

中華百科叢書

天文學網要

陳遵媯編



上海中華書局印行



中華百科叢書

陳遵媯編



天文學綱要

中華書局印行

總序

這部叢書發端於十年前，計劃於三年前，中歷徵稿、整理、排校種種程序，至今日方能與讀者相見。在我們，總算是「慎重將事」，趁此發行之始，謹將我們「慎重將事」的微意略告讀者。

這部叢書之發行，雖然是由中華書局負全責，但發端卻由於我個人，所以敘此書，不得不先述我個人計劃此書的動機。

我自民國六年畢業高等師範而後，服務於中等學校者七八年。在此七八年間無日不與男女青年相處，亦無日不為男女青年的求學問題所擾。我對於此問題感到較重要者有兩方面：第一是在校的青年無適當的課外讀物，第二是無力進校的青年無法自修。

現代的中等學校在形式上有種種設備供給學生應用，有種種教師指導

學生作業，學生身處其中似乎可以「不遑他求」了。可是在現在的中國，所謂中等學校的設備，除去最少數的特殊情形外，大多數都是不完不備的。而個性不同各如其面的中等學生，正是身體精神急劇發展的時候，其求知慾特別增長，課內的種種絕難使之滿足，於是課外閱讀物便成爲他們一種重要的需要品。不幸這種需要品又不能求之於一般出版物中。這事實，致少在我個人的經驗是足以證明的。

當我在中等學校任職時，有學生來問我課外應讀什麼書，每感到不能爲他開一張適當的書目，而民國十年主持吳淞中國公學中學部的經驗，更使我深切地感到此問題之急待解決。

在那裏我們曾實驗一種新的教學方法——道爾頓制，此制的主要目的在促進學生自動解決學習上的種種問題，以期個性有充分之發展。可是在設備上我們最感困難者是得不着適合於他們程度的書籍，尤其是得不着適合

於他們程度的有系統的書籍。

我們以經費的限制，不能遍購國內的出版品，爲節省學生的時間計，亦不願遍購國內的出版品，可是我們將全國出版家的目錄搜集齊全，並且親去各書店選擇，結果費去我們十餘人數目的精力，竟得不到幾種真正適合他們閱讀的書籍。我們於失望之餘，曾發憤一時擬爲中等學生編輯一部青年叢書。可惜未及一年，學校發生變動，同志四散，此項叢書至今猶祇無系統地出版數種。此是十年前的往事，然而十餘年來，在我的回憶中卻與當前的新鮮事情無異。

其次，現在中等學生的用費，已不是內地的所謂中產階級的家長所能負擔，而青年的智能與求知慾，卻並不因家境的貧富而有差異，且在職青年之求知慾，更多遠在一般學生之上。卽就我個人的經驗而論，十餘年來，各地青年之來函請求指示自修方法，索開自修書目者，多至不可勝計，我對於他們媿不能

盡指導之責，但對此問題之重要，卻不曾一日忽視。

根據上述的種種原因，所以十餘年來，我常常想到編輯一部可以供青年閱讀的叢書，以爲在校中等學生與失學青年之助。

大概是在民國十四五年之間，我曾擬定兩種計劃：一是少年叢書，一是百科叢書，與中華書局陸費伯鴻先生商量，當時他很贊成立即進行，後以我們忙於他事，無暇及此，遂致擱置。十九年一月我進中華書局，首即再提此事，於是出計劃而徵稿，而排校。至二十年冬，已有數種排出，當付印時，因估量青年需要與平衡科目比率，忽然發現有不甚適合的地方，便又重新支配，已排就者一概拆版改排，遂致遷延至今，始得與讀者相見。

我們發刊此叢書之目的，原爲供中等學生課外閱讀，或失學青年自修研究之用。所以計劃之始，我們即約定專家，分別開示書目，以爲全部叢書各科分量之標準。在編輯通則中，規定了三項要點：即（一）日常習見現象之學理的說

明，(一)取材不與教科書雷同而又能與之相發明，(二)行文生動，易於了解，務期能啓發讀者自動研究之興趣。爲要達到上述目的，第一我們不翻譯外籍，以免直接採用不適國情的材料，致虛耗青年精力，第二約請中等學校教師及從事社會事業的人擔任編輯，期得各本其經驗，針對中等學生及一般青年的需要，以爲取材的標準，指導他們進修的方法。在整理排校方面，我們更知非一人之力所能勝任，乃由本所同人就各人之所長，分別擔任。爲謀讀者便利計，全部百冊，組成一大單元，同時可分爲八類，每類有書八冊至廿四冊，而自成爲一小單元，以便讀者依個人之需要及經濟能力，合購或分購。

此叢書費數年之力，始得出版，是否果能有助於中等學生及一般青年之修業進德，殊不敢必，所謂「身不能至，心嚮往之」而已。望讀者不吝指示，俾得更謀改進，幸甚幸甚。

舒新城，二十二年三月。

天文學綱要目錄

總序

頁

第一章 緒論

一

1 天文學的定義

一

2 天文學的分類

一

3 天文學的功用

四

第二章 座標

六

4 天球

六

5 地平座標

一〇

6 赤道座標

一二

7 黃道座標

一五

第三章 天文儀器……………一八

8 遠鏡……………一八

9 赤道儀……………二二

10 子午儀……………二五

第四章 地球……………二八

11 性狀……………二八

12 經度和緯度……………三二

13 自轉……………三五

14 公轉……………三八

第五章 太陽……………四一

15 性狀……………四一

16 太陽黑子……………四三

	17	表面蒙氣	四六
	18	自轉	五一
	19	輻射	五二
	20	太陽頂點	五三
		第六章 太陰	五七
	21	性狀	五七
	22	月相	六一
	23	公轉	六三
	24	自轉	六六
	25	潮汐	六七
		第七章 食和掩星	七一
26		月食	七一

27	日食	七四
28	食數	七九
29	掩星	八〇
第八章 天文學的實用		
30	時	八二
31	曆	八七
32	方位的測定	九三
33	經度的測定	九四
34	緯度的測定	九五
第九章 行星		
35	總說	九八
36	水星	一一〇

47	流星	一四五
46	彗星	一三七
	第十章 彗星和流星	一三七
45	黃道光 and 對日照	一三四
44	冥王星	一三四
43	海王星	一三三
42	天王星	一三一
41	土星	一二七
40	木星	一二三
39	小行星	一一〇
38	火星	一一六
37	金星	一一三

48 彗星和流星的關係

第十一章 恆星

49 概說

50 星等

51 光譜

52 運動

53 星座

第十二章 雙星和變星

54 雙星

55 變星

第十三章 星團和星雲

56 星團

一四八

一五〇

一五〇

一五三

一五五

一五八

一六一

一六八

一六八

一七〇

一七八

一七八

57	星雲	一八〇
58	銀河	一九六
	第十四章 宇宙論	一九九
59	恆星演化	一九九
60	宇宙論	二〇一
	參考書目	二〇四
	中西名詞對照表	
	插頁(星圖一幅)	一六四頁後

