個星的集團、叫做星團。外觀上像雲一樣的天體則稱為星雲。由我們的視力所能認識的恆星集團有金牛座的昴及畢宿星團，后髮座的星團等，為數甚多。至由我們的視力能觀測的星雲，則僅有獵戶座星雲、仙女座星雲及大小墨氏臘尼星雲等而已。

若用小口徑的遠鏡觀測天空的各方面，到處可以看見雲狀的斑點，但我們不能立即斷定這些雲狀斑點為星雲。因為若使用更大口徑的遠鏡，還可以把牠們分析為多數的恆星。換言之即這些雲狀斑點有時候也是星團。故在十六七年前星團和星雲的區別全靠強度的遠鏡能否將牠們分析。但自1917年律茨 (Ritchey) 和加底斯 (Curtis) 等在旋渦星雲中發見

了新星，又哈布亦於1924年在旋渦星雲中發見了變星，於1930年發見了球狀星團之後，於是藉遠鏡分析力以區別星雲和星團的方法，便不可靠了。

但在事實上，星雲和星團兩者之間，確有物理的性質的差別。若不是微光的天體，一觀察牠的外觀，色指數，分布狀態，視線速度等以後，便容易辨別了。

星團和星雲的星號，一般按牠所屬的星座錄名稱和號數來表示。例如仙女座星雲是屬於姆西亞 (Messier) 的星座錄的三十一號，故牠的名稱是 *M. 31*，同時又屬於新總星座錄 (New General Catalogue) 的二百二十四號，故牠的另一星號是 *N. G. C. 224*。

第二節 星團及星雲的分類及距離

星團及星雲的分類法雖有種種，但一般以次述的分類法為最妥當(其中單舉號數的即是屬於 *N. G. C.* 的星)。

(I) 星團共有三種：

(甲) 移動星團 包含大熊座 $\beta, \gamma, \delta, \xi, \zeta$ 、大犬座 α 、御夫座 α 、巨蛇座 β 、牧夫座 ξ 等的一團。

(乙) 銀河系星團 區分為 a, b, \dots, g 等。例如昴星團，

畢宿星團。原名疏散星團 (Diverging clusters)。

(丙) 球狀星團 區分為 I, II, …… , XII 等。例如 ω 半人馬座。

(II) 星雲分為兩大種類

(甲) 銀河系星雲

(一) 行星狀星雲 (P) …… 7682

(二) 疏散星雲 (D)

(1) 光輝星雲 (DL) …… 6618

(2) 暗星雲 (DO) …… 柏訥特 …… 92

(乙) 銀河系外星雲

(一) 定形星雲

(1) 橢圓狀星雲 (E) (又細分為 $E_0, \dots, E_7, \dots, 22 (E_2)$)

(2) 旋渦星雲

(i) 正型星雲 (S)

(天) 早期 (S_a) …… 4594

(地) 中期 (S_b) …… 841

(人) 晚期 (S_c) …… 5457

(ii) 門狀星雲 (SB)

(天) 早期 (SB_a) …… 2859

(地)中期(SB_0).....3851

(人)晚期(SB_0).....7479

(二)無定形星雲

其次將星團及星雲的距離測定法及其所利用的天體，分述如下。

- (1) 應用運動速度及光譜型的測定法。此時利用移動星團。
- (2) 應用仙王座型變星的變光週期和絕對光度的關係。此時利用約二十個球狀星團及八個銀河系外星雲。
- (3) 假定星團或星雲中的最大亮度之絕對光度為一定數值。此時可利用者為銀河系星團，球狀星團之半數及約四十個銀河系外星雲。
- (4) 假定星團或星雲全體之絕對光度及實際直徑為一定數值。此時可利用上述天體以外的一切天體。

星團或星雲的距離，可由與之相關聯的恆星距離為測定。但因距離過遠，罕有能藉三角測量法去測定的。故不能不使用上舉的間接方法。今將所求得的最大和最小距離，表示如下。

分類	最近距離	例 (N.G.C.)	最遠距離	例 (N.G.C.)
銀河系 星團	約 1000 光年	4755	約 三 萬 光 年	188
球狀星團	約 22000 光年	ω-牛人馬座	約 二 十 萬 光 年	7005
行星狀 星雲	約 80 光年	7293	—	—
光輝星雲	約 30 光年	昴星雲	約 六 十 萬 光 年	6822
銀河系 外星雲	約 95000 光年	小墨氏銀尼雲	約 一 億 五 千 萬 光 年	無 名

表中銀河系外星雲的距離的遼遠，決不是我們所容易想像得到的，這是要特別加以注意。

第三節 星團及星雲的容積和運動

外觀上的角直徑本容易測定，再加入既測知的距離，便可以求出星的實際的容積。今將視角直徑的最大最小值，及實際直徑的最大平均值，揭示如下。

分類	視角直徑 (分)		實際直徑 (光年)	
	最大例 (N.G.C.)	最小例 (N.G.C.)	最大例 (N.G.C.)	平均
銀河系 星團	70, I.*2602	0.75, 6558	150, 188	20
球狀星團	22, ω-牛人馬座	0.5, 6342		100 以上
行星狀 星雲	12, 7292	不滿一分		0.2
光輝星雲	10 度以上, 昴星雲		120, 2070	一般極大
銀河系 外星雲	120, 仙女座星雲	無界限	40000, 仙女座	6000

* 表中之 I 為第一指示星座錄 (First Index Catalogue) 之略。

由上表所示數值，星體的大小概念，大概可以明瞭了。

密集於天球的一部分的恆星集團是爲星團。一般區分爲疏散星團和球狀星團兩種。前者無整齊的體系，唯作無秩序的集合，例如畢宿星團昴星團是其適例。球狀星團如其名稱所示，作球狀，愈接近中心部星數便愈增加，發射純白光。今試述一般星團的物理性如次。

(I) 銀河系星團 據沙普利的觀測銀河系星團共有二百四十九個。其中有恆星數不過數十的小規模的星團，例如 *N. G. C.* 1817。也有擁有恆星數達三百以上的大星團，例如 *N. G. C.* 2177 等。其間的類別甚多，故有加以細別的必要。一般有兩種分類法。(1) 是根據組成恆星分布密度的大小。(2) 是根據組成恆星的光譜型。

(1) 按分布密度由疎至密的順序，細分爲 *a, b, …… g* 各等級，畢宿及昴星團等屬於 *c* 級。

(2) 大別爲昴星團型和畢宿星團型兩種。即光譜型有以此兩種星團爲代表的兩型。

(II) 球狀星團 在北半球我們所能看見的最大（視直徑十分屬四等級）的武仙座星團 *M. 13*，便是最典型的

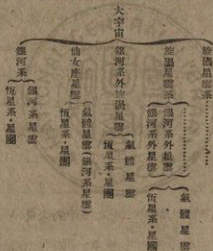
實例，現在屬於我們銀河系的球狀星團共有九十三個，但不能說都和 *M. 13* 同樣呈極規則的球狀對稱形。在南半球最大的球狀星團是半人馬座，視直徑二十三分，素三等級，呈橢圓狀。又有在嚴密的意義上不能成為對稱形的球狀星團，例如 *M. 62* 等。

球狀星團按恆星向牠的中心積集的程度不同，從積集才的大者至小者，區分為 I, II, …… XII 等級。球狀星團的照片一般都附記有等級數，所以無庸再加說明。球狀星團裏面所含的恆星數和銀河系星團數相比較起來，數目甚多，恐怕不止數百萬顆，因此牠的平均密度也比較的大，比太陽系附近的球狀星團的密度有大至數千倍的。但在此等恆星間的最短平均距離亦有 0.85 光年，故無衝突之憂。

星團中光輝最大的星為天羯座中的大火 (Antares)，及獵戶座中的參宿四星 (Betelgeuse) 等。牠們的容積大於太陽數百倍，都是紅色的超巨星 (Supergiant star)。不過星團全體卻包含着由 *B* 型至 *M* 型中間的一切型的恆星，這事實是由間接測知的。

第四節 銀河系星雲的物理性

一般對於雲狀的天體，概稱之為星雲。其實銀河系星雲和銀河系外的星雲性質完全不同，在宇宙組織上說，兩者的任務也完全有別。前者是氣體星雲，而後者卻是一個島宇宙 (Island universe)。今將這些關係表示如下。



(註) 在橢圓狀星雲或早期的旋渦星雲，則不能辨認如上述那樣明瞭的組織。

- (1) 行星狀星雲 外觀上呈圓形，故命名為行星狀。這種星雲的總數有一百五十個，大部分視直徑都在一分以下，驟觀之甚難和恆星相區別，不過牠的光色比任何恆星

爲藍色，故可以由色指數辨認之。全數中約十分之九都是在中心部擁有高熱達數千萬度的O型星，在牠周圍則圍繞着作光輝的環狀之氣體物質。因溫度極高，故常在起膨脹或收縮的現象。

(2) 疏散星雲

(A) 光輝星雲 一般爲不規則的形狀，多數不具明瞭的境線。例如獵戶座星雲，由昴星團的六合星所包圍的星雲及天鵝座的網狀星雲等，都是光輝星雲。當攝影昴星團星雲時，若延長露出時間，則其着光範圍比滿月的攝影更爲廣大。網狀星雲則由 *N. G. C.* 6960 和 6962 相對的二部分而成立，表示網狀的特異像，在種種的意義上是極有趣的星雲。又如昴星團的六合星是特殊的恆星，由平均密度極小的塵埃狀物質所構成。這六合星和星雲似有某種物理的關係。哈布爾根據這種星雲之統計的研究，因獲得一結論：“疏散星雲的光輝完全是起因於恆星光輝的反射。”*N. G. C.* 2231 及其他少數的光輝星雲都表示變星的現象，即是證明了哈布爾的見解，唯有一個例外，便是網狀星雲，牠的視直徑爲 2.5 分，但是牠從那一個恆

星，反射這樣強烈的光輝，至今無法說明。唯有解釋為這顆恆星是受着某暗星雲的蒙蔽。

(B)暗星雲 在光輝星雲表面常看見黑暗部分，以鮮明的界線和光輝的部分相接。又在恆星所密集的銀河裏面也有星數稀疎的部分。若解釋為星雲裏面有一部分是空虛的，或解釋為周圍的恆星密度甚大，其中部卻有密度極小的空間，都是不妥當的理論；因為不僅和物理學相矛盾，也超出於常識之外，我們祇能解釋為有黑暗的物質佔據着前面，遮斷了從後面射來的光輝。最先留意於這個事實的是柏訥特氏。他對於這種黑暗物質命名為暗星雲，製成了記載有 182 個暗星雲的表。暗星雲在本質上和光輝星雲相同。所不同之點，祇是無從恆星反射過來的光輝而已。

第五節 銀河系外星雲的物理性

銀河系外星雲的特性，在前章既有詳細的論述，大概可以明瞭了。今唯就其分類加以說明。

銀河系外星雲大體可以分為兩種，其一是呈橢圓狀或旋渦狀的定形星雲，其二是作不規則形狀的不定形星雲，例如

墨氏臘尼雲。

定形星雲分爲橢圓形和旋渦兩種。旋渦星雲再細分爲正型旋渦和門狀旋渦的兩種類。

橢圓狀星雲的表面亮度在中心部爲最強，愈接近邊緣亮度便愈減小。祇有一個具有恆星的例外，其餘的橢圓星雲中全不見有一個恆星。視扁平率（以最大直徑除最大和最小直徑之差）爲 0.0, 0.1, ……………, 0.7 等。按這個順序區分爲 E_0, E_1, \dots, E_7 諸級，例如 $M. 32$ 即是屬 E_2 級，牠的扁平率爲 0.20 第一四圖上面的四影片爲橢圓狀星雲，下面兩照片爲無定形星雲。

凡旋渦星雲都細分爲早期(a)，中期(b)，及晚期(c)三種。屬早期的大部分爲核所佔據，尙未分解爲恆星，腕和核尙相密接作旋渦形。中期的核漸縮小，腕稍脫離，但仍未見分解。到了晚期，不見有核，脫離了的腕部也分解爲恆星了。在正型旋渦星雲(S)，由核的相對的兩點生長雙腕。若爲門狀旋渦星雲(SB)，則雙腕生長於橫截核部的直線棒的兩端，亦作旋渦狀。

據哈布爾的觀測，銀河系外星雲數若用百英寸的遠鏡來觀測，約有三千萬個，大體光度愈減小，則此種星雲便愈增加。

N. G. C. 3379 (E₁)M. 32 (E₂)M. 59 (E₃)N. G. C. 3115 (E₇)

M. 82 (Irr)

N. G. C. 4449 (Irr)

今假定空間分布的疎密全體一樣，在理論上所求得的數值和軌的增加率相一致。攝影光度至十三等級的總數約一千。其中 E 約二百， S 及 SB 約六百， I_r 約三十，其性質未明瞭的約八十。 S 與 SB 的數比約為五對一，即 S 較多。

定形星雲的實際直徑、光度、表面亮度等如其諸星圖所示，按 Y 字形的系統而逐漸變化。這是由哈布爾最先發見的事實。據他的見解，定形星雲的生涯大概是從 E 開始，沿箭符所示方向而演進，至 S 或 SB 遂告終結（第一五圖）。



第一五圖

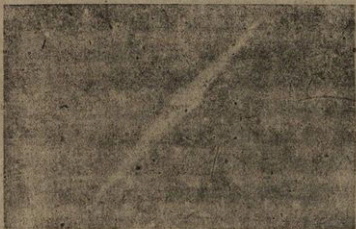
在恆星界有雙星及星雲。同樣，在銀河系外星雲裏面也有相似的組織。如第一六圖為仙女座星雲，附屬有兩小星雲，

似爲軸的伴星雲 (Companion nebula)。在我們的銀河系裏面，實際上亦有伴星雲的存在，例如大小墨氏臘尼雲，即是銀河系裏面的伴星雲。



第 一 六 圖

第一七圖爲后髮座的梳狀星雲，在美國威爾遜山天文台用六十英寸折光鏡，露出時間五小時所攝取的影片。這個梳狀星雲亦爲旋渦星雲，因從側面觀測，故呈梳形。



第一七圖



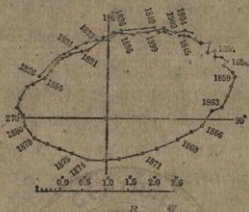
第五章 聚星與雙星

第一節 何謂聚星(Multiple stars)

數年前，有天文學者曾計算星的數目，算至十九等星，總數為五億六千萬。但是以我們目力所能看見的，最多祇能及於六等星，總數約四千八百五十個，這數目未免失之過少。在這些星裏面，有許多是互相密接着的。例如視力較強的人若注意於大熊座中的美札兒星(Mizar)，必能發見在這美札兒星的近傍有一個光度較弱的星。若加以嚴格的說明，則在距光度二·四等美札兒星約十一分的位置有一顆四等光度的阿爾科爾星(Alcor)。又若用遠鏡詳細觀測美札兒星，即知牠並不是一個星，相距約十五秒的位置尚有一個四等星。像美札兒星由兩個星而成的星，叫做聚星。聚星相接近的程度究以如何的距離為標準？大體說來，要以高倍率的遠鏡才能夠分析

爲兩個星的才叫做聚星。例如美札兒星和阿爾科爾星雖具同程度的自行，雖然互有物理的關係，但是相距太遠了，故不能稱牠們爲聚星。在聚星中本有所謂視聚星，即兩星實際並不接近，但因觀測的方向相同，表示聚星的外觀。故美札兒星和阿爾科爾星是視聚星。至於美札兒本身的 ζ_1 和 ζ_2 才算是真實的聚星。兩星的距離，雖比太陽和海王星間的距離大十一倍，但牠們的自行及視線速度，都完全相同，在物理上有密切的關係。

真實的聚星，叫做物理的聚星。至於視聚星，則不能稱爲物理的聚星。在物理的聚星裏面，特別在兩星之間有引力關係的，例如地球之圍繞太陽，即甲星繞乙星之周圍而公轉的聚星，特稱之爲雙星(Double star)。此時稱光度較強的爲主星，較暗的爲伴星(Companion)。美札兒星的 ζ_1 , ζ_2 ，似爲週期約三千餘年的雙星，僅有一百五十年間的觀測，似難決定牠的公轉軌道。如第一八圖所示大熊座 ξ 星爲週期 59.8 年的雙星，由 1826 年至 1904 年之間，已經達到了一公轉以上。經過了長期的實測，才知道牠是一個雙星。不過遠鏡的分析力是有一定的限度，有些雙星是超出遠鏡分析力的限度以上，這時候唯有利用分光儀去分析這種雙星，一般特稱之爲分光雙星



第一八圖

(Spectroscopic binary)。至於由遠鏡測知的雙星叫做目視雙星 (Visual binary star)。

聚星之中有三個星或四個星相密接的，特分別稱之為三合星，或四合星。上述的美札兒星是由三個星而成立，故為三合星。又雙子座的 α 星，即北河星 (Castor) 實為光度二等及二·九等的目視雙星。但牠的主伴兩星，各又為分光雙星，故構成四合星。又美札兒的主星 ζ_2 ，又為週期 2.05 日的分光雙星，這是在十九世紀末葉皮加林 (E. C. Pickering) 所發見的。

第二節 雙星之進化

目視雙星及分光雙星的偏心率 and 週期成正比例。相接近

的雙星，其主伴兩星的光譜型多屬相同。又其中有似兩星相密接而公轉的雙星。今假定有一個迴轉着的流體，若迴轉速度逐漸增加，至最後遂分裂為兩個天體。分裂後，最初仍相密接，以共同重心為中心而公轉；其後，因相互間的長潮力而逐漸延長其公轉的週期，軌道的長軸和偏心率也逐漸增大；即原為分光雙星，因時日的經過逐漸變為目視雙星。以上所述，僅是一種推測。關於雙星的起源問題，實在尚未完全解決。不過，現在一般相信一切的雙星都有共通的起源。愛特京 (Aitken) 即有此主張。其主要理由是：由極相接近的分光雙星至長週期的雙星之間，無從區別為明瞭的各階段。總而言之，雙星的成因及進化等問題，尚未能脫卻臆測的範圍，正有待於將來的研究也。

分 光 雙 星

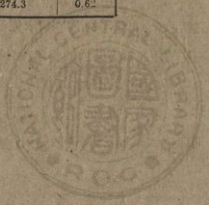
數	平均週期	平均偏心率
83	2.7 日	0.05
39	7.6	0.16
29	14.1	0.22
23	30.6	0.35
21	102.5	0.30
30	1177 (3.2 年)	0.31

目 視 雙 星

長 週 期 雙 星

數	平均週期	平 均 偏 心 率
14	16.8 年	0.42
24	37.1	0.40
24	73.0	0.53
23	138.0	0.57
18	274.3	0.62

數	平均週期	平 均 偏 心 率
500	2000 年	0.61
800	5000	0.76



第六章 宇宙塵(Cosmic dust)

第一節 浮遊於空間的稀薄物質

我們在晴夜所看見的星宇宙是否完全透明？那些星光從遙遠的天體射出，通過空間時，果無何等的變化麼？也不會減小牠的光度麼？這些問題實為一世紀前之天文學家所急欲解決的。從前假想有一種以太，能吸收遠處天體傳來之光。但是，因後來天文學日見發達，關於這個問題繼續有新的發見，到了今日，多數天文學家都知道星和星中間的空間實在是瀰漫着非常微細而稀薄的物質。這些物質不是我們的視力所能辨認，一般推定這種微細而稀薄的媒質在某一部分作均一的分布，但在另一部分則和暗星雲相似，作局部的集中。

因今日物理學的進步，我們知道當光通過這種中間媒質的時候，一樣會起折射、繞射等現象，同時也受自由原子或分

子的吸收，又或爲隕石一類的流星物質所遮斷。故我們根據這些原理研究由星體發射過來的光之吸收，即可以明瞭我們所不能看見的宇宙塵的存在、分布及性質。

第二節 星和星中間的空間並不透明

因近年來研究散開星團的光度，測知由遠距離發射過來的光也受一般吸收和選擇吸收的作用。一般吸收是星光達到觀測者的時候減小了光量的現象。在光的通路上，若有直徑爲數百萬分之一公釐或在此數以上的微粒子，便會起一般吸收的現象。

其次若在光的通路有上述的微粒子，則根據累力 (Rayleigh) 的定律，亦起選擇吸收的現象。即波長愈短的光其色散便愈強，因透過微粒子的光一般都帶紅色。即證明星光之受選擇吸收作用。