天文學綱要

第一章 緒論

1. 天文學的定義 天文學 (Astronomy) 是研究天體 (Heavenly bodies) 的自然科學；換一句話來說，天文學是研究天體的視運動、真運動、支配這些運動的定律、形狀、容量、質量、表面的形態、性質、構造、物理狀態、彼此間互相的引力和輻射關係、過去歷史、未來的發達進化等學問。

凡是密佈天空上的星辰，都叫做天體；牠們的種類很多，有行星 (Planets)、衛星 (Satellites)、流星 (Shooting stars)、彗星 (Comets)、恆星 (Fixed stars)、星雲 (Nebula) 和星團 (Star cluster) 等名稱。

2. 天文學的分類 天文學可以按牠一部分的目的和研究的方法，分

做幾類；但是各類自然是互相關聯，沒有明確的區別。普通習慣和便利上，把天文學分爲六類：

(1) 實用天文學 (Practical astronomy) 這是說明觀測天體儀器的理論，使用的方法和消去誤差的方法等等，並含有各種觀測的計算方法。

(2) 位置天文學 (Astrometry; Astronomy of position) 這是研究天體的幾何學上的相互關係、位置、距離、大小、表面狀態、天體的眞運動、視運動等等。球面天文學 (Spherical astronomy) 就是這類的一部分。

(3) 天體力學 (Celestial mechanics) 這是以牛頓 (Newton) 的力學定律爲基礎，研究天體的運動。天文學中，以這類最要精密，而計算方法也最爲複雜。

(4) 天體物理學 (Astrophysics) 這是專研究天體的物理性質，就是光度、光譜的特性、溫度、輻射、內部構造和蒙氣表面內部的現狀等等，更進求

其原理，可以知道天體的運動狀態。這是天文學中最新的一門，通常又分爲三種：

(一) 天體測光學 (Astrophotometry) 以測定各種天體放射光綫的強弱爲目的。

(二) 天體攝影學 (Astrophotography) 研究攝取天體的方法，和由照片研究天體表面的模樣和天空的狀態，由這種底片可以計算天體的位置。

(三) 天體分光學 (Astronomical Spectroscopy) 用分光儀實測或攝取天體的光譜，可以知道天體運動的速度、溫度、壓力和成分等等。

(5) 宇宙原始論 (Cosmogony) 研究宇宙是怎樣的開始，開始的狀態和開始以來的經過，以及牠的將來是如何終結的問題。這類又可以分做宇宙構造論和天體演化論二種。

(6) 敘述天文學 (Descriptive astronomy) 按一定的系統，敘述天文

學上的事實、原理等等。這是研究天文學的入門。

3. 天文學的功用

天文學的研究，可以增進科學家以研究爲目的的心理，而消滅他們的功利觀念；所以科學的產生是以天文學爲最早，而科學要長保它的位置，永垂不朽者，要藉天文學調劑的功勞。

天文學和人類有直接關係者，例如求正確的時刻，編製歷書以及通商上不可缺少的航海通書等；他如地圖海圖製作的基礎，測定地球形狀大小的大地測量學，受天文學的補助亦不少。

天文學對於人類的關係，沒有氣象學(Meteorology)的密切；因爲氣象學是討論地球周圍大氣的狀態而研究其中所發生的現象，人類生活在空氣中，不斷的受天氣變化所支配，所以氣象學和人類的關係比較密切。由上面所說，我們可以知道天文學和氣象學的區別；最簡單的說，一個是研究遠在雲彩上面的現象，一個是研究雲下所發生的現象。

問題

1. 什麼叫做天文學？
2. 天體是什麼東西？
3. 天文學通常分做幾類？
4. 天文學有什麼用途？
5. 天文學和氣象學有什麼區別？

第二章 座標

4. 天球 我們所看見的一切天體，都列在一個圓形的天空上，假設以觀測地或地球中心為中心任意的長為半徑，畫一個大球面，我們可以想像一切的天體都投影在這個球面的內側，這樣的球，叫做天球 (Celestial Sphere)。地球上的天體位置，只表示它們的方向和它們的距離沒有關係，通常為便利起見，以無限長為天球的半徑，又有以小半徑的球，作天球的模型，這叫做天球儀 (Celestial Globe)；這不是一種用以觀測天體的儀器，是用為觀察的準備或用以求某種觀測所得的結果。

地球上所常用的名詞很多，現在把它們的意義說明於下，在第一圖中，O 為觀察地或地球的中心，外側的圓是表示天球，則

鉛垂綫 (Plumb Line) 通過觀測地點的重力方向的直綫，圖中 ZOZ'

地心地平 (Rational horizon) —— 通過地球中心作一個平面和觀測者所在地的地平面相平行，牠和天球的交綫，就是地心地平；因為天球的半徑是無限長，所以它和上面所說的地平，差不多是一致的。

目視地平 (Sensible horizon) —— 天空和地面的境界區域；就是從觀測者肉眼引地球表面的切綫和天球的交點的軌跡；如圖中 S_1H_1 。陸地上目視地平是不規則的綫，海上則見爲圓形。

地平經圈 (Vertical circle) —— 通過天頂、天底和任意一天體 (s) 的大圈 (Great circle) 如圖中 N_1sN_1 。換一句話說，通過地心作一個平面和地平相垂直，這平面和天球相交的大圈，叫做地平經圈；所以地平經圈和地平相交成九十度的角。

天極 (Celestial poles) —— 通過天球中心作一條直綫和地軸相平行，這直綫和天球相交的點叫做天極。天極有兩個，一個叫做北極 (North pole)，如圖

中P點；一個叫做南極 (South pole)，如圖中P'點。

天軸 (Celestial axis) —— 連結天球北極和南極的直綫，如圖中 P₁O₁P₂ 直綫。

地平俯角 (Dip of horizon) —— 日視地平在地平下俯的角度，如圖中 D 角。

天球赤道 (Celestial equator) —— 通過天球中心和天軸相垂直的平面，叫

做天球赤道面；這赤道面和天球相交的大圈，叫做天球赤道，如圖中 (MN) 大

時圈 (Hour circle) —— 通過天球南北兩極和某一天體 (s) 的大圈；如圖

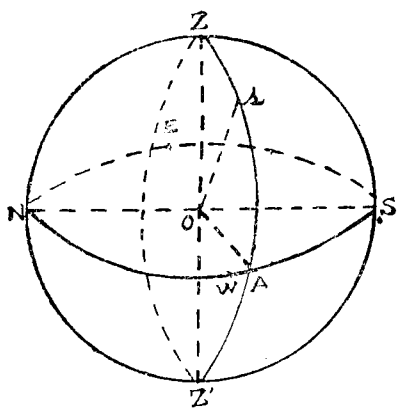
中 P₁P₂。

天球子午圈 (Celestial meridian) —— 通過觀測地的天頂和天球南北兩

極所成的時圈；如圖中 PZQP'。

卯酉圈 (Prime vertical) —— 通過天頂和天球子午圈成直角的大圈；如圖

中 ZWZ'E'。



第二圖 地平座標

四方點 (Cardinal points) —— 就是東 (E)、西 (W)、南 (S)、北 (N) 四點；其中兩點是子午圈和地平的交點，他兩點是卯酉圈和地平的交點，卯酉圈和地平的兩交點中，每天太陽上昇的方向叫做東，他一點叫做西，我們站在地平面上，向着東的方向，則右邊的子午圈和地平的交點叫做南，左邊方向叫做北。

5. 地平座標 在第二圖中假設

通過任一天體 (s) 的地平經圈和地平相交於 A 點，則 $\angle NOA$ 角一定是九十度。

連結觀測者肉眼和天體的直綫，和地平所成的角，叫做該天體的地平緯度 (Altitude)。圖中 $\angle OAA'$ 角就是 s 的弧，叫做天體 s 的地平緯度。地平上任何一點的地平緯度都是零，地平緯度是從地平

算起，向上爲正（+），向下爲負（-），各分做九十度，所以天頂的地平緯度是 $+90^\circ$ ，天底是 -90° 。

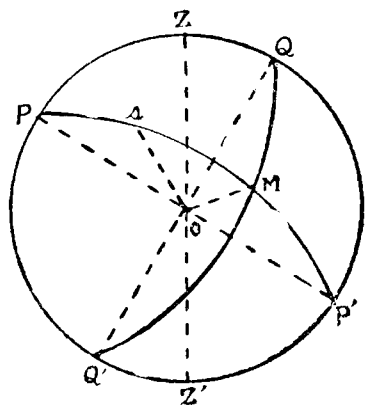
地平經圈和子午圈所成的角，叫做地平經度（Azimuth）。圖中 $\angle A$ 角即 AS 弧，叫做天體 s 的地平經度。地平經度是從南（S）向西（W）計算，自 0° 計算到 360° ，就是 W 點爲 90° ， N 爲 180° ， E 爲 270° 。

我們知道某天體的地平經度和地平緯度，就可以決定該天體的位置，這樣的方法叫做地平座標（Horizontal coordinates）。

天體和天頂的距離叫做天頂距（Zenith distance），圖中 $\angle Z$ 弧叫做天體 s 的天頂距。某天體的天頂距和地平緯度互爲餘角，就是

$$\text{天頂距} + \text{地平緯度} = 90^\circ$$

所以我們可以用天頂距來代替地平緯度，就是知道某天體的天頂距和地平經度，也可以決定它的位置。



第三圖 赤道座標(一)

同一天體的地平經度和地平緯度是隨着觀測地點和時間而不一樣。現在就太陽的位置來說，日出時候，太陽在東方地平附近，漸漸向南方進行，它的高度就是地平緯度漸漸增高，到了正午，達到南方最高的位置；其後漸漸向西前進，漸漸低下去。所以這種座標不甚方便。

6. 赤道座標

連結觀測者肉眼

和天體的直綫，和天球赤道所成的角，叫做該天體的赤緯 (Declination)。於第三圖中，假設通過天體 s 的時圈 $P'P$ 和天球赤道相交於 M 點，則 $\angle MOs$ 角即 M_s 弧叫做天體 s 的赤緯。赤緯是從天球赤道起算，在牠的北邊為正，南邊為負；所以天球赤道上天體的赤緯為零，北極的赤

緯爲 $+90^\circ$ ，南極爲 -90° 。

通過某天體的時圈和天球子午圈所成的角，叫做該天體的時角 (Hour angle)。圖中 OM 弧即 OP_s 角叫做天體 s 的時角。天體在子午圈時候的時角等於零。

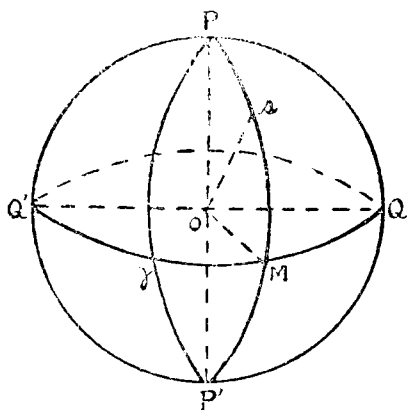
圖中 P_s 孤叫做天體 s 的北極距 (North polar distance)，和赤緯是互爲餘角，就是

$$\text{極距} + \text{赤緯} = 90^\circ$$

知道天體的赤緯或極距和時角，就可以決定該天體的位置。但是時角是隨時不同，甚爲不便。

延長地球軌道面和天球相交的大圈，叫做黃道 (Ecliptic)。黃道和天球赤道相交於兩點，太陽自南向北移動所通過的點叫做春分點 (Vernal equinox)，他一點叫做秋分點 (Autumnal equinox)。

通過春分點的時圈和通過天體的時圈所成的角，叫做該天體的赤經 (Right ascension)。第四圖中， γ 為春分點，通過天體 s 的時圈和天球赤道相



第四圖 赤道座標(二)

交於 M ；而 $\angle P_s$ 角即 γ 弧叫做天體 s 的赤經，赤經是從春分向東計算。

知道天體的赤經和赤緯後，就可以決定牠的位置；這種方法叫做赤道座標 (Equatorial coordinates)。現在多用赤經赤緯表示天體的位置。

太陽從今天在正南起，到明天再在正南所需要的時間為二十四小時，它所

走的角度是三百六十度，所以

$$24 \text{ 時} = 360^\circ$$

就是

$$1\text{時} = 15'$$

$$1\text{分} = 15''$$

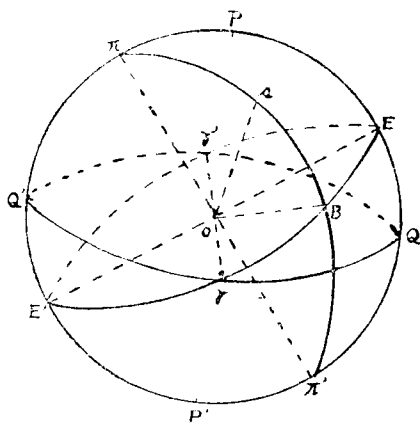
$$1\text{秒} = 15'''$$

天體的赤經，普通利用這種關係，用時分秒來表示它；例如赤經 5 時 43 分 6.4 秒，就是 $5^{\text{h}} 43^{\text{m}} 36^{\text{s}}$ 的意義。

7. 黃道座標

延長地球軌道面和天球相交的大圈叫做黃道；從地球看過去，太陽一年間在天球上一迴轉的路途，叫做黃道。黃道面和赤道面的交角，叫做黃赤交角 (Obliquity of the ecliptic)，約為 $23^{\circ} 27'$ 。春分點和秋分點的中央，黃道最近北極的點叫做夏至點 (Summer solstice)；秋分點和春分點的中央，黃道最南的一點，叫做冬至點 (Winter solstice)。

通過天球中心引黃道面的垂直綫，交大球於兩點，叫做黃極 (Ecliptic Poles)；第五圖中， π 叫做黃道北極， π' 叫做黃道南極。假設通過黃道兩極和天



第五圖 黃道座標

體 s 的大圈和黃道相交於 B 點，則

$$\angle Bs = \angle B\text{O}s$$

叫做天體 s 的黃緯 (Latitude) 而

$$\angle B = \angle B\text{O}r$$

叫做天體 s 的黃經 (Longitude)