引起星光的一般吸收及選擇吸收的微細的宇宙塵，僅限於銀河系裏面。在銀河系外的空間，縱令有宇宙塵的存在，也非常稀薄。這種宇宙塵似特別集中於銀河面上，銀河系外的宇宙較爲透明。

第三節 瀰漫於銀河系的鈣雲

(Calcium clouds)

除上述的一般吸收和選擇吸收以外，由星體發射過來的光，常受着存在於星和我們間的空間的物質之吸收，因在光譜上表示特種的吸收線，即普通叫做單色吸收的現象。最顯著的例是表現於O型、B型等早期型星的光譜上之鈣H、K靜止線。此為1904年，哈特曼(Hartmann)在波茨丹(Potsdam)天文台攝取獵戶座 δ 星的光譜時所發見的吸收線。在光譜上，其他元素線，都因星的運動而起相當的變位，即表示由星體發出來的元素線。獨有這兩線，即鈣的H、K兩吸收線，並不因星的運動而變位，常靜止不動。這種發見，遂在天文學界促成一個研究問題。其後經多數學者的熱心研究，才知道這種鈣的H、K吸收線，是起因於堆積於銀河系中的鈣雲。光受鈣雲中的自由原子的吸收，故在光譜上表示鈣的H、K線。這種鈣雲沿銀河面，距我們太陽三千乃至五千光年的範圍之間，到處作均等的分布，牠的密度，據說是每一立方公分為 10^{-24} 克。太陽系及太陽系附近的星，都受着微細的氣體狀的鈣原子雲的包圍，以銀河為中心而作一大迴轉。

第四節 暗星雲和瀰漫星雲的本質

在銀河中有多數暗星雲，其主要的是微細的宇宙塵，這是可無疑義的了。據沙斯和哈布爾等的研究，突現於星雲中的色大體比與該星的光譜型相當的平常色澤稍為紅一點。由這種事實加以想像，因推定星雲，最少牠的一部分，是極其微細的粒子或氣體狀的物質。又據哈布爾氏詳細研究銀河系星雲的結果，則所謂瀰漫星雲 (Diffuse nebula) 大體在其附近，都有一個或數個恆星。因此等恆星的發光，這些瀰漫星雲才



第一九圖

能發光。即恆星的光從星雲中的微細物質再行反射而發散光輝。若星雲附近沒有明亮的恆星，則該處的星雲祇是黑暗的物质塊。在宇宙間到處有這種暗星雲(Dark nebula)。

綜以上所述，吾人知在銀河系裏面有多量的宇宙塵。由其他星體發射出來的光常受宇宙塵的吸收而減小其光量，又常反射星光而成爲瀰漫星雲。

第十九圖示橫貫旋渦星雲中的暗星雲。



第七章 變星 (Variable star)

第一節 變星的發見

從前以爲恆星的光度和位置是永久不變的。但屬同一的星，有時或表現，時或隱沒的。自從發見了這個現象之後，在天文學界又起了一陣的驚異。1596年三月，法布利喜阿斯 (Fabricius) 在鯨魚座發見一個三等星，這是在從來的星座表中所無的，但是到了十月，這個三等星又失蹤了。其後，測知這個三等星是約以十一個月爲一週期，或表現或隱伏，因命名爲美拉 (Mira)。其後還有許多的天文學家也發見過這種時隱時現的變星，但是尚無系統的研究方法。故這種變星的研究遲遲無甚發展。到了十九世紀初期，既測知的變星僅有十一個。其後因攝影術的發達，變星的發見比較容易了。現在既知的變星約有六千之數了。

許多的天體都能常保持着一定的光度。何以變星的光度卻時增時減？現代的物理學不能不要求這個問題的解決了。

第二節 變星的觀測法

最初步的變星觀測法是利用我們的視力或遠鏡去比較變星和普通星的光度，熟練之後，便容易觀測變星了。

自照像術發明以後，變星的觀測遂得到長足的進步，變星的數也日見增加。即以一個變星為中心，並攝取其附近諸星而比較其光度即可。

第二〇圖是屬於天鵝座的長週期變星 R 和 S 。 R 星的光



第二〇圖

度在二百二十日間，變化於由九等半至十六等之間。 S 星的光度則在一百八十日中，由九等變化至十五等。

不僅限於光度變化之研究，自分光學和天文學相提攜以來，星的組成，視線方向的運動等都獲得了解決。故關於變星的原因也就容易研究了。

第三節 變星的分類

在多數的變星裏面，光度變化有極規則的，有不規則的。其規則的光度變化，可以辨認其光度的等次。其不規則的光度變化，則常不容易判別其光度的等級。故欲按數種定型加以分類，頗為困難。例如若僅以光度變化之週期長短為根據加以分類，則在分光學上將有許多的困難。又若以變光的原因為根據加以分類，則因有種種不同的學說，其取舍頗難決定。據皮加林氏的分類法，則有如下的諸種類。

I... 新星， II... 長週期變星， III... 不規則變星，
IV... 短週期變星， V... 蝕變星。

其後，皮加林氏就於 I 和 II 再加以分類： I_0 ... 普通新星，
 I_1 ... 星雲中新星， II_0 ... 普通長週期變星， II_1 ... 亦為長週期，但平時光度甚弱，經一次急激增強其光度後，立即復元的

變星。II。亦為長週期，平時光度甚強，有時忽弱減，但立即復元的變星。

上述分類法在天文學界頗為普及。但後來因由觀測所得材料之增加，逐漸覺得這種分類法不充分了。至1921年，古特律克 (Goodricke) 氏區分為八種。其後，魯登道爾夫 (Ludendorff) 更加以改良，共區分變星為次之十種。

I... 新星， II... 類似新星之變星， III... 北冕座 *R* 型，
IV... 雙子座 *U* 型， V... 美拉型， VI... 仙王座 μ 型，
VII... 金牛座 *RV* 型， VIII... 長週期仙王座型， IX
... 短週期仙王座型， X... 蝕變星。

關於變星，不能一一加以詳細的說明。不過，我們須注意的是：這十種變星彼此相互間有相當的關係。例如最初四種可以總稱之為新星型。由 V 到 IX 可以總稱之為規則的變星。結局，變星祇有三大種類而已。

第四節 新星型變星

新星 (Novae) 原有一定光度的星，平時光度微弱，在某時期忽然增加牠的光度，並繼續作不規則的振動，於是光度逐漸減小。關於這種現象的原因有兩種解說，即星的爆發說和

衝突說。據前說是由於星本身的爆發而增加牠的光度。據後說則謂星碰着抵抗物質，由衝突而生熱。兩說各有長短，不易決定其孰是孰非。類似新星的變星其光度曲線及光譜等部和新星完全相同，不過因其增加光度的回數不止一次，有時增加光度至二次，三次，故認為變星的一種，至其原因也似與新星相同。北冕座 R 型，平時約有一定的光度，但有時減光，有時又回復其原狀。檢查其光譜的狀況，和新星有類似的地方。故有人以為是由於星的爆發而噴出一種的吸收物質。但在另一方面，此星型的光譜又表示輝線，其狀態和美拉型變星有相似之處，故推想牠是介於新星型和美拉型中間的變星，特別如雙子座的 \bar{U} 型也似新星，時常突然增加光度，但牠的光度曲線卻和仙王座 S 相似，牠的光譜也和長週期仙王座型變星有共通點。即新星型變星和次節的規則型變星之間，似有一種連絡，可稱有趣的現象。

第五節 規則型變星

屬此類的變星，一般稱為規則星。但是，像美拉型變星並不是怎樣規則的變星，祇能稱為半規則型的變星，但亦屬於規則型的部類中。此類變星的光度變化範圍非常之大，又

變光週期也非常之長。其週期在九十日以上至數百日的變星幾乎全部都是紅色星，在光譜中多是具有輝線的。關於這種變星的原因，有愛丁頓氏的脈動說 (Pulsation theory)。又有人謂係起因於在稀薄的星雲物質中之星體的迴轉。衆說紛紛，尙無定論。仙王座的 *H* 型亦爲低溫度的紅色星，但變化極不規則，光度變化亦甚小。這星型似與美拉型有密切的關係。

金牛座的 *RV* 型是介居於美拉型和長週期仙王座型中間的變星，週期在九十日以下乃至十餘日，牠的光度變化情狀及光譜模樣和上述兩型也似有連絡。長週期仙王座型的週期，由十餘日以下至一日以上，是個極規則的變星，其週期因星不同，有可求至每秒之若干分的，光度變化一般上昇甚急，而下降甚緩。因光度變化光譜和溫度也跟着變化。關於這些現象的原因，各學者所主張的解說千差萬別，無從取決，比較獲得多數人之贊成的，仍然是由於星之膨脹收縮的脈動說。但這脈動說，亦有許多的困難點不易解決。短週期仙王座型爲週期在一日以下的變星，多發見於星團中，但其變光原因及光譜亦尙無詳確的研究。至光度曲線，則和長週期仙王座型同。

第二一圖示新星在數日間或數時間中增加光度至一萬倍乃至十萬倍。上圖箭符所示之星為1918年天鷹座新星的原有光度。下圖則示該星增加光度時的情狀。



第 二 一 圖

第六節 蝕變星

本為極規則的變星，今考察其光度變化的曲線，知為兩個恆星互相迴轉而起蝕現象。再檢查其光譜，更證明上述觀測之無誤。即光譜線和光度變化為同週期，以一定的場所而振動，或分歧為兩枝。這現象即表示該星或遠離，或接近我們，其原因即為星的迴轉。屬此型的變星中，其互相迴轉的兩星或互為光度明亮之星，或其一為暗星。但因迴轉作用，都可以促起光度的變化，若迴轉平面位於我們的視線之外，則不起蝕現象，而變為分光雙星。又相互距離再隔遠時，則變為目視雙星。

第八章 太陽系概觀

第一節 太陽系的組成員

在太陽周圍，圍繞着有許多的行星。古來所謂辰星、太白、熒、惑、鎮，即今日我們稱為水、金、火、木、土的五大行星。到了1781年，德國的侯失勒發見了天王星。到了1846年，法國的勒未利埃(Leverrier)又發見了海王星。於是太陽系的界限比從前擴大了。至最近之1930年，美國的湯波(C. W. Tombough)氏又發見了冥王星，太陽系的範圍更加遼闊了。

在火星和土星之間有許多的小行星。自1801年意大利的匹雅吉(Piazzi)發見了第一號小行星(Ceres)以來，每年皆有這種小行星的發見。現在既測知的小行星有一千二百數十餘的多數了。

在行星之外，尚有以一定週期圍繞太陽的彗星，亦是屬

於太陽系的組成員。又和週期彗星相關聯的流星羣也是同屬太陽系的分子。

以太陽為家長的大家族所屬家族組成員，計有水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星及多數的彗星和流星羣，統稱之為太陽系。

各行星以橢圓形的軌道繞太陽而運行，太陽便是這橢圓形中的一焦點。但這橢圓形的長徑甚短，和短徑相差無幾，故略似圓形。水星的軌道比較為細長的橢圓形，但其偏心率亦不過 0.21。又各行星的軌道約略在同一平面內，和太陽的自轉方向也略相一致。

第二節 波特定律

		平均距離 (天文單位)	波 特 定 律	平均距離 (百英里)
水	星	0.39	$0.4 + 0.0 = 0.4$	5787
金	星	0.72	$0.4 + 0.3 = 0.7$	10814
地	球	1.00	$0.4 + 0.6 = 1.0$	14950
火	星	1.52	$0.4 + 1.2 = 1.6$	22750
小	行 星	2.77	$0.4 + 2.4 = 2.8$	41365
木	星	5.20	$0.4 + 4.8 = 5.2$	77784
土	星	9.54	$0.4 + 9.6 = 10.0$	142610
天	王 星	19.19	$0.4 + 19.2 = 19.6$	286913
海	王 星	30.07		449569
冥	王 星	39.60	$0.4 + 38.4 = 38.8$	59900

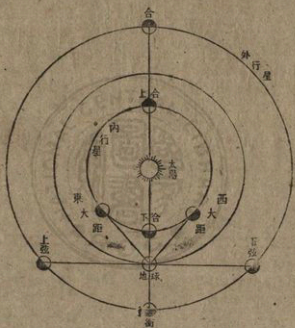
今若以天文單位（假定由太陽至地球的平均距離為單位）表示各行星距太陽的距離，則如上表中第二欄所示，在這些數值之間，有極簡單的關係。最初發見這種數字的關係者是德國的狄提埃斯 (Titius) 氏。後徑波特 (Bode) 氏大為宣傳，故一般稱之為波特定律。即按表中所列行星的順序為一個級數，以初項為 0.4，自此以下，各項逐次加以 0.3 之倍數，如表中第三欄所示。結果，大體和平均距離的數字相近似。當狄提埃斯發見這個波特定律的時候是 1772 年，當時僅知道有五大行星，在火星和木星的中間尚有相當的空隙，和波特定律不能一致，故推定在火星和木星之間當有尚未發見的行星。自小行星發見後，波特定律更加獲得了一般的信仰。至 1781 年，發見了天王星，也和波特定律一致。這個波特定律便愈增加了牠的聲價。祇有海王星的距離不能和波特定律相一致，近來發見的冥王星卻又證實了這個波特定律之可信。

波特定律和太陽系各行星的距離是偶然的一致，抑或是另有物理學上的意義，到今日尚未見科學的解答。

第三節 行星的現象

第二二圖乃以地球為起點，示行星的諸現象，例如上合、

下合、衝、合等。水星、金星等內行星的黃經若和太陽的相等，則太陽和行星恰在一直線上的位置共有兩個。行星介居於太陽和地球中間時，謂之下合 (Inferior conjunction)，此時行星



第二二圖

的黑暗面向着地球。行星距地球比太陽更遠的時候，謂之上合 (Superior conjunction)。太陽和行星的黃經之差最大時，謂之大距 (Greatest elongation)，行星在太陽東方之時，謂之

東大距 (Greatest eastern elongation), 在西方之時, 謂之西大距 (Greatest western elongation)。在這時候的行星呈半月形。大距有一定的限度, 在水星為二十八度, 在金星為四十六度。

外行星和太陽的黃經相等的時候, 謂之合 (Conjunction)。黃經之差為一百八十度的時候謂之衝 (Opposition)。一般外行星在衝的前後距地球最近。又太陽和外行星的黃經之差為九十度的時候, 謂之弦 (Quadrature)。行星在太陽的東方, 謂之上弦 (First quadrature), 在西方時, 謂之下弦 (Last quadrature)。

以太陽為中心觀察各行星皆自西向東而運行, 是謂之順行 (Direct motion)。

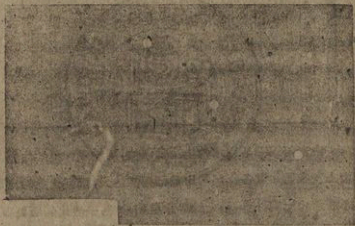
若從與其他行星同樣在運行中的地球來觀察, 則在某一時期, 行星在外觀上表示指向完全相反的方向而運行, 是謂之逆行 (Retrograde



第 二 三 圖

motion)。故行星的視動 (Apparent motion) 如第二三圖所示，牠的運動軌跡成爲一個逆行的圈子，在這圈子的兩端黃經相同之處，謂之留 (Stationary point)。此時行星對於恆星的視動，亦幾近於停止。

第二四圖示海王之視動(由 1897 至 1903)。海王星運行至 × 符號所表示的位置時，最容易觀測。



第二四圖

第四節 行星的諸性質

水星、金星、地球、火星、冥王星的容積比較甚小，木星和土星的容積極大，天王星和海王星的容積恰介居上邊兩羣的

中間。若按距太陽的遠近來說，則位於中央位置的行星容積最大，位於兩端的容積較小。

	赤道半徑 (公 里)	容 積 (地球=1)	質 量 (地球=1)	比 重 (水=1)	赤道重力 (地球=1)	反照率	平均極大 光 度
太 陽	695553	1301152	333432	1.41	28.04	—	- 26.7
水 星	2421	0.0549	0.056	5.59	0.89	0.07	- 31.4
金 星	6096	0.8758	0.817	5.15	0.89	0.59	- 4.3
地 球	6378	1.0000	1.000	5.52	1.00	0.45	—
火 星	3392	0.1509	0.108	3.94	0.38	0.15	- 1.8
木 星	71373	1312.16	318.298	1.34	2.54	0.56	- 2.2
土 星	60399	762.40	95.202	0.69	1.06	0.63	+ 0.2
天王星	24847	59.31	14.580	1.36	0.96	0.63	+ 5.9
海王星	26499	71.95	17.264	1.32	1.00	0.73	+ 7.7

上表第五欄是以水的比重為單位，比較各行星的比重。

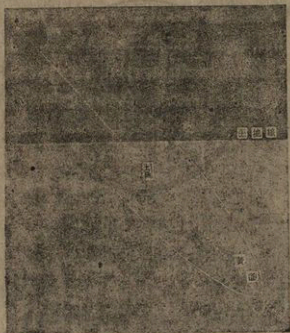
由上表我們知道各行星的比重都相當的大，祇有土星的比重小於水的比重。比重最大的是水星和地球，一般比岩石更重，差不多和金屬的比重相近了。

行星表面的重力因質量和容積不同而有差異。大行星的比重較小，故表面重力大體和地球同一程度。

行星從太陽所受的光與距離的自乘成反比例而減少。各行星反射太陽光的比率叫做反照率(Albedo)。因反照率不同，

故各行星表面的光輝也有差異。各行星的光度和距太陽及地球的遠近相關係而有增減。

天氣晴和之日，當太陽西沒剛過黃昏之後，或在黎明時分，常見有一種輪廓不明的淡黃色的光從地平線射出，沿黃道而擴散。一般在地平線的面幅約二三十度，長約六七十度，擴散為舌狀。有時又作細長形沿黃道由一地平線連續至另一地



第二五圖

平線，這種光叫做黃道光 (Zodiacal light)，最常見於低緯度之赤道地方。在高緯度的北半球，當春季黃昏時分或秋季日出之前，亦常見此種黃道光(第二五圖)。

對日照 (Counter-glow) 是在距太陽一百八十度的黃道上所看見的光，其亮度微弱，輪廓似卵形，幅寬二三度，長約十度餘。

有無數細粒物質在太陽周圍擴散於廣大的範圍，大部分密集於黃道面。當太陽光射來時即起反射作用，即為黃道光。又在太陽的反對方面，距地球約一百五十萬公里之處，此等細粒物質亦稍稍密集，由這些細粒物質的反射，是為對日照。但到今日測知黃道光和對日照不僅由於太陽的反射，由太陽發射出來的帶電的細粒物質通過太陽系中的稀薄媒質，亦是一種原因。

第五節 太陽系的成因

關於太陽系的成因，最初拉伯拉斯 (Laplace) 曾提倡星雲假說 (Nebular hypothesis)，據此說，太陽系最初原是像星雲一樣，瀰漫於空間的稀薄氣體，因緩慢迴轉而逐漸冷卻，且由本身的引力關係而逐漸凝縮；其結果，在赤道附近，這種擴散

物質分裂為圓帶狀，其後再密集為行星，在中心部的便是太陽的前身。據此說，最初的圓帶狀物質實擴展至於太陽系的最末層（即成為今日的冥王星），至後來即凝縮為行星，這是星雲假說的大要。拉伯拉斯謂作大圓帶狀的特質能凝縮為一個星體，雖然稍可以令人首肯；但謂能凝縮為數個星體，在學理上實難於相信，又在力學上也不容易說明。

關於太陽系的創成，其後陸續發表有許多的假說。但大別之祇有兩種，其一是完全以太陽本身的力為原因的假說，其二是以由外部加於太陽系的力為原因的假說。按前說，頗難說明冥王星的生成，因太陽系的物質實不能擴展至於那樣遠的距離。若謂由於太陽本身的爆裂，亦難於說明行星容積和行星的位置間的關係問題，同時也不能說明木星系土星系和太陽系有同樣組織的事實。若根據後說，則謂太陽系實在是由太陽本身以外的力的作用而生成，例如以彗星或恆星的衝突為太陽系的生因。此說亦不能說明木星系及土星系和太陽相類似之點。

詹伯林(Chamberlin)和摩爾頓(Moulton)兩人，則以微星假說(Planetesimal hypothesis)說明太陽系的成因。他們不贊成太陽和其他天體相衝突的學說，而主張太陽和其他天體