我們知道天體的黃經和黃緯，也可

以決定它的位置，這樣的方法叫做黃道

座標 (Helipic coordinates) 研究行星對

於太陽的運行時候，多用這種座標；因為太陽差不多只有黃經變化的原故，但是黃經黃緯不能直接觀測，要先求赤經赤緯，然後再改算為黃經黃緯。

其他還有以銀河面 (Galactic plane) 為基準的銀河座標 (Galactic coordinates) 是研究恆星分布時候所常用的座標。

問題

1. 什麼叫做時圈、卯酉圈、時角、赤經、赤緯？
2. 地平座標是怎樣決定天體的位置？
3. 赤道座標是以什麼東西來決定天體的位置？
4. 黃道座標如何決定天體的位置？
5. 東西南北如何定法？
6. 春分、秋分、夏至、冬至四點是什麼意義？
7. 以時分秒示赤經 30° 、 $32'$ 、 $30''$ 。

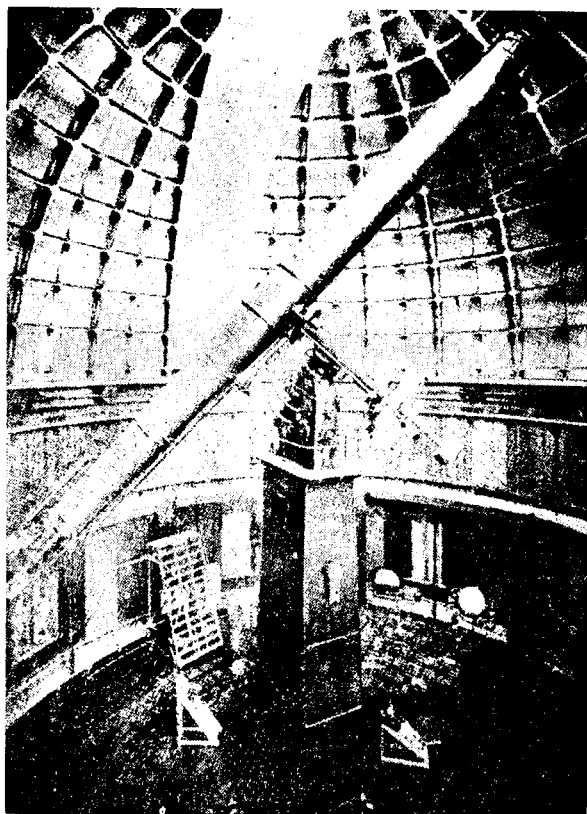
第三章 天文儀器

8. 遠鏡 天文觀測所用的儀器，當然以遠鏡 (Telescope) 爲主。使用天

文遠鏡 (Astronomical telescope) 的目的大概有三種：

- (1) 作成星像，放大以後，從事目視觀測或爲攝影觀測。
- (2) 集合多量星光，送到光度計或分光儀去。
- (3) 定天體的方向。

天文遠鏡所作出的星像雖然倒立，但沒有什麼關係，所以沒有普通遠鏡爲使物像正立所添加的透鏡或稜鏡，而光的吸收少，有折光遠鏡 (Refracting telescope) 和返光遠鏡 (Reflecting telescope) 兩種。用法，有目視和攝影的區別，裝置方法有地平經緯式 (Altazimuth mounting) 和赤道式 (Equatorial mounting) 兩種。

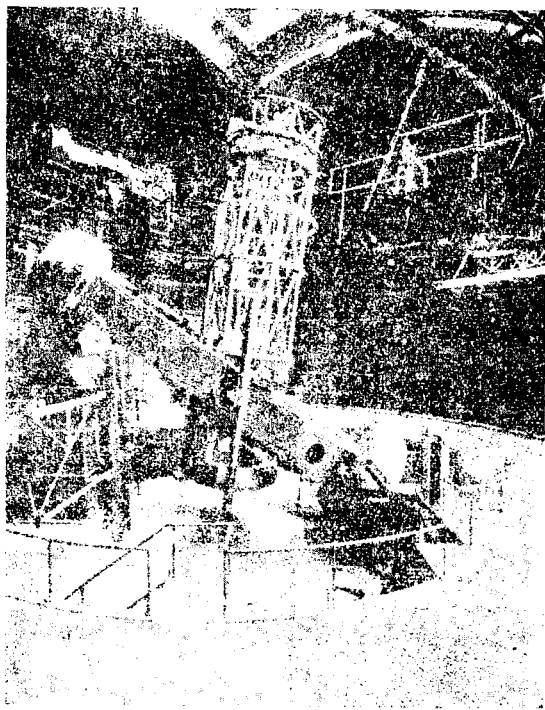


第六圖 現在世界第二大折光遠鏡

折光遠鏡的主要部分爲物鏡 (Objective) 和目鏡 (Eye-piece)，它的價值是以物鏡的大小而定，普通所說的口徑若干公分 (cm) 遠鏡，就是指物鏡的口徑而言。口徑大小所用的放大率 (Magnifying power) 有一定的限度，超過它的限度則星像反而不清楚。口徑三公分的遠鏡，放大率約以五十倍爲限，肉眼所能看見的天體，以六等星爲限，但是用三公分遠鏡可以看到九等星，十公分十二等，二十五公分十四等，四十公分十五等，六十五公分可以看到十六等星。折光遠鏡適宜於目視觀測和精密的測定。現今世界最大的折光遠鏡爲美國葉凱士天文臺 (Yerkes Observatory) 的 102 公分即 40 英寸口徑，其次爲立克 (Lick) 天文臺的 91 公分即 36 英寸口徑。

用凹面反光鏡代替折光遠鏡的物鏡，就爲返光遠鏡，有牛頓式、蓋賽林式 (Herschel)、侯失勒式 (Herschel)、格里式 (Gregorian) 等等。凹面鏡從前用金屬製，現在改用玻璃面而鍍以銀，最近又改爲鍍鋁。這類遠鏡，差不多都是

赤道式裝置，不宜於精密測定，但是用爲天體攝影非常適宜。現今世界最大的返光遠鏡是美國威爾遜山天文臺 (Mt. Wilson Observatory) 的 254 公分即



第七圖 現今世界最大的返光遠鏡

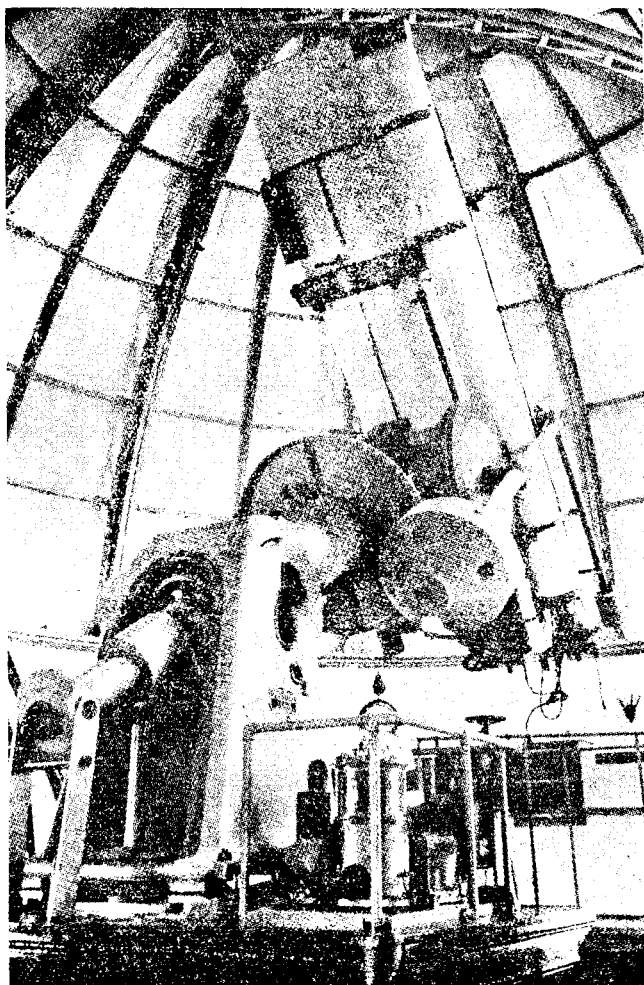
100 英寸口徑；最近又計劃製造一個口徑 200 英寸的返光遠鏡，不久可以成功。

9. 赤道儀

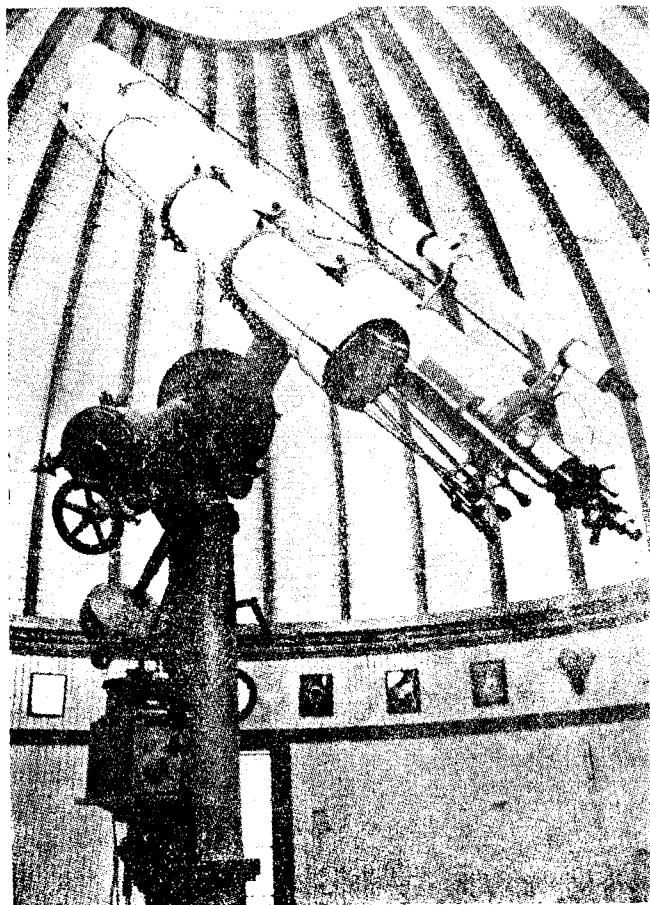
按赤道式裝置的天文遠鏡叫做赤道儀 (Equatorial telescope)。大的遠鏡都是用赤道式裝置，所以赤道儀是天文臺的普通儀器。

赤道儀的構造，有兩個軸，一個叫做極軸 (Polar axis)，和地軸相平行；一個叫做赤緯軸 (Declination axis)，和極軸相直交。遠鏡是和赤緯軸相直交，可以自由迴轉。要看一個天體的時候，先使附於赤緯軸的環上度數和天體的赤緯相合；然後迴轉極軸，使和天體的時角相合，這樣，就可以從遠鏡看見該天體。

大赤道儀常附有轉儀鐘 (Driving clock)，使遠鏡按着地球的自轉速度而迴轉，所以觀測某一天體的時候，該天體可以常在視野之內。第九圖所示的赤道儀，有三個遠鏡，最長的一個，是供目視觀測用，另一個是攝影用，最小的一



第八圖 南京紫金山天文臺六百公厘返光遠鏡赤道儀



第九圖 南京紫金山天文臺二百公厘折光遠鏡赤道儀

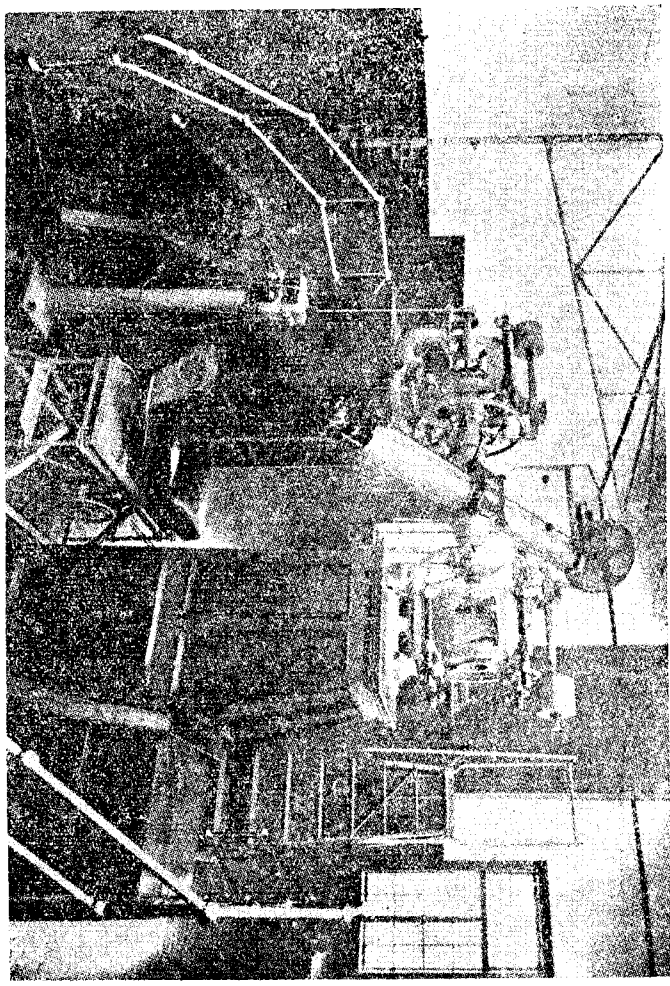
個，是供尋找天體用，叫做尋星鏡 (Finder)。

赤道儀可以觀測全地球上任何部分的天體，所以放置這儀器的房子，常用圓頂，可以四周旋轉；中開一窗觀測時揭開窗口，遠鏡即向着窗口以觀天空。

10. 子午儀 天文學對於日常的用途就是測時；測時的儀器，普通用中星儀 (Transit instrument) 就是測定恆星通過子午圈的時刻，可以知道鐘錶的修正值。得到正確時刻以後，就可以決定觀測地的經度。

大號的中星儀，在遠鏡的水平軸兩端，附有極精密的刻度盤；這叫做子午儀 (Meridian circle)。利用環可以爲日月行星以及基本星 (Fundamental stars) 等的中天觀測 (Meridian observation)，用以絕對的決定它們的赤緯；同時也可以測定它們的赤經。