因爲互相接近，彼此之間各起潮汐作用，是爲行星的生因。據微星假說，太陽受其他天體的吸引，曾經過多次的爆發，拋出多量物質於牠的引力圈外。這些物質逐漸凝固而成爲微星，爲容積甚小的星塊。由多數微星相集而構成行星。但這假說仍不能說明木星系及土星系類似太陽系的疑問。

近來吉因斯 (Jeans) 對於太陽系的成因提出新潮汐說 (Neo-tide-theory)。據此說，兩天體若非常的接近，在各天體表面，便堆積多量的氣體物質狀如高山。這些氣體物質，逐漸高聳，遂變爲星雲的腕狀。有時由於偶然的物理的條件，在兩天體之間，由一大條的氣體物質而相聯絡作啞鈴的形狀。若不能相接觸，則由一天體向其他天體發射出細長形的氣體物質的條帶 (Filaments)。這氣體物質條帶，由其本身分子的互相吸引，遂獨立凝結成一團塊。在未凝結之前，這個氣體物質條帶是中央部粗大，兩端尖小，形狀似魚形水雷。故在中央部凝結成最大的行星，在兩部則凝結成較小的行星。這種說明，恰恰和現在太陽系的各行星的容積及位置等關係相符合。接近太陽的行星其質量小，密度大，因爲是生成於由氣體物質所構成的高山的山麓部分，因較重的物質本應多積集於低處，不生成於山頂的位置。像土星的密度甚小，大概是由太陽最

外層的物质所構成的。現今發見的冥王星質量小於海王星，更可為這個新潮汐說的佐證。又木星系及土星系之類似太陽的問題，據此說，也比較容易說明了。

但是據最近的研究，二個天體相接近，實在不容易起那樣激烈的潮汐作用。故如太陽附屬有行星的恆星，實在是一種特殊的天體。因有這個特殊的恆星，才產出適於我們之生存的地球。我們應當體念到宇宙特別給與我們的恩惠。而重視我們的種族。不宜互相敵視，互相妬忌，互相殘殺啊！

第二六圖為吉因斯的新潮汐說的圖解。約在八萬億年以前，太陽僅是單一的恆星，偶然和其他的恆星相接近，因相互吸引，遂促起強烈的潮汐作用。結果，在其表面生成氣體物質的山岳，此山岳逐漸高漲而變為星雲狀的腕，並且因太陽本身的迴轉而在太陽周圍作旋渦狀。沿各腕而生成結節，其後逐漸增加其容積及密度，最後遂變為行星。太陽的引力，雖未能吸牧此等行星回復至其本體裏面，但尚能牽制各行星的逃散。故各行星遂循一定軌道繞太陽而公轉。其狀況極似今日的旋渦星雲 201 號。



第 二 六 圖

第九章 太陽

第一節 太陽邊緣的疑問

日常我們看見的太陽表面是發放着白光的球體，我們稱之爲光球(Photosphere)。這光球到底是什麼？在不久以前，仍沒有得到詳確的解答。光球表面雖因時期不同而有變化，但常見有大小的黑子(Sun spot)和特別發亮的光斑(Faculae)。至其全體，則似具有極粗糙的紙般的斑紋。故有人以爲光球是浮在太陽的大氣上面的雲。

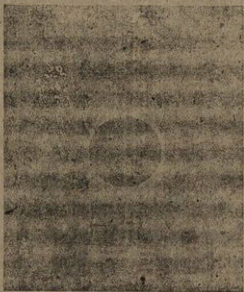
但據最近分光學的研究，光球附近的密度比地球的空氣還要稀薄，並且其溫度達到攝氏六千度以上，普通的元素完全汽化，故在光球裏面決沒有像地球大氣中的雲霧般的浮遊固體或液體。光球表面既然是那樣稀薄的氣體，然則太陽的邊緣應當是模糊不明，何以又有明瞭的球狀的輪廓呢？光球

的稀薄氣體到底有如何的密度？這是一個有趣的問題。

光球是在太陽表面光輝最強的部分，呈黃白色，牠的成分大體是高熱、高壓的氣體，表示連續光譜，即表示太陽的大氣是在相當強壓之下的氣體。這氣體常起激烈的渦動，而現出太陽黑子及光斑。

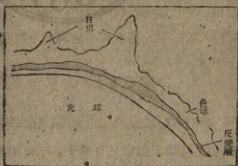
在光球上部的為反變層 (Reversing layer)，厚約數百公里，大部分由金屬元素的蒸氣所構成。由光球發出的光通過這個反變層之後，變為吸收光譜，即以暗線替代輝線，故又名吸收層。這反變層即是色球的最下層。

色球 (Chromosphere) 是在光球外部的第二重大氣層，大體由氫和氦構成之，此外亦稍含鈣等金屬氣體，其厚約在一萬五千公里以下。當日蝕全蝕的時候，這色球表現為紅色的圈。平時雖不容易辨認，但可以藉光譜加以研究。色球亦和反變層相同，為作成吸收光譜的原因。在色球上部即為日冕 (Corona)，發射白色的光，當日蝕的時候即可以觀測 (第二七圖示 1900 年五月所觀測的日冕)。日冕的形狀極不規則，有時沿一定方向而延長，有時作十字的形狀，有時又成一字形。牠的延長常數倍於太陽的直徑，構成日冕的物質為在地球上尚未發見的氮 (Coronium)。



第二七圖

第二八圖示光球、反變層及色球等的位置。在色球上部常噴發大小不同的日珥 (Prominence)。其最外部有發藍白光的日冕，



第二八圖

(Corona) 向四周輻射。

第二九圖示 1919 年在南美里約熱內盧所觀測的日珥的壯觀，高達四十萬公里。

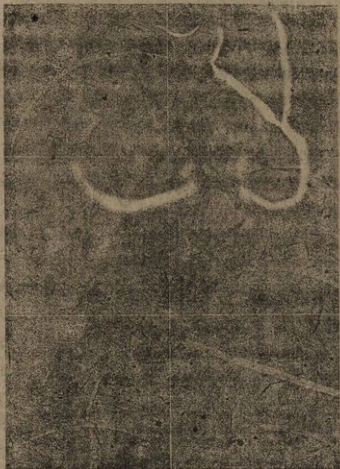


第 二 九 圖

第三〇圖爲 1916 年五月二十六日在印度戴卡那爾天文台用分光攝影機攝取的日珥，最高達六十萬公里。變化最顯著時以每秒三百公里以上的速度而運動。

第二節 太陽及其黑子

我們平時所能觀測的太陽，僅限於牠的表面極薄層的部分。但是太陽表面常見有黑子。在這個黑子部分電離程度較低，故能夠觀測的程度較其他部分更深數公里。太陽表面之



第三〇圖

所示以表示種種的斑紋完全是起因於溫度之不平均。太陽的大氣下層溫度似較上層為高。因據最近的研究，太陽內部之熱不斷的由下層向上層流動。斯瓦爾茨西爾特謂這種熱流幾及於全體，縱令在不透明的氣體部分亦可以由輻射傳熱。在太陽大氣層，愈接近下部，溫度便愈增加。然則在太陽中心部的溫度究有若干度？據愛丁頓的天體內部構造的理論，太陽中心部溫度為約四千萬度。在這中央部密度為太陽平均密度的二十倍，即為水之二十八倍。

在我國古代的曆象紀錄中，似曾有關於太陽黑子的記載。至於實際的觀測，則是在遠鏡發明以後的事。什發倍(Schwabe)、伽利略(Galileo)等曾由太陽面黑子的東西移動發見太陽的自轉。黑子有本影(Umbra)及半影(Penumbra)。本影在中央全體表示同樣的黑色。半影的黑色較為淺淡，包圍着本影，具有放射狀的帶紋。太陽黑子之所以表示黑色，因為該部分溫度較周圍的光球面約低攝氏二千度。孤立的太陽黑子大體表示圓形。成羣的太陽黑子則表示不規則的形狀。至微細的太陽黑子的直徑亦達數百公里以上。若是極大的太陽黑子直徑有達到十餘萬公里的(數倍於地球的直徑)。太陽黑子的壽命有數小時、數日及一年以上等種種。但其半數的壽

命皆在四日以下。

關於太陽黑子的生因，有多種的學說，至今尚無定論。在太陽黑子中，本影部表示比較弱光的連續光譜，在其兩側之光稍強，更向外部則表示一般光球的光譜。這三種光譜的暗線強弱不同，其幅亦有差別。這現象表示太陽黑子上的氣體溫度為較低，且吸收極強。太陽黑子的光譜所表示的特性是輝線倒轉及歧分為二條或三條；並且表示氧化鈦、氫化鈣等暗線，這是一般的太陽光譜所無的。據過去的紀錄，推知太陽黑子約以十一年餘的週期而增減。這週期有時亦有變化，但都不出由七年至十七年的範圍。經最近之研究，測知太陽黑子的週期平均為 11.18 年，最短週期為 7.3 年，最長週期為 17.7 年。1933 年，在太陽表面完全不見黑子的期間達一個月以上者計有兩次。1934 年黑子漸增加。至 1935 年太陽黑子最盛。近據美國某天文學家的推想，謂係由於木星接近太陽，對太陽所引起的潮汐現象。因木星的體積在各行星中為最大，且其接近太陽的週期亦為約十一年。但這種解說仍有待於今後之科學的證明。

最近測知多數黑子出現於太陽的高緯度地方，即在太陽面的南北三十度以上的部分。黑子之出現於高緯度即表示黑

子新週期的開始。一般開始於黑子活動最弱的時期，因歲月的經過，發生黑子位置的平均緯度逐漸低降。到了週期的末期，黑子多出現於太陽的赤道附近。故知黑子活動微弱且多出現於高緯度地方的時期是為新黑子週期的開始。黑子多出現於赤道附近的時期是為黑子的前週期將告終結。這種新舊週期的區劃可在黑子活動較微弱的期中觀測之。發見這種現象的為史柏拉(Spörer)氏，故稱之為史柏拉氏定律。

第三一圖示太陽黑子活動之壯觀(太陽黑子附近的想像圖)。由太陽內部向表面噴出之高熱氣體作旋渦狀。

第三二圖是 1916 年五月二十二日在美國威爾遜山天文台用鈣線所攝取的太陽影片。在太陽緣邊部突起者為日珥。

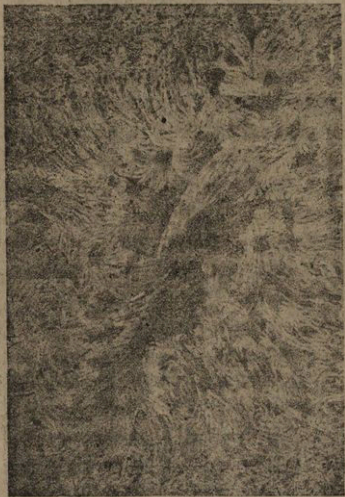
第三節 太陽的其他性質

由太陽黑子的運動，測知太陽的自轉，既如前述。黑子由東向西迴轉，在赤道部分，以約二十五日為一週期，至在其他部分的週期則如下表所示。

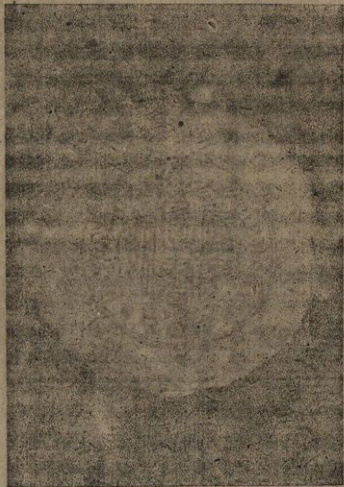
緯度零度……二十五日四小時二十九分

三十度……二十六日

二



第三一圖



四十五度……二十六日十二小時

八十度……二十八——三十日

故知太陽的自轉和地球的有別，因部分不同而週期自異。又牠的自轉速度以赤道為最大，兩極為最遲。太陽的自轉速度如上表所示，似比地球的自轉遲二十五倍至三十倍。但若以太陽的直徑換算為地球的直徑，太陽自轉速度實三倍於地球的自轉。又太陽的自轉軸對地球軌道面約作六度五十七分的傾斜。

表現於太陽光譜上的元素，約有四十餘種。大部分可從色球及反變層的吸收光譜上觀測之。此等元素以氫及氦為主體。此外尚有鈣、鈉、鐵、鈦、鋁、鎰、鎂、銻、鎳、錳、銀、鈾、鈾、銻、鉍等。就中以氫佔最多量，故有此名稱（氫即太陽素之意）。但在地球上則為稀有的元素。

今將太陽的數字的性質列舉如下。

直 徑…… 1385600 公里 (866000 英里)，為地球直徑之 109 倍，亦約當月與地球間距離的二倍。

容 積……為一切行星的總容積之 750 倍。

質 量…… $1986254424 \times 10^{12}$ 仟克。

視半徑……16 分 1.32 秒 (平均)。

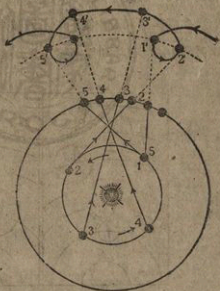
距地球……平均 149400000 公里，爲月與地球間的四百
倍。



第十章 行星的運動

第一節 行星的視動—天動說

從前不知地球亦在運行不息，誤認地球為不動的天體，而觀測行星的運行，結果反為複雜。如第三三圖所示，地球按1、2、3、4、5之順序作一公轉。其他行星（今以外行星為說明）亦按1、2、3、4、5的順序在他的軌道上進行。兩

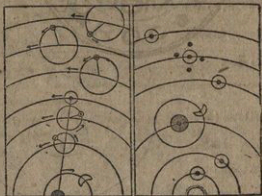


第三三圖

者由1移動至2之後，由地球上觀測外行星的視動是由1'移
至2'，即望見外行星逆行。由2'至5'則為順行。即由地球所觀
測的行星視動軌道是一種高等曲線，如圖所示的渦狀擺線。
故知地球由每公轉一週，行星的視動即表示一次之逆行。

天動說在紀元前約160年為希臘人依巴谷 (Hipparchus)
所提倡。至紀元140前後，由多祿某 (Ptolemy) 完成之。其
後經一千五百之久，尚為一般所信用。因其假說巧妙動人，故
在長時代中妨礙了地動說的發達。

多祿某系的天體圖如第三四圖之左圖所示，地球位於天
體系的中心，在牠的周圍繞着月、水、金、日、火、木、土等天



第 三 四 圖

體。牠們的軌道都是圓形。但地球的位置並不與這些軌道的中心一致。並且除太陽之外，其他各星體皆不沿軌道直接進行，而在軌道的外擺線(Epicircle)上運行。太陽和金星、水星，公轉速度相等。

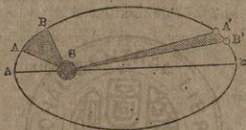
其後哥白尼 (Copernicus) 曾提倡地動說，但不容於宗教界，因當時的宗教界都採用天動說。布勒埃 (Tycho Brahe 1540—1601) 因提出折衷說，即主張諸星雖圍繞太陽，但太陽亦圍繞地球而運行。此說一時雖極得勢，但學術界大勢都傾向於地動說了。

第二節 地動說

哥白尼的地動說因主張行星的軌道為圓形，故所求得結果和行星的實際運行有不一致的缺點。第三四圖右圖即為哥白尼系。其後伽利略極贊許哥白尼的學說，並為修正其缺點。又他的弟子刻卜勒 (Kepler 1571—1630) 經三十年之久觀測火星的結果，訂正了布勒埃的學說，遂完成了地動說，是謂之刻卜勒定律。

(1) 行星的軌道為橢圓形，繞太陽而公轉，太陽恰與這橢圓軌道的一焦點相一致。

- (2) 行星的向徑 (Radius vector), 即連結太陽和行星的線, 在相等的時間內所通過的面積速度 (Areal velocity) 亦相等。如第三五圖中行星通過 AB 和 $A'B'$ 的時間若相等, 則 SAB 和 $SA'B'$ 的面積亦相等, 即接近太陽之時, 速度最大。



第 三 五 圖

- (3) 行星公轉週期的二乘方和距太陽的距離的三乘方相比例。

刻卜勒定律可以由牛頓的萬有引力定律證明之, 地動說便由是奠定了。

今試以萬有引力定律證明刻卜勒定律如下。

- (1) 在這日點減小其位能, 增加其動能。但行星的能總和皆相等。能量不減定律, 證明了刻卜勒第二定律之正確。

(2) 行星的軌道略和圓相近似。今假定兩行星的軌道半徑為 a_1, a_2 ，公轉週期為 T_1, T_2 ，質量為 m_1, m_2 ，則兩星的向心力 P_1, P_2 為

$$P_1 = \frac{4\pi^2 a_1}{T_1^2} m_1 \dots\dots (1), \quad P_2 = \frac{4\pi^2 a_2}{T_2^2} m_2 \dots\dots (2)$$

今太陽的質量為 M ，按牛頓定律，

$$P_1 : P_2 = \frac{Mm_1}{a_1^2} : \frac{Mm_2}{a_2^2}$$

以(1)及(2)式之 P_1, P_2 代入即

$$T_1^2 : T_2^2 = a_1^3 : a_2^3$$

故由上式證明了刻卜勒之第三定律。

(3) 假定月的軌道半徑為 R' ，地球半徑為 R ，月的公轉週期為 T ，則月的向心加速度 b 如下式所示。

$$b = \frac{4\pi^2 R'}{T^2} = 0.273 \text{ cm. sec}^{-2}$$

質量若一定，則地球重力和加速度成正比例，故加速度和距離的二乘方成反比例。

$$b : g = \frac{1}{R'^2} : \frac{1}{R^2} \quad \therefore b = \frac{R^2}{R'^2} g = 0.273 \text{ cm sec}^{-2}$$

以上計算，即證明牛頓萬有引力定律之正確。

第三節 行星的自轉和公轉

今先將各行星之公轉日數，每秒速度，軌道偏心率，及軌道面和黃道面間的傾斜度，表示如下。

	公轉日數	每秒速度	軌道偏心率	軌道面和黃道面間之傾斜
水星	88日	23—35(英里)	0.206	7.00(度)
金星	224日	21.9	0.007	3.39
地球	1年	18.5	0.017	0
火星	1年391日	15.0	0.093	1.85
木星	11年314日	8.1	0.048	1.31
土星	29.5年	6.0	0.056	2.49
天王星	84年	4.2	0.047	0.77
海王星	164年	3.4	0.009	1.78

由上表，知行星距太陽愈遠，牠的公轉速度便愈小。同時公轉週期亦增大。又小行星的軌道偏心率一般較大，例如水星的軌道為極明顯的橢圓形，對於黃道的傾斜度亦甚大。據計算的結果，星的合併及吸收星塵等現象可以促其軌道變為圓形。今日的大行星的軌道多近似圓形，即證明事實和理論的一致。行星的公轉和自轉方向都是順行。但牠們的衛星有取逆行方向的。

	自轉週期 (日數)	赤道面 和黃道 面間 的角 度	備 考
太陽	25.3	7	自轉週期因部分面異
水星	88	7	與公轉週期相等
金星	225	4	與公轉週期相等
地球	23時56分	23.5	
火星	24時37分22秒	24	
木星	9時55分30.56秒	3	自轉週期因部分面異
土星	10時14分	27	
天王星	10時	98	
海王星	不明	145	

內行星的自轉週期小於外行星的自轉週期。太陽及水金兩星的自轉週期甚長。特別是水、金兩星的自轉和公轉的週期略相等，即常以同一的半球面向着太陽而公轉和月的運動很相似。

週轉的方向一般和黃道面垂直或略作傾斜。但是天王星的北極，差不多是直向太陽。至於海王星則有上下顛倒狀態。這等週轉非絕對不變的，似以一定的週期而變化。

第四節 行星的相互位置及特殊運動

在第十章既略述衝、合、上合、下合等的意義。由這些現

象可明瞭行星之相互位置。此外尚有所謂凌日 (Transition) 的現象，即內行星，如金、水等行星在下合的狀態中，並且和太陽及地球在一直線上的時候，這內行星即作小黑點通過太陽的前面。若在此種就太陽黑子和內行星映在太陽面的暗點作比較觀測，即知道太陽黑子尚相當能發光，並非完全黑暗。

又小行星通過太陽或大行星的背後，為所掩蔽的現象，謂之掩星 (Occultation)。

除上述諸現象之外，行星尚有種種特殊的運動，即行星在自轉公轉之外，因受其軌道及其他天體的影響，常起複雜的特殊運動。

水星的軌道為偏心率極大的橢圓，故牠的近日點 (Perihelion) 和遠日點 (Aphelion) 的速度差達 20.3 公里。但因自轉和公轉周期相等，故在軌道上每進行四分之一，則行星本身自轉九十度，因此常以同一半球面向着太陽，即半面常在晝間，半面常在夜間。但事實上在近日點附近公轉的速度較大，自轉較遲。在遠日點則公轉比自轉為遲。故不能以正確的同一半面朝向太陽。其永久在晝間或夜間的部分僅有三分之一而已。其餘三分之一的部分（即在晝夜帶的兩邊各佔六分之一）交互為晝及夜。這現象叫做天平動 (Libration)。

因天王星的不規則運動，被推定為起因於受著太陽系外面的其他星體的牽制，這便是發見海王星的動機。即兩星體互相接近，互相牽制，結果影響及於軌道，成不規則的運動，這種現象叫做擾動 (Perturbation)。

地軸受太陽及月的作用，不變更其傾斜，而在其兩端起圓錐形運動 (第三六圖)，結果引起春分點的移動，這現象叫做

歲差 (Precession)。

若

變更其傾斜則叫做

章動 (Nutation)。

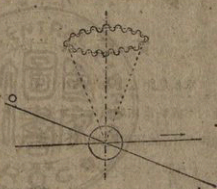
即地

軸受太陽及月的引力

作用，不僅在其兩端

起圓錐形的轉動，並

且變更其對黃道面的傾斜。此種變化每經過九年四個月即有增減，以約十九年為一週期。地軸傾斜的變化，其最大限度，亦不過四秒半而已。



第三六圖

第十一章 水星金星及火星

第一節 水星 (Mercury)

水星是距太陽最近的小行星，其間約五千八百萬公里。軸的直徑約當地球直徑三分之一。隨着太陽出沒，常表現於地平線上，故在晨霧地方不能觀測水星。每年在三、四月間及九、十月間距太陽最遠，作曉星或夕星而出現，約略可見。光度因情狀而有變化，由負 1.2 等至正 1.1 等不一定。

水星的質量不及金星，僅當地球的二十分之一。此數值曾從地球及彗星的影響加以計算。近來測知水星的質量有日趨縮小的傾向。容積亦僅當地球的二十三分之一。

關於水星的自轉，有種種的學說。至 1889 年，沙帕勒利 (Schiaparelli) 始測知水星的軌道為比較細長的橢圓，故起天平動的現象。即其表面之三分之一永久不見太陽，此部分

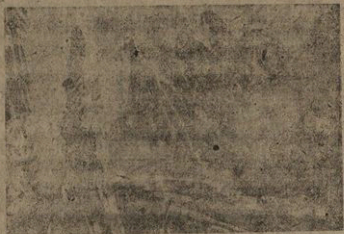
溫度甚低，據測算當在攝氏零下二百六十五度。自轉軸則與其軌道面作四度的傾斜，故無四季的變化。但沙哈勒利的自轉日數尚有多少疑問。

從地球觀測水星，有似月的盈昃，當在下合的時候表示昃，當在上合的時候表示盈。故觀測困難，其狀不明。水星表面似有多數的裂紋，並無空氣亦無晨昏朦影 (Twilight) 的現象，寒暑則極酷烈。



第三七圖

第三七圖示由地球上望見之水星盈昃狀態。第三八圖則為水星表面之想像圖。上圖為永久向日之半面，表示焦熱地獄的景象，溫度之高達攝氏三百五十度，即與既熔解的鉛的溫度略相等。下圖為永久背日之半面，氣象陰森，全不見日光，唯表示微亮的極光 (Aurora) 而已。



第 三 八 圖

第二節 金星(Venus)

金星在某季節，比太陽先出現於東方，即我國古代所謂啓明。在某季節，此星之西沒又較太陽為遲，即我國古時所謂長庚。啓明和長庚實為同一行星。最初認知此事實者為希臘之畢達哥拉斯。其次，在望遠鏡未發明之前，哥尼白亦認識了這兩者的同一。至伽利略的望遠鏡發明後，啓明長庚同為一星的事實遂得到實際的證明。由地球上望金星亦有盈昃的現象。當在上合的時候，距離 25440 公里，表示盈。當下合的時候，距離 4160 公里則表示昃。金星的觀測雖不完全，但為最近我們地球的隣星，故牠的狀態比較明瞭。

沙帕勃利測知金星的自轉和公轉有同一的週期。據光譜研究也略達到同一的結論。但是牠的軌道略似圓形，故不起天平動的現象。

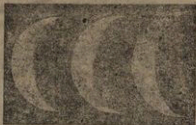
金星的容積，質量，表面重力，空氣及其組成物質和地球的極相類似。牠的直徑比地球的也僅小三十九公里。金星和地球的最大異點是距太陽較近，所受太陽熱二倍於地球所受的熱量。水蒸氣量亦甚多。海水的半數向大氣中蒸發，故多雲霧及雨。陸地表面的削蝕作用也極厲害。因溼氣的關係，溫度

平均達七十度。故推知在金星表面的氣溫狀態，約略和我們地球的石炭紀時代相似。

金星、地球和太陽在一直線上，當太陽出沒的時候觀測金星，看見金星周圍發射許多光線，這現象即證明金星之有大氣，由大氣的折射，故放射光線。

1927年羅斯 (Ross) 用紫外線攝取金星的影片，表示明暗相間的帶紋，因以雲的厚薄說明這個現象。故一般推測在雲的下面接近金星表面尚有多量的空氣，氣候亦甚緩和。又聖約翰 (St. John) 氏在分光學上研究金星的反射光線，測知金星的空氣中亦含有氧素，其量約當地球大氣中氧素之千分之一。故一般相信在各行星中，除地球外，金星是最適於生物的生存。但因某種物理的條件，不見生物的發育。

水、金兩行星都沒有衛星。即距太陽距離較地球為近的内行星都無衛星。地球及外行星則帶有衛星（冥王星有無衛星尚不明）。這可說是一種奇異的事實。是否有某種物理的原因，則尚待研究。



第 三 九 圖

第三九圖示由地球上所觀測的新月形的金星。

第三節 火星(Mars)

火星和地球在衝的位置的時候，距離較近。並且火星的全面受着太陽光的照射，便於觀測。故火星的研究，亦比較詳細。

地球的公轉週期為三六五日。火星的公轉週期為六八七日。故每兩年應有一次的衝。但因軌道為橢圓形，故在衝的位置時兩星距離亦無一定(第四〇圖)。在地球的遠日點(在火



第四〇圖

星期爲近日點)的附近起衝的現象時，兩星間的距離最近，約5600萬公里(1909年之例)。這種衝，每十五年一次。故觀測火星，亦以每十五年爲最適宜的機會。

兩星距離最大之衝，起於火星的遠日點(地球的近日點)附近，兩者距離爲9760萬公里(1916年之例)。

火星的自轉在250年前已經有惠更斯(Huygens)氏的測定。火星日爲24時37分22.70秒。火星軸傾斜和地球的一樣，故在火星上亦有四季的差別。但火星年則爲地球年的兩倍，故四季的期間亦較長。在其兩極有十一個月之久受太陽光之照射，故沒有積雪。雖有空氣，但甚稀薄，氣壓不過十公釐(mm.)而已。至在地球上高十一公里之處，尚有十六公釐的氣壓。

火星比地球小，其直徑約當地球三分之二。此外如密度、重力、質量都小於地球，在地球上重十二斤的，在火星上變爲五斤的重量。

關於火星的表面曾經六十多年的研究。在望遠鏡下的火星爲最美麗的天體。在其表面，有種種黑白的帶紋。但若深加注意，則這些帶紋因季節的變遷而有變化。至就其全體言之，則一般呈紅色，約八分之三則爲青灰色或青綠色所掩蔽。在

兩極的白色部分，一般稱之爲極冠 (Polar cap)。因其在夏季面積縮小，故一般推想其爲積雪，在火星表面是最引人注目的部分。紅色的部分不因四季的變遷而起變化。但極冠卻有變化。在冬季的北極冠逐漸擴展，掩蔽極和赤道間一半。但到了春分時節，則漸次縮短，由夏至至夏末之間，變爲極小的面積。南極冠在夏季末期則完全消失。至北極冠則從不消滅。但論極冠的大小，則南極冠大於北極冠。由此現象，一般推想火星南半球的冬季比北半球的冬季爲寒冷，在夏季則極熱。

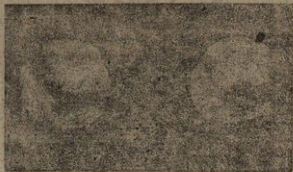
火星的黑暗部分，大部分布於南半球，特別多存在於熱帶。在望遠鏡下，似爲纏繞火星的暗帶。從前一般都信爲係火星表面的海，但其後經墨累 (Murray) 和洛威爾 (Lowell) 等的研究，證明這黑暗部分並非火星的海。

關於火星上有運河的問題，在天文學者之間，意見紛紜，至今尚無定論。據洛威爾的觀測，在火星表面，沿火星大圈作直線狀的運河達 640 條之多，縱橫無定，並有約二百多的沃地 (Oasis)。從前一般都信火星表面發光的部分皆爲陸地，對於其主要部分曾分別命名爲阿比西尼亞、利比亞、阿刺伯 等名稱，即暗示此等陸地皆爲沙漠性地方。故洛威爾使用沃地的名稱以區別其他大部分之陸塊。

柏訥特 (Barnard) 則謂縱令使用極大的望遠鏡，亦不能發見所謂運河，僅有極短的輪廓不明的黑色線條，及兩條相平行的長條而已。阿累尼烏斯 (Arrhenius) 則謂：所謂運河恐怕是火星外殼的裂隙或斷層線。

一般曾觀測火星的人，都相信在火星表面似有植物的存在。因為皮加林 (W. H. Pickering) 曾提出一假說，謂橫斷火星的乾燥地帶有若干的河流。洛威爾 所謂沃地即皮加林 所謂河流的交點，即湖。在這些河流的周圍，植物繁茂，故呈暗綠色的線條狀映入我們的眼中。總之，關於火星表面的狀況，尙未見有確實的結論，仍有待於今後的研究也。

第四一圖為 1909 年十月四日及十一月三日在威爾遜山



第 四 一 圖

天文台所攝取的火星圖，極冠甚明瞭。第四二圖則示火星表面的狀況。

火星有兩個衛星，發見於1877年，發見者為霍爾(Asaph Hall)氏。兩衛星一名法柏斯(Phobos)，一名德摩斯(Deimos)。



第四二圖

(直徑(公里))	(公轉)	(距火星(公里))
法柏斯 58	7時39分	9280
德摩斯 16	30時18分	23456

法柏斯在火星的一日中出沒三次，約三時間即演一回之盈虛。

第十二章 木星和土星

第一節 木星 (Jupiter)

木星為最大的行星，距太陽平均5.2天文單位，軌道的偏心率為0.048。其赤道半徑經測定為七萬公里。又由衛星運動及小行星的攝動精密算出木星的質量為地球的318.298倍。以體積除此質量，測知其密度為地球的0.243倍，比水稍重。

木星的表面重力約當地球的兩倍半，但因其週轉極速，形體似橢圓體，結果在赤道和極的重力差相當之大。這差數約當赤道重力的百分之十五。在地球上，極和赤道的重力差僅為一八九分之一。因其重力大於地球的重力，故在地球上重十二斤的物體，在木星表面為二十八斤。

木星自轉速度比任何行星為大，約十一小時即自轉一週，但其自轉速度和太陽相似，因部分而有差異。在赤道部分

週轉最速，週期為9時55分30.56秒。愈近高緯度地方則愈遲。其最遲的部分自轉週期九倍於赤道部的自轉週期。木星的自轉速度的差異可以在其表面的帶狀加以區別。即各帶有各帶固有的自轉速度，並且年年變更其速度。

木星的自轉軸，幾乎與黃道面直交，故無四季的變化。其所受太陽熱僅當我們地球所受熱量二十七分之一。故從木星內部若不放射熱，則木星永久呈現冬季的狀態，

在木星表面，與赤道平行區劃為若干帶，即表示帶狀的斑紋。縱令使用兩英寸的望遠鏡，亦可以觀測這個現象，赤道帶略帶黃色，亦有帶紅色的部分，愈接近兩極則愈傾向青灰色。其中一部分表示一種橢圓形的紅斑 (Red spot)。此外尚有其他斑紋，多因歲月之經過而消滅。紅斑初發見於1878年，至次年轉變為紅褐色，雖用小型望遠鏡亦能觀測。其後漸次褪色，頗難辨認。此紅斑究為何物，至今尚無定說。一般認為雲或山。但經三四十年仍無變化，則不能謂為雲可知。故又有人解釋為係一浮島。但嗣後又測知此紅斑或速或緩，時在移動。

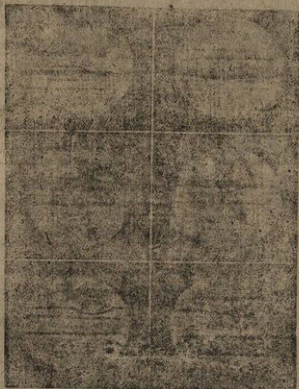
至1901年又發見一新斑點，因命名為南熱帶斑點。此新斑點的進行速度甚大，每經二十三個月即和紅斑相會，通

過之後，即表現於其左邊，仍繼續向前進行。紅斑則因與新斑點相遇而增加牠的光度及色，亦照常繼續移動。

木星的光譜和太陽的光譜相似，因木星反射太陽光的緣故。在橙及黃色兩部分有極強的吸收帶，即表示木星大氣的吸收。至大氣究為何種物質，尙未明瞭；但推知其密度頗大。由上述斑點帶條等的移動，推想木星大氣的流動當甚急速，其表面亦似非固體物質，常奔騰流動。故一般認為木星表面溫度當甚高。但據測定結果，則完全出人意外，實在攝氏零下140度。故木星表面的情狀，至今尙無決定的說明。

第四三圖示木星表面的變化。沿赤道多表現帶條及斑點。其中有一時的，亦有半永久的。(1)示1893年，(2)示1898年，(3)示1901年，(4)示1903年，(5)示1909年，(6)示1918年的木星表面狀態。

木星有九個衛星。伽利略於1610年一月七日發見了四個衛星之後，至1892年九月美國的律克 (Lick) 天文台柏訥特氏發見了第五個衛星。第六第七兩衛星為美國的皮蘭因所發見。第八衛星是英人梅洛特 (Melotte) 所發見(1908)。第九衛星亦為美國律克天文台尼科孫 (Nicholson) 所發見(1914年七月)。



第四三圖

號數	名 稱	距離 (以木星 半徑為單位)	公 轉 週 期	直徑 (公里)
1	Io	5.91	日 時 分 1,18,28	4000
2	Europa	9.40	3,13,14	3344
3	Ganymede	14.99	7, 3,43	5680
4	Callisto	26.36	16,16,32	4736
5	—	2.53	0,11,52	150
6	—	160.46	250.61	小
7	—	164.46	260.05	小
8	—	229.30	738.9	甚小
9	—	349.10	804.8	甚小

第二節 土星 (Saturn)

土星的光度本屬第一等級，但亮度不大。古代的人認此行星為兇星。

土星距木星六億四千八百公里，距太陽十四億二千五百萬公里，以二十九年半為一週期繞太陽公轉一週。對我們地球則以三七八日為一週期回復相同的關係。赤道半徑約六萬公里。容積當地球的 733 倍 質量當地球的 95.202 倍。以容積除質量，故知土星的密度比水尤小，為 0.7。故若投之水中，可以浮出水面。

土星的自轉速度在赤道為十時十四分，亦與太陽及木星

同樣，因部位不同，自轉有遲速之差。

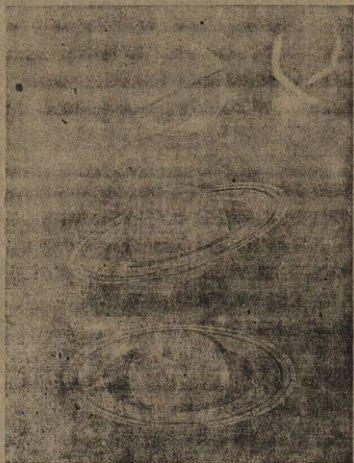
土星表面也和木星一樣，與赤道平行區劃為數帶，亦稍有斑點。顯著的現象，則為土星光環 (Rings of saturn)。

第四四圖示土星表面的狀態，有帶線，亦稍現斑點。最表示美觀的，仍然是牠的三條光環。由地球上觀測此光環，時時變化其狀態。左下部的小白點，由右至左，為水星、金星、地球及火星。兩相比較，可以明瞭土星之偉大。

土星的光譜和木星同樣，亦是吸收帶，即證明其表面有大氣的存在。但在光環上則無大氣。故知土星表面至今仍然是氣體狀態，並且大氣極濃厚。至其內部密度之小的問題，則尚未見有確實的解決。表面溫度略與木星的相等。

伽利略最初用小望遠鏡觀測土星，祇看見土星兩傍有附屬物，但未認識其為光環。至列卜勒亦未察知土星之有光環。至1655年，惠更斯用二英吋的遠鏡(倍率92倍)才發見土星光環，並測知其最大直徑為268800公里。因土星的赤道直徑為120000公里，故推定光環幅寬至少有60000公里，但厚僅30乃至160公里。經二十年之後，至1675年，卡西尼始發見在這光環中間有一暗環，區分光環為內外兩部分，因稱此暗環為卡西尼環縫 (Cassini's division)。外環幅寬18000

公里,內環更由曖昧的暗環恩開環縫 (Encke's division) 分



第 四 四 圖

劃為中環和最內環兩部分。中環幅寬約 24000 公里。據多數天文學者之觀測，謂中環之間，尚有數條的環縫。最內環幅寬約 16000 公里。其內邊與土星之間尚有幅寬 10000 公里的黑暗部分。至 1850 年，據蓬德 (Bond) 及道斯 (Dawes) 的研究，這黑暗部分比真空的色尤為淺淡，以為稀薄氣體的部分。侯失勒亦抱有同樣的見解。據近來在分光學上的研究，土星光環不僅區分為三大分環，實為一千個以上的同心環帶之集合。

內環呈稍透明的暗色，並且物質的分布不平均，略表示卷縮的外觀，故又稱之為縮環 (Grape ring) 或暗環。一般認為此暗環以氣體為主成分。中環及外環皆透明，具有白色的光輝，且能反映土星的陰影，故推想其為固體。但經後來之天文學者及物理學者之研究，這光環的構造並非連續的固體或液體的帶，當係微塵狀小衛星的集合。1889 年，巴德氏研究土星的第八衛星耶柏杜斯 (Japetus) 進入最明亮的中環的背面後，仍能夠窺見，故斷定光環為微粒的集合。1895 年，基拉 (Keeler) 氏利用杜柏拉效應 (Dopplers effect) 測光環的視線速度，結果知外環的週轉較緩，愈進內部則週轉愈速，亦斷定其為微衛星的集合。據他的測定，光環的內邊為每秒二十公

里，外邊為每秒十六公里的速度。但在這種審測之前，馬克士威 (Maxwell) 曾論光環的安定性，而證明其為微粒子的集合。卡克篤 (Kirkwood) 亦謂因衛星的攝動，其間亦必然生成間隙。故一般均相信土星光環是微行星的集合。這些微行星和木星與火星間的微行星具有同樣的性質。這些微行星各有一定的軌道。這種解說和上述諸研究恰相吻合。

土星有十個衛星，最大的名狄丹 (Titan)，為惠肯斯所發見 (1655)，直徑 4800 公里，約和水星相等。第八衛星耶柏杜斯距土星四百萬公里，第九衛星惠柏 (Phoebe) 距土星一千三百萬公里，作逆行運動。最小衛星名提米斯 (Themis) 為皮加林所發見 (1905)。以土星為中心，牠的衛星所及範圍大於地球與月的距離 33 倍。距土星最近的美瑪斯 (Mimas) 則距土星十八萬三千公里。

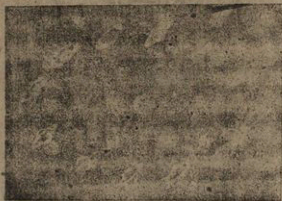
號數	名	稱公轉週期距土星	號數	名	稱公轉週期距土星	
1	Mimas	日 時 分 22, 37	3.07	6	日 時 分 15 22, 34	20.22
2	Enceladus	1, 8, 53	3.94	7	21, 6, 38	24.49
3	Tethys	1, 21, 19	4.88	8	79, 7, 55	55.91
4	Dione	2, 17, 42	6.24	9	550.48 日	214.40
5	Rhea	4, 12, 25	8.72	10	20 日 20.4 時	24.71