子午儀的觀測是限於子午圈上天體的觀測，所以放置這種儀器的房子，要在子午圈方向就是南北方向開窗就可以。子午儀的觀測和測時有密切關



第十圖 南京紫金山天文臺一百三十五公厘子午儀

係，所以須有精密的天文時鐘 (Astronomical clock) 計時錶 (Chronometer) 記時儀 (Chronograph) 等。

其他天文儀器，還有很多，姑且省略。

問題

1. 天文遠鏡和普通遠鏡有什麼不同？
2. 天文遠鏡有何用途？
3. 折光遠鏡和返光遠鏡有何區別？功用上有何不同？
4. 現今世界上最大的遠鏡口徑多少？在什麼天文臺？
5. 赤道儀的構造如何？
6. 子午儀有什麼功用？
7. 赤道儀和子午儀的觀測室有何不同？為什麼原故？

第四章 地球

11. 性狀 地球 (Earth) 是屬於太陽系內的一個行星。它本來是一個灼熱的東西，在宇宙間不斷的迴轉，經過悠久的年代，遂漸次冷卻，成爲今日的狀態。它是一個迴轉橢圓體，所以赤道半徑比極半徑長。關於地球的各種常數如下：

赤道半徑	6,378,200 公尺
極半徑	6,356,725 公尺
子午圈扁率	$1/297.0$
子午圈偏心率	0.081992
$\circ 1/4$ 子午圈的長	10,001,993 公尺
等面積的球半徑	6,371,040 公尺

等體積的球半徑	6,371,033 公尺
子午圈等長的球半徑	6,367,467 公尺
○ 全表面積	510,070,868 平方公里
○ 全體積	1,083,223,990,000 立方公里
平均密度 (以水為單位)	5.527
鐵心半徑 (以長徑為單位)	0.92
鐵心密度 (平均)	8.0
外殼密度 (平均)	3.0
赤道迴轉速度	每秒 465 公尺
赤道海面重力	970.052 公分
地軸的傾斜	23° 21' 35"

測定地球的質量,有種種不同的方法,其中以扭轉天秤 (Torsion ba-



第十一圖 地球在空間的形貌
但假設它的周圍沒有濃厚蒙氣的存在

Lawce) 法最爲精巧，各種方法所得的結果，大概都相一致；約爲 5.997×10^{21} 公斤 (Kilogram) 比重約爲 5.5，就是地球的質量，大概爲同樣大小的水球的五倍半。

地球內部的構造甚爲複雜，但大概可以分爲四層，即表面一層爲地殼，係普通的岩石，厚約 5 公里，其下一層爲鐵、鎂、矽酸等化合物，厚約 1600 公里，再向內一層爲鐵心和上層岩石的混合，厚約 230 公里，最內一層爲鐵和鎳的中心核，厚約 3400 公里。

地球的周圍有深厚的大氣 (Atmosphere) 包圍着，它的高度約在 300 公里以上，大氣的組成，隨高度而變化，5 公里以上的天空，似乎沒有氮氣，只有氫氣；到了 200 公里以上，氫也沒有，似乎只有一種更輕的氣體，叫做地氫 (Terrestrial hydrogen) 的存在。

星光經過大氣中，就發生屈折作用，叫做蒙氣差 (Atmospheric refraction)。

蒙氣差隨高度而不同；地平附近達 $35'$ ，高度 $10'$ 爲 $5'$ ， $50'$ 度爲 $1'$ ，天頂則爲零。日月的視直徑約爲 $30'$ ，所以我們看它們恰在地平上者，實際它們是恰在地平之下。

大氣的動搖使屈折發生變化，結果發生所謂星的閃動 (Stellar Scintillation) 現象；遠鏡中的星像遂不安定。

12. 經度和緯度

通過地球南北極和某一地點的平面，叫做該地方的子午面。某地方子午面和格林維基 (Greenwich) 子午面所生的角，叫做該地方的經度 (Longitude)。所以經度是從格林維基算起，向東西各一百八十度；我國地方是在格林維基的東邊，所以都是東經若干度。

地球上的緯度 (Latitude) 可以分爲三種：

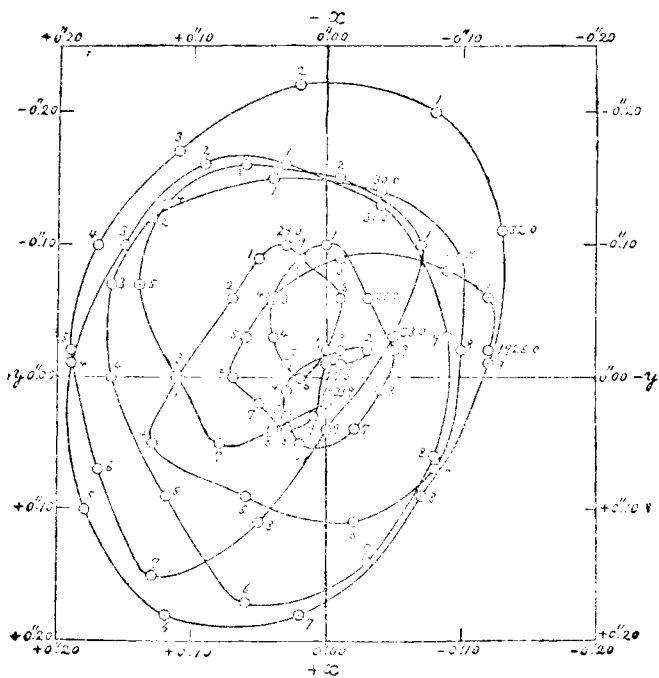
(1) 天文緯度 (Astronomical Latitude) 某地方鉛垂綫和赤道面所成的角，叫做該地方的天文緯度，這和天頂的赤緯或北極距相等。

(2) 地理緯度 (Geographical Latitude) 這是大地平均面 (Geoid) 的法綫和赤道面所成的角。

(3) 地心緯度 (Geocentric Latitude) 這是連結觀測地和地心的直綫，和赤道面所成的角。

因為地球的迴轉橢圓體面和大地平均面不一致，所以才有天文緯度和地理緯度的區別；因為地球不是一個完全球體，所以才有地理緯度和地心緯度的不同。

緯度因為地軸變動即極的移動的結果，漸有變動，這叫做緯度變移 (Variation of Latitude)。一八九八年起全球上曾選了北緯三十九度八分的地方，在美意日三國設三共同緯度觀測所，以同樣儀器，同一天體為目標，按同一方式而觀測；結果知道緯度確因地軸的變動而變移。第十二圖示最近八年間緯度變移的結果。圖的中心係假想的平均北極， $+$ 為格林維基方向， $-$ 為經