(註) 距土星距離以土星半徑為單位。

由第一至第五衛星的軌道都屬圓形。第六，第七兩衛星及土星恰分立於正三角形的三頂點之上。牠們的關係位置常不變。在天體力學上爲一種特殊運動，在理論上是至有趣味的問題。

惠柏衛星和木星的第八，第七衛星同樣作逆行運動。但在力學上亦既證明牠們的安定，此亦爲深有趣味的問題。

第四五圖示在地球上所望見的光環之種種狀態。因土星光環對軌道作約三十度的傾斜，故能攝取其種種狀態。第四六圖示土星的衛星及其軌道。第四七圖爲1921年由水平視線所攝取的土星光環及其衛星的影片。第四八圖示土星及其三個衛星。



第四五圖



第 四 六 圖



第 四 七 圖



第 四 八 圖

第十三章 天王星海王星及冥王星

第一節 天王星 (Uranus)

1781年三月十三日夜十時至十一時間，英國天文學者侯失勒(W. Herschel)在雙子座H星附近發見一個新天體。侯失勒是個深有經驗的觀測者，當發見這個星的時候，即知道牠並不是個恆星。其實在侯失勒發見這個星以前，早有人觀測過這個天體，侯失勒最初誤認牠為一個彗星，故於1781年四月二十六日發刊的哲學雜誌(Philosophical Transaction)裏面認作彗星加以介紹，於是引起世界多數天文學家的注意。例如馬斯利蘭(Maskelyne)，姆西亞(Messier)，拉蘭得(Lalande)，波特(Bode)，等都競加觀測。勒克塞爾(Lexell)，拉伯拉斯等則從事計算。結果測知這個新發見的天體並不是彗星，而是一個距太陽甚遠的行星。德國的波特氏因命名為

天王星 (Uranus)。同時侯失勒則命名為 Georgium Sidus，蓋欲紀念對於天文學極有貢獻的英王喬治三世。在法國拉蘭得則命名為‘侯失勒’，以紀念此星的發見者。

關於天王星的容積，質量，比重及距太陽的距離等可參看第十章第三節裏面的表，不再贅舉。但我們須加注意的是，牠的比重比地球小，並且距離太陽甚遠，約三十億公里，故牠映在我們眼中只是屬六等星的光度。

天王星的光譜和土星，木星的甚相似，表現顯著的吸收帶，故一般想像天王星表面有充分的大氣，但尚未見詳確的研究報告。

天王星的橢圓率頗大，故週轉速度亦大。自轉週期甚短，約十一小時，這是藉牠表面發光的條紋而推定的。

天王星有四個衛星，都在一平面內繞天王星而公轉。最有趣的現象是這個平面與天王星本身的軌道路相垂直，並且這四個衛星都在作逆行的運動。這些現象在力學專家認為是極有研究價值的問題。

今將天王星的四衛星的名稱及其諸性質表示如次。

號數	星名	直徑	公轉週期	距天王星(公里)
1	Ariel	—	日 時 分 2, 12, 29	198490
2	Umbriel	—	4, 3, 28	286800
3	Titonia	928 (公里)	8, 16, 56	456000
4	Oberon	862 (公里)	13, 11, 07	609600

第二節 海王星

自發見天王星之後，有許多的天文學者，都就牠的軌道，加以研究。但是觀測結果和計算結果常相矛盾。拉伯的同事布瓦德 (Alexis Bouvard) 氏於 1821 年，作成土星，木星，天王星的表，並參考一切行星的攝動影響，仍然不能解決天王星的位差的疑問，因斷定天王星必尚受其他某一天體的影響，否則從前的觀測有誤。實際證明了天王星因受海王星的影響而起位差現象，則在布瓦德死後三年餘。

布瓦德氏所製的表發表後不久，又發見新的位差，即在 1832 年，英國的阿利 (Airy) 教授在他的『天文學的進步』論文中指出布瓦德氏的表中所示天王星的位置又和實測的位置相差甚遠。於是歐洲天文學界羣注意於這個天王星的位置問題了。一般都認為表中所示天王星和太陽間的距離未免過小。

1834年，英國有一位僧正名哈塞 (Hussey) 的，對於天文學也有相當的研究，曾致信阿利教授。據稱，他在當日亦曾質問過布瓦德氏，這種位差是否受在天王星外邊，距太陽更遠的天體的影響所致？布瓦德氏的回答是：他早就有這個見解，也曾於1829年致信天文學大家漢生 (Hansen) 氏討論這個問題。故知關於海王星的發見，布瓦德氏的功績實不可沒。

1840年，有名的天文學者柏塞爾 (Bessel) 亦謂天王星軌道的不一致，一定是受着其他的某一行星的影響，如果能發見及測定這個行星的軌道及質量，則天王星的位差問題便可迎刃而解了。故他於發表上述宣言之後，即着手搜索這個新行星。不幸的是因為他的助手之死，並且他自身亦於海王星的發見前二三個月患不治之症，故不能不放棄這項工作。當時天王星的位置和理論上的位置相差不過二分。若用我們的視力是決不能辨認的。但是在天文學家則視為極重大的問題。因為若不承認太陽系外部尚有未發見的一行星，則牛頓的力學便非顛覆不可了。

當時英國劍橋大學有一位學生名阿丹斯 (J. C. Adams) 者，讀了阿利教授的『天文學的進步』之後，於1841年7月，

便決意於畢業後致力於這個問題的解決。至1843年，他即着手研究這個問題。他先假定未知的行星軌道為圓形，其次假定這個未知的天體距太陽的距離二倍於天王星距太陽的距離，即按波特定律以預定未知的行星的距離。至1845年9月，他將其研究結果送交劍橋大學教授佐利斯 (Challis) 氏。他又再三到國立天文台訪候阿利氏，但終不得一見。這位青年數學家因之頗為喪氣。他祇將他的研究結果留交阿利教授。十一月五日，阿利教授覆信給他提出二三項質問，在阿利氏認為是極重要的問題。但在阿丹斯氏則以為無關宏旨，並未答覆，一誤再誤，大概是阿利教授和阿丹斯氏間有點感情上的隔膜了。結果，終把發見海王星的榮冠讓給法國和德國的學者了。

在這時候，法國有一位數學大家勒未利埃 (Leverrier) 氏亦在熱心於研究同一的問題。他的研究是用組織的方法，並且進行神速，於1845年十月十日，發表他的第一篇論文，詳確的論究天王星軌道所受木星及土星的影響。第二篇論文則發表於翌年六月一日，論述從前關於天王星的紀錄，計二百七十九件之多，又討論當時的關於天王星的研究報告，並且作結論說：天王星的位差必然是受着另一行星的影響；這行星

以太陽爲中心，於1800年一月一日當在緯度252度的位置，至1847年一月一日則應在325度的位置。勒未利揆氏竟具體的把未發見的行星位置預先決定了。

阿利氏於六月二十三日接讀了勒未利揆氏的第二篇論文之後，始大驚異。因爲勒未利揆氏所決定的位置恰恰和阿丹斯氏的研究結果相一致。吳下阿蒙，雖欲刮目相待，但爲時已無及矣。他立即按照理論所示方位，高舉他的遠鏡，向着黑暗的一角天空，盡力搜索。從六月二十九日開始觀測，至八月四日，他實際已找着這個新行星，但他也像看不起青年學者阿丹斯氏一樣的誤認這新行星爲尋常的恆星，把牠忽略了。八月十二日，又按阿丹斯氏所指示的方位，再行搜索，他再次發見了這個星，但仍當牠是普通的天體，又輕輕的放過了牠。

一方面，在法國勒未利揆於八月三十一日發表他的第三篇論文，詳究未發見的新行星的軌道，質量，及距太陽的距離，偏心率，緯度等；並預言以太陽爲中心，於1847年一月一日，此未知的行星當在緯度326度32分的位置。像這種發見，豈非一種神跡！以視哥倫布之發見新大陸自然是平平無奇的了。

九月十八日，勒未利揆致信德國柏林天文台的喀爾勒

(Galle)博士，委託他代為搜索這顆新行星。喀爾勒按照勒未利挨氏所指示的方位，在接到他的信那天晚上，便發見了這個海王星。故他覆給勒未利挨的信裏說：「來示所指方位確有此行星。當接讀來示的九月二十三日晚上，即發見一個光度屬第八級的行星，查柏林國立學會最精密的星圖上，確無此星。至翌晚再加觀測，既確定其為吾人所久欲發見之行星」。當時發見的位置和勒未利挨的理論上的位置僅差五十七分而已。

在英國的佐利斯教授於九月二十九日讀了勒未利挨氏的第三篇論文之後，亦於當晚用具有大折射作用的遠鏡向着黑天的一隅，盡力搜索。經多次的觀測，始發見一顆屬八級光度的星，是即海王星。但發見這星的二日後，即十月一日，聽見在德國早已發見了這個新行星，頗覺失望。

對於阿丹斯的研究結果擱置數月不為發表的阿利教授，讀過了勒未利挨氏的第三篇論文之後，立即致信勒未利挨氏，稱贊勒未利挨氏為海王星位置的唯一的預言者。這種態度是學術無國境的高尚思想乎？抑對於國內學者獨具派別的偏見乎？我們從前以為祇限於我國始有此種學者，不意在八十餘年前的英國，亦有此種偏狹的蔑視後進的學者。噫！

其實在喀爾勒博士發見海王星之前，即1795年五月八

日及十日兩日，拉蘭得氏早經發見這個行星，唯亦誤認其為恆星，把牠忽略了。拉蘭得氏若繼續他的觀測，則這個新行星也可以在天文學上早出現數十年吧。

在冥王星未發見之前，海王星是在太陽最外部的行星。牠的容積略和天王星相似，當地球的七十一倍而有餘，距太陽四十五億公里。海王星的命名者亦為勒未利挨氏。

海王星的質量約十七倍於地球的，由是求出牠的比重為1.82，和水的比重相差有限。光度如前所述，屬第八級，故非我們的視力所能及。

海王星的光譜較之天王星，吸收帶更為顯著。據一般想像，其原因必係有未知的化合物存在於牠的大氣層中。其大氣成分為何，則尚無正確的研究報告。

關於海王星的自轉，因在其表面不見何等的斑紋，故無從加以精密的測定。牠的自轉週期，一般相信為八小時左右。

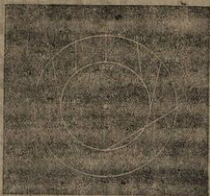
第四九圖為喀爾勒博士發見海王星時所用的星圖的一部。右圖箭符所示之點為海王星的發見位置。“+”符號所示之處則為勒未利挨氏所指示的位置。第五〇圖示天王星和海王星之間的引力關係。

海王星只有一個衛星，為拉塞爾氏 (W. Lassell) 所發見



第四九圖

(1846)。牠的軌道面和海王星本身的軌道面作約 40 度的傾斜，以 5 日 21 時 3 分的週期在海王星周圍逆行一週，距海王星距離約 236800 公里，直徑約 4800 公里，光度屬十三乃至十四級。



第五〇圖

第三節 新行星冥王星 (Pluto)

自海王星發見之後，一般天文學者都在推想，在海王星的外邊距離更遠之處或許還有未發見的行星。五十年來，各國的天文台都在熱心搜索。至 1930 年遂發見了比海王星距太陽更遠的新行星，即冥王星，在未發見這個新行星以前，已經有人提議以冥王星命名將來發見的新行星，故發見後即採用了這個名稱。據希臘神話，Pluto 是魔鬼 (Satan) 的第三子，為司地獄的神。

關於在海王星外邊尚有行星的問題，雖曾經多數學者的研究，但對於這個問題貢獻最大的要推美國的洛威爾和皮加林 (W. Pickering)，兩人因海王星的運動和天王星一樣，有不能和理論一致之點，縱令歸因於攝動的影響，仍未能完全說明。故他們就此問題加以熱心的研究，結果推定這個新行星，距太陽的距離等於海王星的距離之 1.5 倍，質量約等於海王星，光度屬十二級。但終洛威爾之世，尚未發見這個新行星。因洛威爾於 1916 年逝世，至 1930 年始由洛威爾天文台的青年助手湯波氏發見了這個冥王星。

洛威爾於 1855 年三月十三生於美國的波士頓城，最初

在實業上發揮他的才能，獲得巨萬之富，因於 1894 年在阿利桑那省佛拉格斯塔夫空氣澄清的地方，建設洛威爾天文台，備有口徑 60 厘米的折光遠鏡，最先盡力於火星表面之研究，其後則專心研究海王星外邊的行星。牠的理論完成於 1914 與 1915 年之間，然後即着手實地的觀測。洛威爾氏死後斯萊法 (Slipher) 繼任天文台長，承洛威爾遺志，於 1930 年一、二月兩月中，使用口徑 33 厘米的折光遠鏡，由攝影方法發見了新行星。第五一圖示雙子座之 δ 星與冥王星。



第五一圖

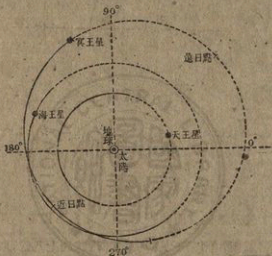
洛威爾氏之研究冥王星，是由於海王星的位差。至於他的動機當然是看見勒未利挨氏由天王星的位差發見海王星的功績。但在二十世紀初期因海王星的位差甚微小，不能利

用。最初利用海王星的位差的天文學者實為皮加林氏。洛威爾之研究未發見的新行星曾作成兩種解說。

	(第一解說)	(第二解說)
1914年平均黃經	84度	263度
平均距離(天文單位)	43.0	44.7
週 期	2824年	299年
歸 心 率	0.20	0.20
近日點黃經	204度	20度
質量(以地球為單位)	6倍半	7倍半

按第一解說，則當在北半球金牛座附近。但經詳細的搜索，並不見這個行星。於是湯波氏按第二解說加以搜索，從雙子座附近出發，沿黃道搜索至半圓週，遂在雙子座的 δ 星附近發見了冥王星。光度較預定為小，僅屬十五級。於1930年一月二十一日，二十三日，二十九日分別攝取照片作比較研究，發見冥王星的運動為一種特殊的運動，即運行於恆星之間，但速度不如小行星的那樣大。至三月十三日始向世界發表。各國天文台接到這項報告後，都競加觀測。但每年仍能繼續觀測研究這個冥王星的祇有美國，德國，比利時等四五處的天文台而已。

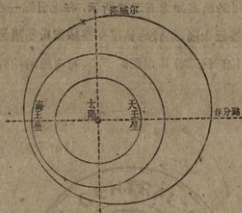
冥王星的軌道如第五二圖所示，在近日點一小部分，較海王星稍接近太陽。這樣的軌道和洛威爾氏所推算的第一解說的軌道(第五三圖)甚相類似。今後再次通過牠的近日點要



第五二圖

在五十餘年之後的1990年。冥王星公轉週期為248年，約當海王星的一倍半，天王星的三倍。

縱令用世界最大的遠鏡也不能窺測冥王星的視直徑，故推定牠的直徑當在角度0.3秒以下。由冥王星的距離觀測地球為角直徑0.43秒，觀測火星為0.32秒，觀測水星為0.16



第 五 三 圖

秒。故推定冥王星的直徑比火星更小。

由光度及其他方面的研究，冥王星質量僅當地球的十分之一。洛威爾預測冥王星的質量為地球的七八倍，則未免失之過大了。

關於冥王星的容積和質量，雖未見有詳確的結論，但一般都相信冥王星是一個大行星，不能列入小行星中，這是可無容疑的事實了。

在海王星之外邊尚能夠發見小容積的冥王星，故一般推想比冥王星更遼遠的天空尚有未發見的行星。在尚未發見冥

王星約二十年以前，皮加林氏曾詳細研究海王星外邊的行星，假定尚有 O, P, Q, R 等行星而推定牠們的軌道。現在與 O 相當的冥王星已經發見了。在冥王星之外邊是否尚有 P, Q, R 等行星，則有待於今後的研究。



第十四章 小行星彗星及流星

第一節 小行星

按波特定律，在木星和火星之間應當有行星的存在，否則在這兩行星間的距離過大，不能和波特定律一致。因此，多數學者就加觀測。自1801年匹雅吉發見了第一號小行星(Ceres)之後，更證明了波特定律的正確，則既如第九章所述。

嗣後差不多每年都有小行星的發見。現今既發見的數目在千以上了。最初以發見者的姓名為命名，至後來因為數字太多了，祇為牠們按發見順序編成號數，或於發見年次的後面按發見月日先後附加A, B, C等的記號，例如1934 AA……等符號以資識別。

小行星的容積非常之小。最大者直徑亦僅770公里。其

小者直徑僅數公里而已。自近十餘年來所發見的大都是直徑僅數十公里以下的。這樣的小行星的發見完全靠攝影法。至於由第一號至三二二號則不是用攝影法發見的。

今試將由第一號至第四號的小行星的直徑和月的直徑相比較，則如下表所示。

月	2164 英里
第一號小行星	485
第二號小行星	304
第三號小行星	118
第四號小行星	243

1891年，德國海德爾堡(Heidelberg)的佛爾夫(M. Wolf)用攝影機，以適當的露出時間，攝取天體。因小行星之進行在照片上畫一短線，容易與恆星相區別。由是小行星及彗星的發見方法遂獲得長足的進步。最初其中有極小的小行星在照片上僅表現為極小的星點，不容易和恆星區別，故命名為微星(Asteroid)，此即 Asteroid 名稱之所由來也。

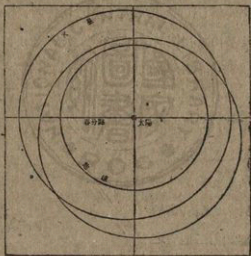
在波特定律未發見之前，刻卜勒氏也曾注意到火星和木星的軌道間的距離未免過大。自1781年發見了天王星之後，各國天文學家都熱心於行星的搜索。至1801年一月一日，

西西利島帕勒爾摩天文臺的匹雅吉氏因觀測子午線，忽然發見一個光度屬第七級的星體，最初以為是一個彗星，經研究結果，知道牠是一行星而非彗星，並且牠的軌道適介在木，火兩行星之間。嗣後繼續不斷有發見這種小行星的報告。牠們的軌道都在火，木兩行星之間。公轉太陽一週的期間大體由一年至兩年不等。

小行星多數分布於第一號小行星 *Ceres* 的附近，即多分布於由二十七天文單位至二十八天文單位之間。此外在二十四天文單位，三十二天文單位附近亦多小行星。調查牠們的分布最稀薄的部分，則由二單位至四十三單位之間，都見有小行星的分布。由三十五至四十三單位之間則僅發見數個小行星而已。小行星所以表示這種分布的原因，大概是由於木星的引力。例如與木星公轉週期的二分之一，三分之一，四分之一相當的三十三，二十五，二十一天文單位的部分，小行星最少；牠們多密集於二十四，二十七，二十八，三十二天文單位的部分。即與木星公轉週期之二分之一相當的小行星，每一木星年，和木星相接近兩次。同樣，與木星公轉週期四分之一相當的小行星每一木星年，對木星有四回之衝，即常受定期的引力作用，不能不變更其軌道。至其他小行星與木星

公轉週期有複雜的關係者所受引力方向不一定，故能保持其原有的軌道。

小行星的軌道皆作橢圓形，例如愛神星 (Eros) 小行星，(於 1898 年為 Witt 所發見)，其軌道之半在地球和火星之間，其餘半部分則在木星和火星之間(第五四圖)。距地球最近的時候，僅 2160 公里。一般小行星的軌道多受木星引力的影



第五四圖

響，而發生一時的或永久的變化。

小行星的公轉週期，因距太陽之遠近不一而有差別。最

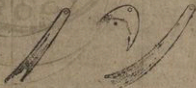
普通之例為五年乃至六年，最短者為三年最長者達九年。

小行星內光度最大者為 Pollas 及 Vesta，約屬八級星。Celes 雖云屬於六級，但其變光程度甚大。由此點推測小行星當非球狀體，而為不規則的形體。在牠們周圍似無大氣層。

第二節 彗星 (Comet)

彗星以有核 (Nucleus) 和尾 (Tail) 為特徵。核部和尾部的區別完全是由於亮度的強弱。在歐西按其形狀為分類，例如有圓板狀樽狀等名稱。在我國則有彗星，孛星等名稱，亦由於形狀之差而命名。一般按牠的尾部形狀分為三大類：即 (1) 直線狀的長尾，(2) 彎曲狀的長尾，(3) 幅廣，作舌狀的短尾

(第五五圖)。屬於第一型之彗星富於氫元素等的輕物質。屬於第二型者富於碳化氫。屬於第三型者之成分則為比重稍大的氮素



第五五圖

以及碳化氫等。但三者尾部的物質皆極稀薄，因能從其尾部邊視其他天體。又當地球接觸彗星的尾部，並不受何等的影響，此亦證明彗星尾部物質之稀薄。

當彗星向着太陽進行時，核在先，尾在後。向反太陽的方向進行時，則尾在先，核在後。

凡受引力作用而起的運動軌道表示圓錐曲線形 (Conical curves)。雙曲線拋物線等為開形的圓錐曲線。橢圓及圓則為閉形的圓錐曲線。行星的軌道是閉形的圓錐曲線。

最初宣言彗星的軌道亦為圓錐曲線的學者是牛頓其人。但實際加以證明的人則為哈雷 (Halley) 氏。哈雷氏深信發現於1805, 1880, 1531, 1607, 1682等年次的彗星性質甚相類似，推定其必為同一彗星之反覆出現，並預言這彗星將於1756或1785年再出現於天際。哈雷死後，法國某數學家曾加以精密的計算，結果，斷定這彗星的運行受木星的影響遲3518日，受土星的影響又遲了100日，須等到1758年十二月二十五日始能出現。屆時，果然發現彗星，與計算結果完全一致。這彗星即是有名的哈雷彗星。自是以後，始知彗星亦是屬於太陽系的天體，牠的軌道並不是拋物線，仍然是偏心率極大的橢圓。其作拋物線狀軌道的彗星，縱令有之，亦極少數，且一次出現之後則永不復來。

論及彗星的軌道形狀，勢須先研究彗星的起源。關於彗星的起源，現代有兩學說，一為錨留學說 (Capture theory)。

據此說，在太陽系外的天體，以偶然的機會飛入於太陽系中，此時或受其他行星的引力作用而變更其軌道，或藉其固有速度和太陽的引力等作用，亦變更其軌道，一般作雙曲線或拋物線。實際上吾人所能發見者多屬偏心率極大的橢圓形，故能往來於太陽系中。但同屬橢圓形軌道的彗星，其中亦有週期在百萬年以上者，能否復臨，實為一疑問。除軌道遠及於海王星外的長週期彗星之外，多數彗星都通過於太陽和大行星之間。大行星常妨礙彗星之進行或未引吸收之。

其次為噴出學說 (Eruptive theory)。例如由木星噴出之物質可以成為彗星。前後兩說都是為說明彗星的週期而提倡的。若彗星係由恆星界侵入太陽系，結果則牠們多數應取雙曲線的軌道。事實上這種軌道幾可謂之絕無。故現代皆深信彗星的起源仍屬於太陽系內。至關於彗星的正確認識，仍須待今後科學的發達。

今試將屬太陽系的彗星分類列舉如下。

- (1) 週繞太陽和木星的彗星，週期由三年至八年，既發現者共有二十七個。
- (2) 週繞太陽和土星的彗星，週期在十三年以上，既發現者共有二個。

(3) 週繞太陽和天王星的彗星，週期約三十三年，既發現者共三個。

(4) 週繞太陽和海王星的彗星，週期在六十三年以上，既發現者共六個。

海王星族彗星的軌道有二倍於海王星和太陽間的距離者。今日既見於星錄者有八百餘的彗星，其大部分出現於天文學未發達以前，故軌道及週期多不明瞭。在這鏡之下的彗星數則達一千六百以上。

第三節 流星和流星羣

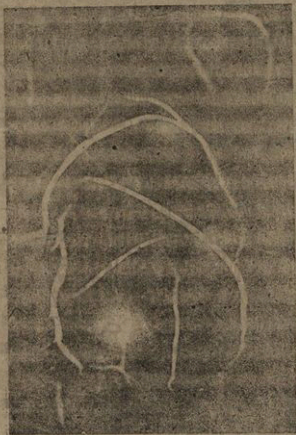
流星 (Shooting star) 亦是一天體，故從運動法則，循一定軌道在空中運行。牠們的軌道有作橢圓形的，亦有作變曲線形的，但都是以太陽為焦點而運行。我們能夠看見流星是因為流星的軌道和地球的軌道極相接近。若流星竄入地球的大氣層中，則流星和大氣相摩擦而發光，故能引我們的注意。一般流星為極小的天體，當通過地球上層的大氣中，立即消失。故知當我們望見流星的瞬間，即為該天體生涯的最後一瞬間。

在七八月的晴夜，仰望天空，常見無數流星在天空亂飛，

有時且看見一羣流星從天空的一隅向周圍發射，有如雨注，是爲流星羣或稱流星雨 (Meteoric shower)。驟觀之，這些流星似無一定的軌道。究其實，則都略循一定軌道而運行。流星侵入大氣中，其距地球表面突有如何的高度？關於這個問題，須視流星對於地球的速度及其本身的大小爲決定。一般距地球表面約高 140 乃至 100 公里，達到由 100 至 70 公里的範圍，卽行消失。速度愈大，形體愈大者，發光位置愈高。速度較小，形體較小者，則發光位置較低。第五六圖示流星雨的狀況。

當流星雨出現時，天文學家曾觀測其軌道，結果測知流星軌道常常和現今所知的彗星軌道極相類似。卽在數十年前，意大利的天文學者沙帕勒利 (Schiaparelli) 氏觀測英仙座 (Perseus) 流星羣的軌道與 1862 年的第三彗星的軌道極相似，故謂流星羣實由於彗星崩潰的結果。此說頗得學界的信仰。最少，一部分流星的起源必爲彗星之崩壞，則可無容疑的了。

據此學說，彗星不僅受其他星體的吸引，並且常自崩壞而趨於消滅。例如貝拉 (Biela) 彗星出現於 1722 年，週期爲 6.6 年，當時學界推測此彗星當於 1826 年橫斷地球的軌道，與地球相衝突，曾起一次的大恐慌。至 1846 年出現時，牠的



第五六圖

核部較以前爲膨脹，狀似雪羅漢，後遂分裂爲兩部分。至次期出現時，此既分裂之兩核距離約 192 公里，嗣後遂不復出

現。但至 1873 年十一月二十七日，當地球經過貝拉彗星的軌道時，流星雨甚激烈，在十五分間內約有四百餘的流星。至 1885 及 1891 兩年，亦起同樣的現象。嗣後，每年十一月地球通過此位置附近時，即見流星的出現，以仙女座為中心，向四周放射，故稱之為仙女座流星羣 (Andromedid)，其為貝拉彗星的遺物，殆無庸疑。

其次天拍爾 (Tempel) 彗星是屬天王星的週期三十三年之彗星，消滅於 1866 年。但至兩週期後的 1883 年十一月上旬，忽發現流星，有如雨注（實際密度約當普通的雨之 $\frac{1}{2}$ ）。至 1887 年，亦起同樣的現象。1899 年雖無流星雨，但至 1901 年再見流星羣之來臨。嗣後其數雖漸減少，至今每年十一月上旬尚望見從獅子座放射流星雨，因稱之為獅子座流星羣 (Leonids)。沙帕勒利氏謂，此流星羣係由於天拍爾彗星的崩壞。

此外在英仙座有英仙座流星羣 (Perseids)。在天琴座有天琴座流星羣 (Lyrids)。

流星羣進行方向映在吾人眼中，似從一點向四周放射，此乃由於透視的效果。其實各流星的進行軌皆互相平行。例如立於鐵路之一端望他端的兩鐵軌，似從一點放射而來，實

則互相平行。流星之有尾部亦由於流星的進行速度過大，致引起吾人的錯覺。又因其與空氣互相摩擦，星體的表層發熱，遂變為微粒，脫離母體，向空中飛散，故亦表示流星尾之現象。

流星羣循一定軌道互相平行作順向的運動，即和地球的自轉方向相同。流星的^{速度}則略和彗星相等，每秒10乃至42公里，加入地球的自轉速度（每秒30公里），每秒實有72公里的高速度；因受空氣的抵抗，在其表層發熱及光，同時受地球的引力作用而變更其軌道。其脫離地球大氣層的位置高度較侵入大氣層時的位置約低20或30公里，即流星羣通過地球大氣層中取傾斜的方向，若傾斜過急，則降落於地球表面。流星羣的軌道面大體和地球的軌道面互作若干角度。獅子座流星羣的軌道面和地球軌道面幾相直交。

有一部分學者則主張流星中多數完全和彗星無關係，而以恆星界為其起源。例如德國的天文學者霍夫邁斯塔(Hofmeister)等即有此主張。故現今天文學界之論流星起源者都深信其有上述的兩種。

- (1) 流星的一小部分屬於太陽系，即和彗星有關係的流星。
- (2) 流星的大部分皆以恆星界為起源。

不作流星羣的單獨的流星中又區分為三種。即(A)火球 (Bolide), 其速度較遲, 且常起爆發現象, 其中有成分和岩石極相似者, 最初呈黑雲狀, 後降為隕石。(B)普通流星 (Aerolith), 此與流星羣同樣, 通過大氣層, 或在通過中完全燃燒而消滅。(C)隕星, 即降落於地球表面者, 又細分為與岩石有同樣成分的隕星及以鎳鎳為主成分的隕星兩種。

流星多見於午前, 至午後則甚罕。午前六時的平均流星數三倍於午後六時的流星數。因在午前中地球的公轉方向與自轉方向一致, 能夠吸收多量的星塵。故一般推想此等星塵在未侵入地球的大氣層以前的溫度當在絕對溫度攝氏零度下 273 度的低溫度, 侵入空氣層中時, 雖由摩擦而生熱, 但時間甚短促, 無傳熱至內部的餘暇, 容積小者固可以一時燃燒淨盡, 容積大者則僅熔解其表面的部分。又若為導熱性甚小的物質, 則因一部分的過熱而起爆裂現象。

第四節 隕星 (Meteorite)

既降落於地球表面的流星叫做隕星。當流星下降至地面, 同時發光和音響, 常驚動附近的居民。但隕石降落於人口繁密的都市者實居少數, 多數落於佔有地球表面大部分的大洋

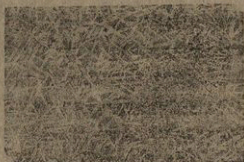
海中或深山裏面。通例降落至地面後，在相當的時間內仍能保持其相當的高溫度。但有時降落之後在其表面即滿覆霜粒。故阿伽西 (Agassiz) 說，我國古代有所謂飛冰，即指此種隕石而言，至其原因則如前節所述，因其導熱性小，內部尚保持着極低的溫度的緣故。

流星的下降以地球的引力為主要原因。此外以星的成分，固有速度，空氣抵抗及爆裂等為副原因，和普通落體不同，故下落線的形狀及下落速度亦無一定。

隕石星按其成分區別為次舉的三種。

(1) 隕鐵 (Holosiderite or meteoric ironstone)，以自然鐵及鎳為主成分，表面呈黑色及滲蝕狀。其形體則為表面圓滑的多角狀。若摩削其內部為平滑面，加酸腐蝕之，則其蝕像表示互作三角形的多數線紋，特稱之為韋得曼斯狄因像 (Wiedmannstatten's figure)。比重由七至八不等。第五七圖示韋得曼斯狄因像。

(2) 隕石 (Asiderite or meteoric stone)，或稱無鐵隕石，以矽酸鹽類為主成分，表面為氣泡狀多孔質，類似火山噴出物。又其一部分或大部分溶解為玻璃質。又有似火山灰者。間有含鐵鎳等自然金屬，達 1—2% 者。一般和鹽基性岩石，例如



第 五 七 圖

橄欖岩，玄武岩等的成分相類似。比重在三內外。

(3) 中間性隕石。

在隕石中含有微量的氣體。在真空中加熱所得各種氣體的百分率如下表所示。

	CO ₂	CO	H	CH ₄
隕鐵	11.5	32.4	54.1	0
隕石	60.1	3.4	32.1	2.1

在十九世紀初葉以前，一般祇信有隕鐵，不信有隕石之存在。故主要的博物館都拒絕隕石的陳列，結果隕石標本散逸不少。1807年，美國康涅狄格省 (Connecticut) 韋斯頓 (Weston) 地方發現隕石，西利曼 (Silliman) 和 慶黎 (Kingley) 兩教授特為之介紹。當時的大總統傑華孫 (Jefferson) 竟嘲笑

兩教授爲迂妄。自從 1803 年法國之康因 (Caen) 及勒格爾 (Laigle) 等地方發現大隕石的爆發以來，學界始漸信隕石的存在。

隕星降落於地球表面者每年達千數以上。又由流星現象而降落的星塵數每年達一百四十六億以上云。



第十五章 地球及其衛星

第一節 自轉及其影響

第一項 自轉的證據

(I) 落體之東偏

根據伽利略在皮撒(Pisa)斜塔的實驗及其他事實，從高處下降的落體並不是以鉛直方向下落，而略向東偏。此現象是基於地球的自轉，既為學界所熟知的事實。

地表高處的物體因重力而向地心降落，若不受他種力的妨礙，則必沿鉛直線而運動。但因地球自轉的結果，在同一時間內，在距地心較遠（即較高之處）的位置所經過的路徑較長，故週轉速度亦較大，即在高塔頂上的週轉速度大於地面的週轉速度。如第五八圖所示，今假定物體由高塔頂上 A 點下降至地面的時間中，地球由 A 週轉至 B 的位置。在此時間

內，落體的運動受着兩種力的支配，其一是由 AC 所表示的重力，其二是由 AB 所表示的自轉力的慣性。故落體沿 $ABCE$ 平行四邊形的對角線 AE 而運動。當落體達到 E 點的瞬間，塔頂則在 B 的位置。即落體不沿鉛直的方向降至 D 點而降至稍偏於迴轉方向的 E 點。塔愈高則這種東偏的程度便愈大。據牛頓的測定，每高 77.6 公尺則東偏 2.8 公釐。



第五八圖

度便愈大。據牛頓的測定，每高 77.6 公尺則東偏 2.8 公釐。

(II) 佛科擺 (Foucault's pendulum)

佛科氏於 1851 年，在巴黎用長 61 公尺的金屬絲吊一重鐵球(直徑 0.303 公尺)使向正南北之方向振動，但經過相當時間之後，其振動面忽向東偏，而取東北之方向。此現象非基於擺的振動面之移動，即由於地球本身之變位。但擺的振動面因慣性關係不容易變更其方向。除卻能變更振動面的諸原因以外，擺的振動面若仍變更其方向，則其原因必在地球本身。今為增大擺的慣性，故使用最細的金屬絲。最重的鐵錘，並嚴防空氣的影響，然後將擺支持於一點，並以線繫鐵錘掛

於一邊，欲使之開始運動時，即燒斷繫鐵錘的線，使之沿正南北方向而盪動。但經相當時間之後，仍起偏東的現象。

振動面的偏向在赤道為最小，在極為最大。在錫蘭島一日間的偏向僅一度又五分之四。在巴黎則一時間的偏向達十一度半。在極地方達三百六十度，即為最高限的偏向。

在赤道的南北方向，是子午線的切線方向，和地軸相平行，故在赤道地方不因地球自轉而變其方向。但在高緯度地方的南北方向不和地軸平行，故某一地點的南北方向不與其他地方的南北方向平行，即南北方向時時刻刻隨自轉而變動。若



第五九圖

保持原有的南北方向，即能辨認此種由自轉而起的偏向。佛科所發明的擺即是以測這種基於自轉的偏向為目的。例如第五九圖所示，在甲位置之擺沿南北方向即子午線方向而運動，其後地球自轉至乙，丙的位置，擺雖保持其在甲位置時的投動面，但南北（即子午線）的方向則既變更。丁示高緯度的地點，其南北方向隨處不同。

(III) 迴轉器 (Gyroscope)

陀螺在迴轉中，藉其欲保持運動方向的慣性而維持其平衡，故僅以中心棒下端一點支持於地面而不倒。我們可製一個為互作直角的兩直徑所支持的輪盤，而裝入類似陀螺的裝置，先定其迴轉面，亦可以觀察地球的自轉。

(IV) 恆星的現象

用分光儀觀察天空的恆星。所有恆星在午夜以前都接近地球，但過午夜之後，則漸離地球，取反對的方向。又在甲地點近黃昏時分，則距甲地 180 度的乙地正當黎明時分。此亦可以證明地球的自轉。總之，地球因自轉的結果，其一面向星辰進行，其一面則背星辰而運動。

(V) 氣流與海流亦因地球的自轉而變更方向。其詳可參看鄰編海洋學及氣界地理學。因不屬本篇的範圍，茲從略。

第二項 自轉和日及時

太陽達到某地點的子午線上的時候謂之中天(Culmination), 即為該地方的視午。在某地點由第一次中天至第二次中天的時間為太陽日(Solar day), 其長短因各日而不一定。地球在近日點和在遠日點時的自轉時間亦無一定。將一年中的太陽日加以平均, 所得時間為平均太陽日(Mean solar day), 以二十四除此平均太陽日所得的商謂之一時(小時)。普通時刻即由此平均太陽時為決定。故其正午非必與太陽的中天一致, 其差之大有及十六分的。故視午和該地平均太陽日的正午間的關係如次表所示。

二月十一日……	14分32秒,	七月二十六日……	6分12秒,
四月十五日……	0,	九月一日……	0,
五月十日……	3分55秒,*	十一月二日……	16分12秒,*
六月十日……	0,	十二月十四日……	0.