第十二圖 最近八年間北極的移動

度 180° 的方向， $+y$ 爲西經 90° 的方向。

緯度變移是由兩種周期合成，一個是 427 日，他一個是 365 日；兩種週期相合的時候變動最大，相反時候變動最小，約以七年的周期而循環。

設某地的平均緯度爲 φ_0 ，經度爲 λ （西經爲 $+$ ），則任意時刻的緯度 φ 爲

$$\varphi = \varphi_0 + x \cos \lambda + y \sin \lambda + z$$

這 z 項是以一年爲周期而增減，它的原因還沒有確定。

13. 自轉

地球以地軸爲軸每日由西向東旋轉一次，這種現象叫做自

轉（Rotation）。我們可以由落體的偏東現象，佛科氏擺（Foucault's pendulum）

的實驗，貿易風以及大風低氣壓的方向等事實，來證明地球自轉的現象。

由種種研究的結果，知道地球自轉的周期，是有些微的變動，它的變動原

因可以分爲三種：

(1) 地球質量認爲一定，若收縮則自轉速度增加，膨脹則速度減少；但每

數百萬年只有一秒的變動

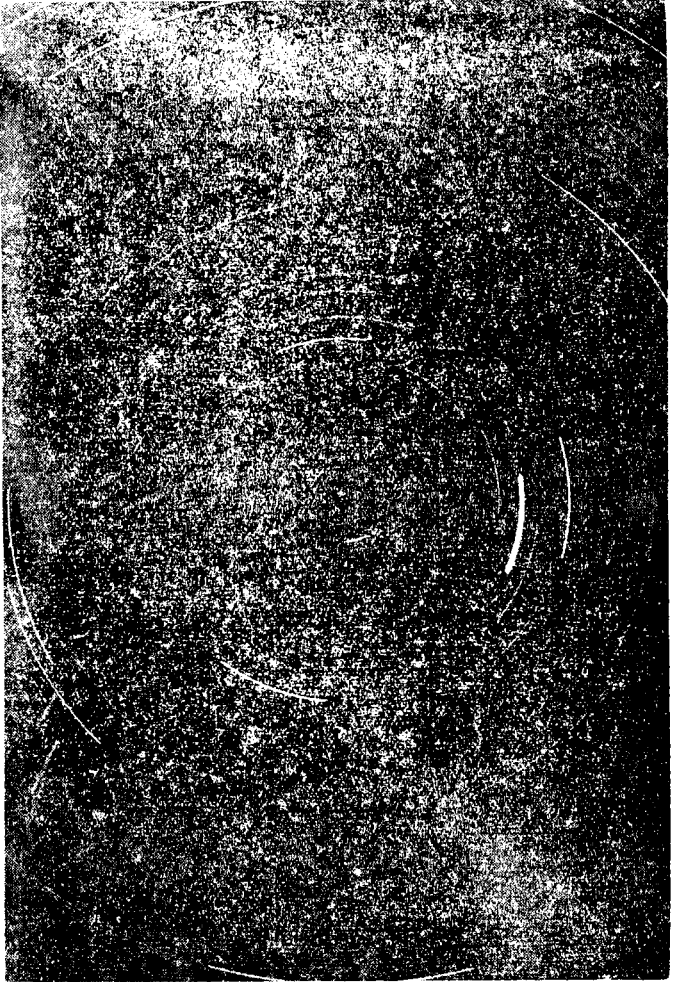
(2) 因爲多數流星落下的原故，地球的質量漸漸增加，自轉速度，遂因之而減慢；但一千萬年約只有一秒的變動。

(3) 潮汐波是由東向西，所以使地球自轉速度變慢；但十二萬年只有一秒之差。

研究結果，知道1898年左右變動最大，一日約長0.003秒；1916年左右則稍短，這種變動，似乎是忽然發生，繼續一、二年，原因還沒有充分的知道。

地球自轉的結果，就發生日月星辰東出西沒的現象，這叫做天體的周日運動 (Diurnal motion)。就是一切天體始終在同一位置，沒有什麼變動，但是因爲我們在地球上日夜自轉的原故，所以一切天體是以北極爲中心，由東向西運行，畫成同心圓；離北極遠者，其圓周大，近者則圓周小。第十三圖就是將照相鏡對着北極方向，露光數小時後，所得的天體周日運動所生的同心圓弧。

第十三圖 天體刮刀運動的痕跡(圖中最明的弧線是北極星)



14. 公轉

地球一年環繞太陽周圍運行一周，這叫做公轉 (Revolution)。

公轉的方向是由西向東。我們所看見太陽在黃道上的運行，不過是地球公轉的反照而已。

地球公轉的軌道是一個橢圓，太陽在焦點的位置，所以地球和太陽的距離有增減，牠們的平均距離是149,450,000公里。軌道上最近太陽的一點叫做近日點 (Perihelion)，最遠的一點叫做遠日點 (Aphelion)；每年一月一日左右地球在近日點，七月一日左右在遠日點。公轉的速度，近日點附近大，遠日點小；平均為每秒30公里。

公轉的證據頗多，光行差 (Aberration of light) 的現象就是一個。光行差就是和地球公轉方向成某角度的星光，與地球上所見的方向略有差異的現象；這和坐在車中外望直下的雨，變成斜下的樣子，是一樣的道理。從天球上恆星的變動，也可以知道地球的公轉。例如日中時太陽的高度是隨四季而不同；

日沒後或日出前在東西地平附近的恆星，以及某一定時刻某一定方向的恆星，也是隨季節而不同；一切恆星隨季節漸漸向西移動；每年同一日期一定時刻一定方向所見的恆星都是一樣。

地球因為公轉的原故，在軌道上的位置日日不同；就發生了春夏秋冬的四季。

問題

1. 地球的質量和密度是多少？
2. 地球的內部，可以分為幾層，厚度各多少？
3. 大氣的組成如何？
4. 什麼叫做氣壓差和高度有什麼關係？
5. 緯度有幾種？何以各不相同？
6. 什麼叫做緯度變移，為什麼原故？

7. 地球自轉有什麼證據？
8. 地球自轉的結果發生了什麼現象？
9. 恆星的變動，如何可以證明地球的公轉？

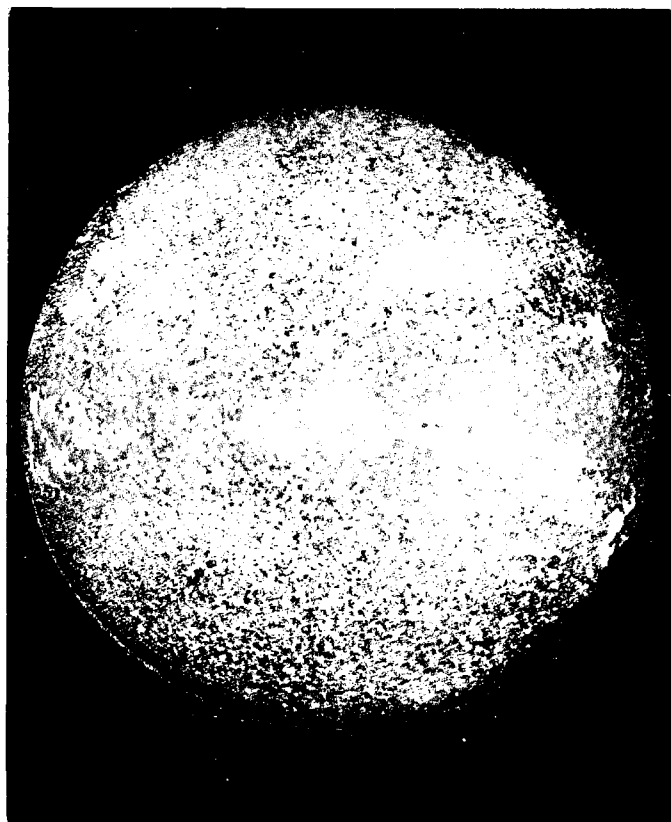
第五章 太陽

15. 性狀 太陽(Sun)是我們太陽系的主人翁；但就宇宙全體來說，它不過是普通大小的恆星裏頭的一個，因為比其他恆星的距離近的原故，所以我們看爲最大的天體。地球的運行以及地面上一切活動的根原，差不多都受太陽的支配。