附有*符號者須從視午(即實際的太陽中天時)減去之數, 其他則為加入之數, 結果即為平均太陽日的正午。

某地方的平均太陽日即為該地方的地方時(Local time)。在東西相隔的兩地之地方時自異。地球每日週轉經度三百六十度, 即每時間十五度故兩地相距十五度即地方時差為一時

間。

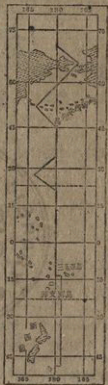
固有上述的不便，故各文明國在一定的區域內規定共同的時刻，稱之爲標準時 (Standard time)。我國幅員廣漠，自東至西延長甚大，故須分劃爲數區域，規定標準時。例如在南京規定東部標準時，在武漢規定中部標準時。在成都規定西部標準時。在南京與武漢間的地方距南京較近者應遵循東部標準時，較遠者應遵循中部標準時。至南京與武漢的地方時差可由其間緯線上的距離求之。

同樣由一恆星的中天至其次的中天的一日謂之恆星日 (Sidereal day)。一恆星日爲23時56分4.09秒。即恆星每夜之出現約早四分鐘，此因地球每日沿軌道先進行約一度的結果。

第三項 日界線 (Date line)

今假定以與地球自轉相等的速度向西飛行，則雖繞地數週亦不見日沒，祇見太陽常照射於我們的頂上。若以同速度取反對的方向，即向東飛行，則半日可以和太陽再會，回復至出發點時又再見太陽，即在一日之間能看見兩次太陽的出沒。結果向東一週地球，即增加一日。向西一週地球，即減少一日。其實普通的長距離飛行或航海，速度極大，亦可以測驗

此種現象。例如向東以每日經過十五度的速度而進行，在出發點爲一月一日上午零時，若地球不自西向東自轉，則達到目的地的時間應當是同日下午十二時。但因地球之自轉，達到目的地的時間爲一月二日上午一時。換句話說，即在旅途中所度過的一月一日事實上僅有二十三時間，即損失一時間，將一月一日的最後一時間排入爲一月二日的第一時間了。同樣類推下去，若繞地球一週便要損失一天。結果在日記或壁曆上是多算了一天。本來在甲地點是一月一日上午零時，達到對蹠點（相距一八〇度）的乙地點，本應爲一月十三日上午零時，但事實上是十三日下午零時。若反對向西繞地球一週，則在日記或壁曆上要減少一日，即愈向西



第六〇圖。

行則日沒時間愈遲，日出亦愈遲。但因向西行，僅覺其太陽之遲遲不容易西落而已。此爲麥哲倫(Magellan)週航世界時所發見的現象。故甲乙兩地相距過遠，必須變更其日序。向西行

須加一日。東行須減去一日。一般都以通過太平洋的 180 度經線爲國際的日界線 (第六〇圖)。以此線爲界，向西行者多加一日，向東行者減少一日。

第二節 地球公轉及其影響

第一項 地球軌道及其公轉

地球公轉軌道的偏心率爲 0.01679，約略近似於圓形的橢圓形；公轉週期爲 365 日五時四八分四六秒，每時間進行二九公里。

地軸和軌道面作六六·五度的傾斜，故赤道和黃道 (Ecliptic) 間的角度爲二三·五度。從古來以太陽的視動爲觀測晝夜及四季的根據，兩者的關係亦無變化。故在今日仍多用此方法。今假定太陽從天球赤道與黃道的交點，例如春分點 (Spring equinox) 出發，再回復至同點的週期，是爲一週年，又名回歸年 (Tropical year)。又地球對於恆星由一定位置回復至同位置的週期，謂之恆星年，爲三六五日六時九分九秒，較回歸年多二十餘分。此現象由於歲差的結果，即基於春分點之前進的結果。(參看第七節)

地球軌道爲橢圓形，故其公轉速度因距太陽的遠近而有

異。地球在近日點爲一月一日前後，在遠日點爲七月一日前後。由此兩點至太陽的距離差約四九六萬公里。結果太陽的視徑亦有差異。在遠日點的太陽視徑爲三一分二八秒九四釐，在近日點的太陽視徑爲三二分三五秒七五釐。

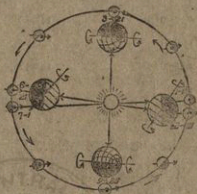
因天球的赤道和黃道作二十三度半的傾斜，故太陽的視動乃往復於在赤道上下之二十三度半之間，在春分點和秋分點則與赤道相交。若就地球而言，則當六月二十一日前後夏至 (Summer solstice) 時，太陽直射北緯二十三度半的位置，以此點爲中心照射地球，故在北極有晝無夜，在南極則有夜無晝，由是漸趨向赤道，至秋分點 (九月二十三日前後)，太陽直射赤道，過秋分之後，到了冬至 (十二月二十三日前後)，太陽直射南緯二十三度半，此時地球上的晝夜現象恰與夏至相反對。其次再經過春分，回復至於夏至。故連結夏至和冬至兩點的直線與連結春分和秋分兩點的直線相直交於太陽的中心點。

第三節 四季及晝夜的長短

地軸與黃道面作傾斜，既如上述。在公轉中，地軸常不變更其傾斜。換言之，即地軸在軌道上任何點皆不變更其傾斜，

其結果晝夜發生長短之差(第六一圖)。

地軸雖傾斜，但太陽直射赤道之時，地球上在任何部分晝夜平分。今假想一平面通過太陽中心並與太陽光線垂直，此平面與地球表



地球公轉與晝夜關係
第六一圖

面相交的圓切面即為地球的晝夜分界圈，常與太陽光線垂直。地軸若在分界圈內，則此分界圈和子午圈一致，此時太陽直射赤道，晝夜平分。春分之後，太陽離開赤道向北進行，至六月二十一日前後，即至夏至點，地軸和晝夜分界圈(由北緯六十六度半至南緯六十六度半的大圈)作二十三度半的傾斜，此時北極向太陽方面，故北緯六十六度半以北的地方有晝無夜，南緯六十六度半以南的地方有夜無晝，其中間部分在赤道以北晝長夜短，以南則晝短夜長，在赤道部分晝夜平分。今試比較各地域的晝長如次表所示。

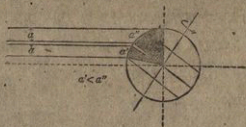
	南半球	北半球
南北極圈(63°.30'以上)	24時	0時

南北 50°	16時18分	7時42分
南北 40°	14時52分	9時8分
南北 30°	13時56分	10時4分
南北 20°	13時12分	10時48分
赤道	12時	0

秋分與春分的現象相等，冬至與夏至則有反對的現象。

第六一圖示地球公轉與晝夜的關係。

夏至點在遠日點附近，因自轉的慣性關係不能完全一致。北半球的夏至在遠日點附近，此時在南半球為冬。至北半球的冬至則在近日點附近，此時南半球為夏至。故在理論上北半球的氣候較南半球為溫和。但在事實上地球所受太陽的热量多由太陽的高度為決定，即受太陽光線的入射角之支配。如第六二圖所示，同屬 a 日光，投射於地球表面 a' 與 a'' ，其面積不同，其次晝長夜短亦與氣溫的大小有關係。總而言

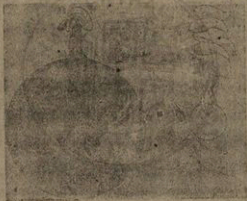


第六二圖

之，四季的變化由於地軸傾斜的結果。至受熱的角度及時間則基於地球在軌道上的位置之變化。

第四節 月及其運動

月距地球平均三八四四零四公里。直徑三四七六公里，約當地球直徑的四分之一，面積當地球的百分之七，容積當地球的百分之二，密度當地球的十分之六，質量當地球的八



第六三圖

十分之一。月表面重力約當地球的五分之一。故在地球上能負一斤重的物件，在月表面可以負重五六斤的物件。(第六三圖)

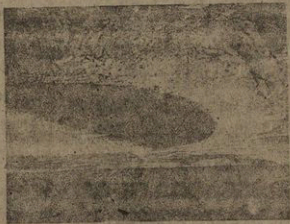
據天文學者的研究，月的表面並無空氣，故無水蒸氣，亦

無雲。月的公轉和自轉週期相同，故有十四日的晝和十四日的夜。又寒暑變化都極激烈。月表面的岩石受溫度變化的刺激而崩壞，故岩屑的堆積甚高，但運搬作用極弱，故月的表面適於高山的存在。

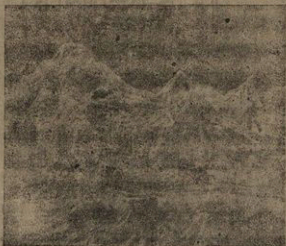
月表面多明暗的斑點，實基於月表面地勢高低的現象。其山脈多屬平頂山。又有似火山口的輪狀山，口徑由一公里至二百公里不等。此等輪狀山有如人臉上的痘瘡，總數約七萬餘。向地球的半面亦有約三萬三千的輪狀山。



第 六 四 圖



第六五圖



第六六圖

月表面亦有巨大的溝谷，而幅由一公里至四公里，深百公尺至三百公尺不等，其延長有及八千公里的，狀如大裂罅，作直線形；但亦有以放射狀或銳角狀相交的溝谷。

從前的觀測者對於月面的凹凸，附以種種有趣的固有名稱，例如晴海，寒海，哥白尼山，柏拉圖山，阿爾卑斯山等名



第 六 七 圖

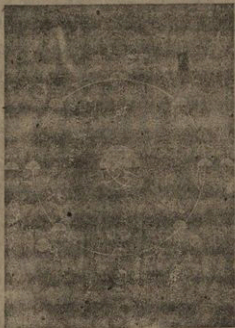
稱。第六四圖示月表面的一般狀態。第六五圖為輪狀山的擴大圖。第六六圖為月表面阿爾卑斯山脈景觀的一部分。此山脈多為高三千公尺的山峯。其最高峯亦命名為蒙布蘭 (Mont

Blanc)。在山脈前面爲多數既休止的噴火口。第六七圖示月面的阿爾卑斯溝谷，長一二〇公里，幅九公里，深達三公里。

月的軌道略近橢圓形，(長徑八一〇八六〇公里，短徑七二六五六〇公里，偏心率爲 0.0549)。月的視直徑因時期不同而有大小。(最大爲三二分五九秒，最小爲二九分三秒。)月距地球的距離在近地點約三六三二八〇公里，在遠地點四〇五四三〇公里，其差爲四二一六〇公里，對黃道面作五度一秒乃至五度一七分三五秒的傾斜。(平均五度八分四三·四三秒)故白道(Moon's path)對赤道的傾斜較黃道的傾斜二三度半或大或小，即白道對赤道之最大傾斜約二八度餘，最小傾斜約一八度左右。此傾斜之增減按一定週期而變化，約以十八年七個餘月爲一週期，在天文學上稱之爲沙羅週期(Saros)。公轉週期爲二七日七時四三分，與自轉週期約略相等，即月在軌道上經過四分之一的軌道後，同時亦作九十度的自轉，故常以同一的半面向着地球。

月在連結太陽和地球的延長線上時謂之望，其全面反射太陽光，表示盈的現象。若月位於地球和太陽的中間，則僅能望見月的黑暗的半面，表示虛的現象，是謂朔。月位於朔望之間時，可以望見其半面，是爲弦，即表示弦月。由朔至望之間

的弦爲上弦，由望至朔之間的弦爲下弦。弦月的黑暗部所表



月 之 盈

第 六 八 圖

示銅色，實由於地球的反射。(第六八圖)

由第一次之望至第二次之望的期間謂之朔望月，和月的週期(即太陰月)不能一致。朔望月爲二九日十二時四四分三秒(二九·五三零五八八二日)。因月的出沒每日約遲五十分，每月之差爲二日餘。

月在其軌道上每日進行十三度一零分三五秒。由今日的中天至次日的中天為二四時四八分，故地球一自轉的期間為長。即在第一次中天後二十四時間，地球既恢復其原位，月在此期間內已先進行十三度餘，故地球須再週轉十三度餘之後始能達到第二次的中天。地球每時間可以週轉十五度角，故週轉十三度餘約需五十分，此即月的出沒每日遲五零分的原因。

決定太陰月有兩法。其一為由白道上的一點再回復至該點的週期。其二則由恆星所測定的週期。前者為回歸月。後者為置星月。兩者均有數秒之差而已。（恆星月為二七·三二一六六日）

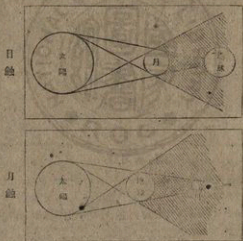
月亦與金星等相同有天平動的現象，但不甚顯著。其天平動度數為五度。由地球能望見的部分為全表面積的 59%。其餘 41% 即約半面在我們是永久的謎。

冬期太陽在赤道以南，滿月在白道的頂上，即在最北部，故北半球的月色最亮。在夏季太陽在北方，滿月在白道的底下，即在最南部，故南半球的月色最亮，北半球較暗。又在冬季距太陽較近，反射光亦較強。在夏季則表示相反的現象。

月繞地球公轉同時即繞太陽公轉。故月的視動是以地球的軌道為中心，在其內外作螺旋狀的擺線形。

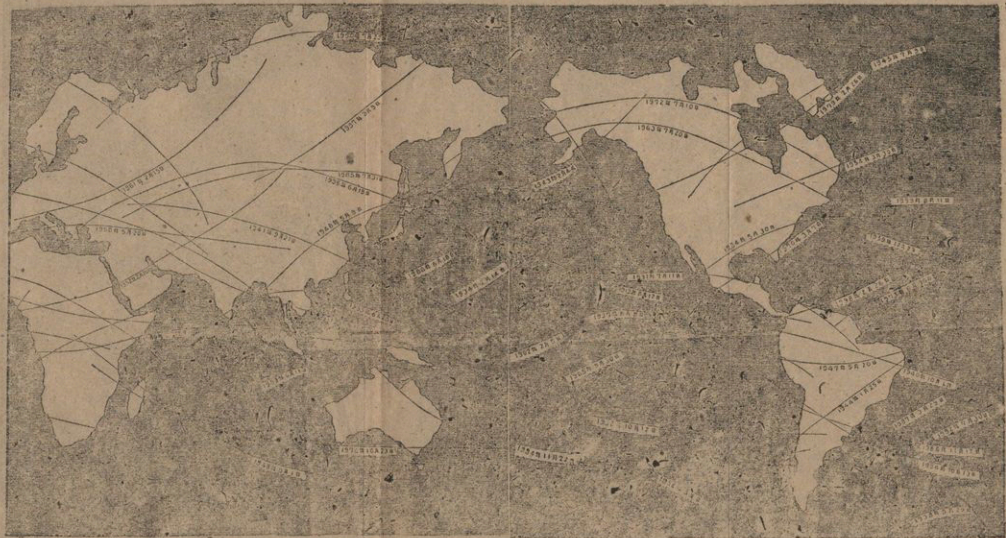
第五節 月蝕及日蝕

月蝕及日蝕有二個必要的條件。即太陽地球及月三者須同在一直線內，及月或地球須有充分延長的陰影，而其一方進入於他方的陰影中時，即生蝕的現象。前者的條件是關係白道和黃道間的傾斜。如前所述，兩者互作約五度的傾斜。不易成爲一直線。故月蝕必起於望的時候，日蝕必起於朔的時候。月進入於地球的陰影中爲月蝕，地球進入於月的陰影中



第六九圖

則生日蝕。今假定以一張紙包捲地球和太陽，則紙面捲成一圓錐體，地球的陰影即由此圓錐體頂點至地球間的部分。



該撒之名 Julius，命名為 July) 相並為大月。故 9 月以後實際之月份與其名稱不能相符。例如第 9 月稱 September，實有第 7 月的意義。第 10 月稱 October，亦有第 8 的意義。

第 2 月按舊制為年中最後的月份，故特別加以短縮，當閏年則在此月份多加 1 日。舊制太陽曆是於西曆紀元前 45 年由該撒命天文學家蘇西根尼士 (Sosigenes) 所制定的曆，以 1 年為 365.25 日。平年為 365 日。閏年為 366 日。4 年 1 閏。此曆頒行後，昔時的太陰曆遂廢止。在格里曆未施行 (1528) 以前，流行最廣，為一種過渡期的太陽曆。因為該撒所制定，故冠以該撒之名，謂之儒略曆 (Julius calendar)，多行於希臘教徒之間，例如俄國，希臘等國多採用之。現在比後述之格里曆約遲 13 日。此曆法比太陰曆為進步，但仍有上述的缺點。至 16 世紀，與實際太陽的運行相差 10 日之多。至 1582 年，又由羅馬教皇格里哥利 7 世，因宗教上的動機，採納天文學者克拉維埃士 (Clavius) 之意見，將儒略曆加以修改，凡西曆年數可以 4 除盡者為閏年，其中為 100 的倍數者則以 100 除之，得商若非 4 的倍數，仍為平年。即以 1 年為 365.2425 日，是為格里曆 (Gregorian calendar)，即新太陽曆，其 1 月 1 日約略與近日點相當。

此外尚有類太陽曆的可普特 (Copt) 曆，盛行於埃及。據此法，每月30日，以12個月及5日為1年，每4年則追加1日。

在該撒未改曆以前之太陰曆，盛行於羅馬，以304日為1年，分為15個月。但現行的最主要的太陰曆則為回教曆，以354日為1年，分為12個月，閏年比平年長11日，每30年有11個閏年。波斯曆則以33年為1週期，在33年間加入8個閏日，即 $365 \times 25 + 366 \times 8 = 12053$ 日適與33太陽年 $365.2422 \times 33 = 12052.9926$ 相等。

據從來的舊法，按下列日序區分4季，即以2月5日前後為立春，5月7日前後為立夏，8月9日前後為立秋，11月8日前後為立冬。

在天文學上則以春分，秋分，夏至，冬至區分4季。在氣象學上則以3,4,5月為春；6,7,8月為夏；由9月至11月為秋，由12月至2月為冬。按地球公轉速度，秋冬之長為178日18時，春夏之長為186日12時。

我國所行太陰曆實為一種中間性的曆，一方面以月的朔望定一日之長及日序，一方面則以太陽年定一年之長。一年分為四季，各季分為六氣節。故一年之中有二十四氣節。各氣

節又由三候構成之。故一年有七十二候。今試將其名稱及日序列舉如下。

春	夏	秋	冬
立春(2月4日)	立夏(5月6日)	立秋(8月8日)	立冬(11月7日)
雨水(2月19日)	小滿(5月21日)	處暑(8月23日)	小雪(11月27日)
驚蟄(3月5日)	芒種(6月6日)	白露(9月8日)	大雪(12月7日)
春分(3月21日)	夏至(6月21日)	秋分(9月23日)	冬至(12月22日)
清明(4月5日)	小暑(7月7日)	寒露(10月8日)	小寒(1月5日)
穀雨(4月20日)	大暑(7月23日)	霜降(10月23日)	大寒(1月20日)

各月以新月開始，由新月至其次的新月的中間有所謂“仲”，即按“仲”的順序以決定月序。由第一“仲”至第二“仲”之間，太陽在黃道上的視動經過 30 度，其所需的時日為 $365.2422 \div 12 = 30.435$ 日。但由第一月朔至第二月朔的週期平均為 29.53 日。故有時一月之中不能遇“仲”，結果每十九年間須有七個閏年，以第 3, 6, 8, 11, 14, 16, 19 之七年為閏年。閏年為十三個月。至在此閏年中的閏月月序無一定規則。一月之長有三十日者，亦有二十九日者。平年之長為 354.355 日。閏年之長為三八四日，有時三八三日或三八五日。按此曆法，氣候的季節之差不至超出半個月以上，極為巧妙。唯規則複雜，是其缺點。

第七節 歲差，章動及攝動

古代希臘人埃及人將恆星分爲多數之羣，而附以神話的名稱，是爲星座 (Constellation)。因地球公轉的結果，太陽和恆星亦似繞地球而週轉，是即視動，一週年之後，即回復至原來地位。太陽的視動軌道即是黃道 (Ecliptic)。以黃道爲中心，幅寬十八度之間，謂之黃道帶。此黃道帶又分爲十二等分區（每區佔三十度），而配以同數的星座。當設定此等分區時，以春分時節的太陽位置爲黃道的第一星座，是爲白羊座，此時晝夜平分。其次以巨蟹座表示夏至點。由巨蟹座，太陽的視動開始逆行。至秋分爲天秤座，亦晝夜平分。其次爲摩羯座，表示冬至。此春分點因歲差現象，現既由白羊座移動至雙魚座，秋分點則由天秤座移動至室女座。今將此十二星座表示如下：

- (1) 白羊座 (Aries)，爲昔時的春分點，表示尼羅河退水期放牧羊羣的時節。
- (2) 金牛座 (Taurus)，表示農忙期。
- (3) 雙子座 (Gemini)，現在的夏至點，昔時以二頭的山羊表示其繁殖期。

- (4) 巨蟹座(Cancer), 即昔時的夏至點, 太陽開始南退的時期。
- (5) 獅子座(Leo), 表示昔時的暑熱期。
- (6) 室女座(Virgo), 表示收穫期, 即現今的秋分點。
- (7) 天秤座(Libra), 昔時的秋分點。
- (8) 天蠍座(Scorpio), 表示暴風雨期。
- (9) 人馬座(Sagittarius), 表示暴風雨期。現在的冬至點。
- (10) 摩羯座(Capricornus), 昔時的冬至點, 太陽開始北行。
- (11) 寶瓶座(Aquarius), 表示尼羅河的氾濫期。
- (12) 雙魚座(Pisces), 導尼羅河水至耕地的時期。

我國古代, 區分黃道為二十八宿, 並配以十二地支, 上述十二星座法, 早已流行, 今將二十八宿名稱列舉如下。

角, 亢, 氐, 房, 心, 尾, 箕, 斗, 牛, 女, 虛, 室, 壁, 奎, 婁, 胃, 昂, 畢, 觜, 參, 井, 鬼, 柳, 星, 張, 翼, 軫。

黃道與天球赤道的兩交點即為春分點和秋分點, 三千年前, 春分點在白羊座, 現今則在雙魚座, 已如上述。此春分點在黃道上按十二星座的順序, 以反對方向逐漸移動。此現象謂之歲差。春分點若移動, 則秋分, 夏至, 冬至諸點皆移動。

據實測結果, 春分點每年以 50.24 秒向西移動, 此為二千

年前多維某學派的始祖依巴谷 (Hipparchus) 所發見。據紐科姆 (Newcomb) 的計算則有次舉的公式。

$$50''.2453 \times 0.000235t$$

式中的 t 為 1850 年以後的年數。以此 50 秒餘除 360 度，得商為二萬六千，經過此年數之後，春分點再回復至白羊座。

此現象的原因計有兩種。(a) 赤道的變動，即因日月的引力而起的地軸轉向。(b) 行星歲差，即金星，火星及木星所及於地球軌道的變動。就中又以 (a) 原因為最主要。日月的潮汐作用及於赤道帶以外的部分，可以妨礙在赤道部分因自轉而起的遠心力作用(膨脹作用)，結果地軸不能不轉向，以調節此種變化(第七一圖)。此時地轉的變動並不改變其對黃道面的角度，僅變

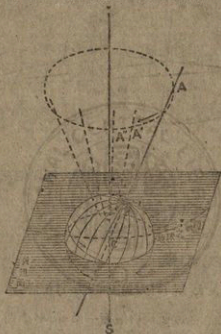


第七一圖

更其方向，結果如第七二圖所示，地軸無論如何變更其方向，但與垂直於黃道面的 TS 直線所作角度決無變化，如在動搖中之陀螺心棒的運動。即兩極在以地心為中心的一對圓錐的底面上作小圓運動。地軸的轉向即赤道的轉向。赤道對於黃道保持相等的傾斜角而轉向，結果赤道與黃道的交點亦有移

圖。

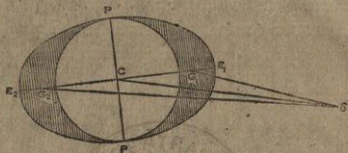
關於歲差現象之物理的原因，紐科姆曾加以說明。例如第七三圖所示，將迴轉橢圓體分為兩部分，其一為以 PP' 為



第七二圖

直徑的球部分，其二為除去球體後的橢圓體外殼，今試考察其間的引力關係。本圖是位於冬至點的地球沿含有太陽 S 及地軸 PP' 的平面所切開的斷面。地球中心為 G 。 GS 表示對球體的引力向方。此引力對於地軸不發生影響。但對於外殼部

的引力和地軸間的關係卻甚大。距太陽較近的部分其重心爲 G_1 ，較遠的部分其重心爲 G_2 ，因 G_2 比 G_1 較接近 S ，故 G_1 點



第 七 三 圖

的 S 引力大於 G_2 點的 S 引力。此兩力欲促地球赤道面 E_1E_2 和軌道面 CS 一致，故發生偶力作用。結果地軸與陀螺的心棒相似，以連結地球中心和黃道極的直線爲軸而作圓錐面的週旋，遂生歲差的現象。

以上僅就太陽的引力爲說明。月對於地球亦有此種作用，即欲促地球赤道面與白道面一致。而發生偶力作用。月的質量雖小於地球，但距地球甚近，故其及於地球的引力大於太陽及於地球的引力，兩者之比爲七比三。又白道與黃道間僅有五度的傾斜，故兩偶力常共同作用，結果歲差現象益見顯著。由太陽引力所生的歲差爲日歲差（一四秒），由太陽引力所生的歲差爲月歲差（三六秒），合稱兩者爲日月歲差。此外

有由其他天體所引起的反對方向的歲差(○·一二秒)。綜稱三者爲一般歲差。

地軸的轉向因對於黃道面的傾斜無變化，故轉向的最大限度爲二十三度半的二倍。現在北極指向距北極星一度十一分的位置，二百年後將接近此星，又其次則移至天琴座。一萬三千年之後，織女星(Vega)將變爲北極星。二萬五千八百年後，再回復爲現在的北極星。以上所述乃由數學求出的結果。據考古學者說，西曆紀元前約四千年，埃及的克奧普(Cheops)建築金字塔，當時北極星是今日的天龍座A星。因金字塔之正北方有一門，入此門即有傾斜約三十度的坑道，在此坑道內部，雖在白晝，可以觀測當時的北極星。這是建築金字塔計影劃之一。

由歲差所引起的地軸變化，對於地球全體的氣候，無大影響。今後一萬三千年，北半球的夏至當在近日點附近。

如上述，因歲差現象，北極星因時代而有變化。現今的北極星爲小熊座的 α 星。但在古代則爲其他星座的星。故古代占術家以此種北極星的變動卜朝代之興亡。又所謂「物換星移」亦指北極星的推移而言，表示所經過時代的久遠。

太陽及月的引力不僅可以引起地軸之圓錐的轉向，亦可

以促地軸和黃道面間的角度之變化。這種變化約每九年四個月而有增減，而以十九年為一週期，所以稱之為章動 (Nutation)。因章動而起的地軸傾斜的變化範圍，最大限不過四十分鐘的角度。

上述欲促地球赤道面與黃道面一致的太陽及月等的偶力，若永久相等，則地軸常以第七二圖所示 TS 線為中心，在其周圍半徑 23.5 度的圓周上作等速運動。但上述偶力以一定週期而有變化，結果，天球極對於平均歲差運動的位置或在前或在後，又兩極間的距離有時大於平均值，有時又小於平均值。此種變化的週期為約十九年。由月的軌道之為橢圓形，故起半月週期的章動。由地球的軌道之為橢圓形，故亦起半年章動。最後，地球及月的軌道每年每月各有多少的變化，故又起一年章動及一月章動。

地球因自轉的結果，兩極方向變為扁平，赤道部分則較膨脹。此時組成地球的物質和迴轉速度能保持一定的平衡。但日月等的引力常向赤道以外部分發生作用而促其膨脹，破壞原來的平衡，自轉軸遂轉向或變更其傾斜，而在新的環境下保持其新的平衡。此日月的引力及於地球的狀態，因月移至近地點的半月週期，及地球移動於近日點與遠日點間的半

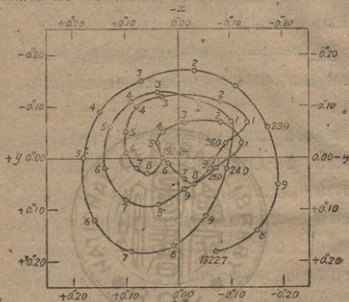
年週期等關係而有差異，故起上述的章動現象。日，月，地球三者同時由某一位置再回復至該位置的週期約十九年，故章動週期為約十九年。

攝動 (Perturbation) 即因金星，火星，木星及於地球公轉的影響，結果軌道形發生多少的變化。但此現象在地球並不顯著。

此外尚有一種極振動的現象，亦應歸入本節的特殊運動項中述之。當十九世紀中葉，既測知在某一固定觀測地點所測得的地平緯度常有變化。最初以為在同一地點所觀測，尚疑此種變化係起因於觀測地點之地方的變動，不能遽斷為是地平緯度之有變化。但到了一八九一——九二年，在柏林和火奴魯魯兩地方同時觀測地平緯度（極的高度）的變化實際是基於牠的位置對地球表面的變化。嗣後加以更精密的測定，自一八九九年以來，在北緯 $39^{\circ}8'$ 的地點選取六個觀測地點，每天在該地方觀測地平緯度的變化。又自一九〇六年以來，在南半球亦舉行同樣的觀測。據此等觀測結果，則各地方的地平緯度皆表示規則的變化，即互相關連，約以十四個月的週期而變化。因此獲得一結論如次。

地平緯度對地球表面決不是絕對固定的，而是循一個類

似圓的不規則的渦狀線而變動，以約十四個月為一週期。這種兩極的變化實極微小，從來距極平均位置不致超出二十公



第七四圖

尺，這種現象謂之極振動(Oscillation of poles)。由一九二二至一九二六的四年間的極振動如第七四圖所示，在意大利的卡羅福特(Carlo Forte)為東八度十九分，在美國東部格泰斯堡(Gettysburg)為西六十三度二十九分，在同國西部猶他(Utah)地方為西一百二十三度十三分，在中央亞細亞某地點為東六十三度二十九分，在美國中部辛辛那提(Cincinnati)為

西八十四度二十五分。

極振動的現象是起因於地球回轉軸和慣性軸不能一致。地球的慣性軸是通過各質點的慣性能率的最大總和點。即通過地球的中心，以由一質點至慣性軸的距離乘該質點的質量所得的積是該質點的慣性能率。換言之，即對地球的迴轉，有最大抵抗的位置的軌跡是為慣性軸。地球以慣性軸為中心軸而自轉，最為安定。但這慣性軸常因地質的及自然地理的現象而常變更其位置。例如氣壓，雨量，雪量，火山作用，水蝕作用等對於慣性軸常發生影響。上述極振動的週期為約十四個月，其原因除上述的地球內外部的作用所引起的自由振動之外，尚有由地球和其他天體間的關係所引起的強制振動。（一年週期，半月週期等）。

綜本節所述，地球兩極常在變動。故地球表面的緯度亦因時期不同而有差異。這是不可不注意的事實。至其詳細則歸天文學及測地學的範圍。本節僅介紹作一個天體的地球和其他天體間的關係，及由此等關係所促起的變動而已。

第十六章 地球外形，經緯度及其表示法

第一節 地球的形狀

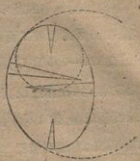
往昔，吾人都相信大地爲扁平形。我國古代本有天圓地方之說。即在西歐亦曾有同樣的見解。距今二千四百年前，希臘的畢達哥拉斯 (Pythagoras) 根據他的哲學觀點，提倡大地球形說。他的論旨是：完全的物體必具完全的形狀，地球既是完全的物體，故應當是球形。因爲球體是完全的形狀。最初從科學的見地論地球爲球形的人要推亞里斯多德氏 (Aristotle)。當月蝕時，他看見表現於月面的地球之影爲圓形，故倡地球爲球形說。其後，多祿某等學者也主張地球爲球形。即如哥倫布亦深信地球爲球形，所以決意西航，遂發見新大陸。至麥哲倫的世界週航 (1519 至 1522)，世人始完全相信地球確爲一個球體。

其後因測地學的進步，地球的真形更加獲得了科學上的證明。在西曆紀元前二百餘年，埃及托勒密（Eratosthenes, 279—195 B. C.）既在埃及測算地球為圓形。至十七世紀末葉，始在赤道及高緯度地點，藉擺的振動週期差測知地球為扁球體。即1672年法國的利西埃（Richer）測得在南美圭亞那的擺振動較巴黎的為遲，因倡說赤道直徑比通過兩極的地軸為長，即謂地球實為一扁平的橢圓體。

在甲乙兩地分測同一天體的高度，由是求出兩地點間的弧長，是為最初步的測地學（Geodesy）。此種學術的真正發達亦是在應用三角測量之後。至十八世紀，嗎西尼亦由測量的結果，謂地球為一橢圓體，但誤認地球的週轉軸為長軸。牛頓和惠肯斯則從數理上推定地球是兩極方向較為扁平的週轉橢圓體。因是，法國學士院遂組織測地遠征隊，分向各地方從事實地測算。結果，測知每一緯度的長度在赤道較短，愈趨向極方則愈延長。地球之為週轉橢圓體便從此證明了。

地球既為週轉橢圓體，故近短軸的部分較為扁平，即與大圓弧相當，愈接近長軸，則傾斜度愈急，愈似小圓弧。（第七五圖）故在前者的緯度比在後者的緯度為長。嚴密的說，地球決不是理想的幾何的形狀，因地球表面的海陸分布既不

平均，又因地球內部外部的地質作用而發生無數的凹凸，縱令海水上漲，淹覆了全地球表面，亦不能成為完全的橢圓體，因由於距陸面的遠近而發生重力差的緣故。一般稱地球的形體為均衡地球體 (Geoid)，即假想地球為與現在形狀最近似的小滑的一立體球，其與理想的橢圓體之差則如第七六圖所示。



第七五圖



第七六圖

據測地術及觀測天地的結果，地球的直徑長短因測算者而有不同，今將十九世紀以後諸家所測算結果列表如下。

a , 赤道半徑(米)	b , 半軸米	平均半徑 = \sqrt{aab} (米)	扁平度 = $\frac{a-b}{a}$	測定者	測出年次
6375653	6356564	6369284	334分1	Dolambro	1800
6377397	6356097	6370283	299分1	Bessel	1841
6378306	6365584	6370990	295分1	Clarke	1860
6378249	6356515	6370996	293分1	Clarke	1880
6377972	6356727	6370883	300分1	Harkness	1891
6378290	6356318	6371064	293分1	Helmert	1900
6378138	6356909	6371230	297分1	Hayford	1906

最後的亥伊霍特氏的計算曾參酌地球的重力條件，為最新的數值，當一九二四年，在馬德里 (Madrid) 舉行測地學國際會議時，會議決採用亥伊霍特的數值為標準。

在測地學及地理學上所常用的地理里有次舉的數種類。

(a) 緯度 1 分的平均長度，即 6032.63 英尺。

(b) 併用赤道緯度 1 分的長度 6045.95 英尺，和兩極緯度 1 分的長度 6107.85 英尺。

(c) 赤道的經度 1 分，6037.15 英尺。

(d) 在美國採用與地球等容積的球體大圓之 1 分，6080.27 英尺。

(e) 在英國採用 6080 英尺。

第二節 決定地球形狀的力的種類

決定地球形狀的力計有兩種，即重力和自轉力。地球若為流動體，並且在靜止的狀態，則必為完全的球體。但這球體若起迴轉運動，則不能保持球狀，即兩極的方向漸變扁平，在赤道方向日見膨脹，而變為迴轉橢圓體。又一方面因地球的收縮可以增大地球的自轉速度，另一方面則因潮汐作用及流星的下落等可以減少地球的自轉速度。這等互相反對的作用

的合力遂促地球變為今日的狀態——均衡地球體。總而言之，決定地球形狀的兩大作用為重力和週轉力。前者因海陸的分布等而發生變化，後者則因地球的收縮，潮汐及流星的下降等而受限制。

均衡地球體亦為一種週轉橢圓體，由橫的方向觀察雖為橢圓體，但從縱的方向觀察則略近圓形，即從赤道的方向望地球雖表示橢圓形，但從兩極方向觀察地球則為圓形。據此說，則赤道的直徑在任何方向都應相等。但據實測的結果，赤道直徑在各方向並不相等。由新嘉坡附近（東經 150 度）至南美可倫比亞南方（西經 75 度）的直徑為最短。由非洲幾內亞附近（東經 15 度）至太平洋的東方（西經 165 度）的直徑為最長。兩者相差達三千公尺。故由兩極觀察地球亦為一橢圓形。故克拉克 (Clark) 主張地球為三軸橢圓體。但對地球之大，僅以一部分的微小之差，未能即改變其為週轉橢圓體的形狀。若承認克拉克之說，則由三軸，而四軸，五軸，以至無限數軸，實限制也。

有名的進化論泰斗達爾文氏之孫約翰達爾文氏研究潮汐的結果，謂月是從地球分裂出來的，牠的遺跡便是太平洋。第二個月球未脫離以前，地球便固結了，故地球的形狀是

一種畸形，即南半球無陸地，更至南極附近又有一面的大陸，即地球外形似為卵形（其實似一壺形梨）。吉恩斯（Jeans）亦提倡此說。但未見有確實的證據。

第三節 地球為球形的證據

在初級地理學的教本中，曾舉下述諸實例以證明地球之為球形。

(1) 立於海岸高地，眺望四方，此時我們的視界表示圓形，故以此證明地球之為球形。其實這個事實仍不足為地球作球形的證據。因為我們的視力有限，不能及於遠距離。通例視角（物體兩端連結眼中心的兩直線所作角度）在30秒以下，即非我們視覺所能及。故近物體的視角大，遠物體的視角小，30秒以下的視角則在我們視力的範圍外了。我們的視力在任何方向皆為有限，故在周圍視力最小之點相連結成一圓形。（因此等點的距離皆相等。）

(2) 當我們登高山的時候，位置愈高則視力所及範圍愈廣。若地球為完全的平面，則無此現象。眺望地點愈高，視界不僅愈擴大，並且略呈圓形，故證明地球之為球形。

(3) 由海岸眺望海面上由遠處來航的輪船，則先見船

身，後見全船，此亦是地球為球形的證據。又由船上遠望後方的陸地，似漸次向下面沉降，此亦基於同樣的原因。

(4) 世界週航的證據。此不能單限於一航線，須從任何方向皆能一週世界，始可以證明地球之為球體。由現代交通的發達，此項證據略可成立了。

(5) 當月蝕之時，月面的地球黑影表示圓形，亦為地球球體的一證明。在二千餘年前，亞里斯多德即以此事實倡地球為球形說。

(6) 由觀測星的位置以證明地球之為球形。例如對於同一的星，在南北兩地所測的高度不同。又有甲地所能觀測的星，在乙地則不見此星。例如在赤道望北極星適在地平線上，在北極地方觀測北極星則在頂上。由此事實可證明地球沿南北方向作成一大弧形。又由太陽的出沒可以證明地球沿東西方向亦呈弧形。

合上述諸證據略可以證明地球之為球形。但僅以其中的一項，則未能視作充分的證據。

第四節 地球面表示法——經緯度

如前所述，亞歷山大城的天文學者埃拉托斯塞尼斯實為

測地學的鼻祖。今日的測地學尚應用他的原理。他的測地方法極簡單。他先測定亞歷山大城和西恩(Syene)中間的距離，因為他認西恩地方與亞歷山大城為同一經度。他欲測定這個距離的弧度，然後再由是求子午圈全部的長度。故他在西恩掘一極深的豎坑，當夏至時，測知太陽光達到了坑內底部，即認此地方為與太陽光線直交，即正向地心的方向；同時，在亞歷山大城用日圭(gnomon)測日光的入射角(即太陽的地平緯度)，結果知道在亞歷山大城日光並不直射而與鉛直線作若干度角。這角度即表示兩地方的緯度差，約等於子午環的50分之1。

現代的測地學亦是先確定兩地點為在同一子午圈上，其次則嚴密求兩地點間的角度及距離等；即比埃拉托斯塞尼的方法為精確，至於原理則完全相同。

在地表上等分地球為兩半球的界線為圓，謂之大圈(Great circle)，若劃分地球為兩個不相等的半球的圓謂之小圈(Small circle)，通過南北極的大圈謂之子午圈(Meridian)。在地球表面可以假想多數的子午圈。就此等子午圈中，假定某一子午線為標準，稱之為基本子午圈(Prime meridian)。由此基本子午線可分向東西按度數計算子午圈。現今以通過

英國格林維基天文臺的子午圈爲基本子午圈，故又稱格林維基子午圈，省稱格林子午圈。

在地表距南北兩極位於等距離的軌跡謂之赤道 (Equator)，即等分地球爲南北兩半球的大圈。和赤道平行的圓都是小圈，謂之緯線 (Parallels of latitudes)，乃由赤道至兩極間的等距離地點的軌跡。

地表上某一地點的經度 (Longitudes) 是含有通過該地點的子午圈的平面和含有格林子午圈的平面之間所作的角度。由格林子午圈以東和以西都等分爲 180 度。

地表上某一地點的緯度是：在通過該地點的子午圈上，由該地點至赤道間的弧。換言之，即是在一平面內通過該地點的地心線和赤道面間的角度。以赤道的緯度爲零度，以兩極爲南北各九十度，是爲地理緯度 (Geographical latitude)，與地心緯度 (Geocentric latitude) 相區別。但若無特別的註釋，則一般皆指地理緯度。

以下當略述經緯度的測定法。

(1) 測定緯度的原理

因爲我們不能直接測定緯度，故以能直接測定的地平緯度代之。如第七七圖所示， C 爲地球的中心， P 爲北極， θ 爲

觀測點， E 爲子午圈 POE 和赤道的交點。此時 O 點的緯度

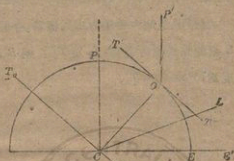


圖 七七 圖

θ 爲 OCE 角。若 TO 爲觀測點的視地平， OP' 爲天球極的方向。則 TOP' 角爲地平緯度。今假定 CT' 爲地心地平，與 TO 平行。又 CP' 與 OP' 平行，即 TOP' 角與 $T'CP'$ 角相等。

$$\theta = OCE = 90^\circ - PCO = T'CP' = TOP'$$

即觀測點的緯度與該地的地平緯度相等。故藉觀測天體以決定緯度的方法即是求地平緯度的方法。

(2) 測定經度的原理

在同一子午圈上各地點的地方時皆相同。又任意的兩地

點的地方時之差和經度成正比例。(每差一時間即差經度 15° 度)故當決定某一地點的經度時,以格林子午圈或其他既知其經度的子午圈所通過地方的地方時為標準。今假定在同一瞬間 A 和 B 兩地點的地方時為 T_1 及 T_2 , 則 B 在 A 的東方, 相距經度為 $15^\circ \times (T_2 - T_1)$ 。(完)





版權所有
翻印必究

中華民國三十一年八月渝初版

宇宙與天體

全一冊 零售國幣一元七角

(外埠酌加郵費)

編著者 陳 雨 暘

發行人 吳 秉 常

印刷所 正 中 書 局

發行所 正 中 書 局

(843)

著者 陳雨揚撰
Author

書碼 323-9
Call No. 8737

書名 宇宙與天體
Title

登錄號碼 048572
Accession No.

月日 Date	借閱者 Borrower's Name	月日 Date	借閱者 Borrower's Name
5.11	王澤遠		
4.19	吳志清		

國立中央圖書館

323-9

048572

8737

書碼

登錄號碼

國立中央圖書館



0048572

音