太陽和地球的平均距離是 149450000 公里，平常作表示太陽系內天體距離的單位，就是所謂天文單位 (Astronomical unit)；普通所採用的數值是

$$149450000 \pm 17000 \text{ 公里}$$

觀測太陽的視差 (Parallax) 就可以知道它的距離；太陽的赤輻視差 (Equatorial parallax) 就是太陽對於地球赤道半徑所張的角度，爲 $8''.80$ 。太陽直徑爲 1390600 公里，約爲地球的 109 倍；質量約爲地球的 333430



第十四圖 受蒙氣包圍的太陽
美國威爾遜山天文臺所攝，表面示鈣的雲斑。

倍，所以平均密度約爲二，太陽的表面重力約爲地球的二十八倍。

太陽表面發出白色光輝的部分叫做光球 (Photosphere)；這是一切化學元素，因爲受了攝氏六千度以上的高熱而發光，自地球看去約爲六萬燭光。用遠鏡觀察，知道光球所發的光不是一律，中央部分最明，向邊緣漸弱，再詳細的檢察，知道光球各部分有明暗不同的微細粒狀斑點，這叫米粒組織 (Granular structure)；約達一千公里內外，不絕的急激動搖。

奇霍夫 (Korven) 由太陽光譜的研究，謂太陽是白熱的固體或液體，有低溫的氣體包在牠的上層；最近知道氣體也在特別高熱的狀態，呈連續光譜，可以知道光球也是氣體。

太陽是黃色星的一種，光譜屬於 G 類；在恆星中，是一個較小的晚期星，目視光度爲 1.2672 等，絕對光度 1.85 等。

16. 太陽黑子

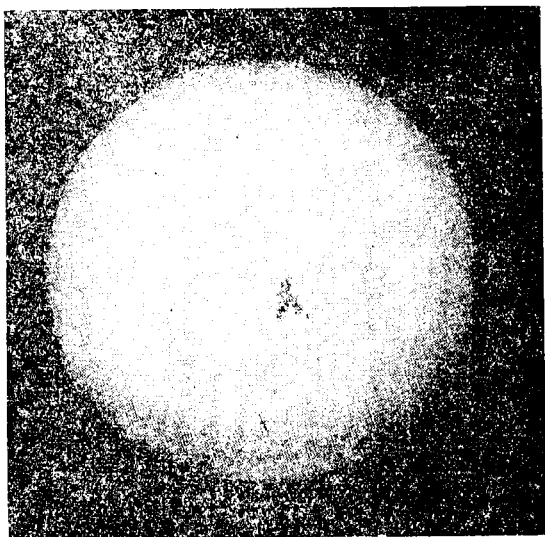
太陽光球面上常有黑子 (Sun-spot) 出現；大概分爲

本影 (Umbr) 和半影 (Penumbra) 兩部分。本影是黑子中央黑暗的部分，半影是黑子邊緣稍黑的部分；本影雖然黑暗，實際不過比光球黑暗而已，比我們地球上任何人工的光都亮。黑子的部分多比光球凹低，由光譜可以知道它的溫度比光球面低。

黑子出來以前，多先有光斑 (Faculae) 出現，出來以後在它的周圍，普通也見有光斑；黑子消失以後，多留有光斑。光斑是光球面上不規則的氣雲，比光球面外的部分輝明，視如白色。愈近太陽面邊緣則光球愈暗，而光斑越顯明。光斑和用分光攝影儀所看的日珥，甚有關係。

黑子最初出來的時候，大概爲圓形，以後漸漸變化，消失以前，分裂爲多數的小黑子。黑子的直徑大小不同，自一千公里乃至十萬公里；它的壽命大概不出二三日，也有達到幾個月者，但是非常的少。

太陽黑子不獨隨着太陽自轉而移動，實際它本身在太陽面上也有移動。

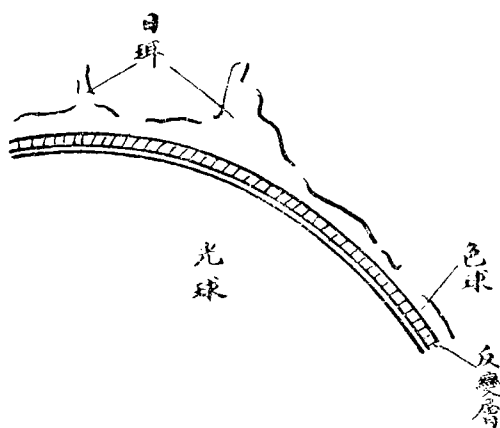


第十五圖 太陽黑子

黑子在太陽面上出現的部分，以日面南北兩半球緯度五度乃至四十度左右爲限。

太陽面上黑子的多寡，平均約以十一年的周期而變化；但這周期是常常有變動的。在這周期的初期，黑子多在日面南北緯度三十度附近；過了極大期，以至末期，漸漸現於赤道附近，這叫做斯波挨 (Spörer) 定律。

黑子常有性質相反的兩羣並列發生，這比單獨發生的時候多。黑子附近



第十六圖 太陽面的蒙氣層

是一個強大的磁場，這大概是陰電荷的分子向中心移動的原故。黑爾(Hale)由太陽分光攝影儀(Spectroheliograph)的研究，發見黑子的某部分有氫的渦旋，他的方向，在北半球和時針的方向相反，南半球則相同。

關於黑子的真正成因以及週期變動的理山，還沒有確實的定論。聖約翰(St. John)曾謂黑子內部有種種物質向外側噴出，而在它的外面附近則有鈣和氫等向內面流入。

17. 表面蒙氣 包圍太陽表面的蒙氣，可以分做三層；就是反變層(Reversing layer)、色球(Chromosphere)和日冕(Corona)。

緊接在光球上面的蒙氣層叫做反變層，氣壓自0.1（底部）以至0.0001（頂上）；平均溫度比光球低，能為光的輻射。它的實際厚度，各說不同，自數百公里乃至五千公里。因為溫度比光球低，所以平常光球所生的連續光譜呈有吸收綫；獨在日全食前後瞬間，光球全部被掩，僅留這層的時候，呈輝綫光譜，這叫做閃光光譜（Flash spectrum）。因為光球光譜的暗綫在閃光光譜上變為輝綫，所以這層叫做反變層。

反變層的上層叫做色球；當日全食的時候，在日冕下層的紅色層就是色球。色球是包圍太陽全部的氣體，由氫、氦等輕元素而成。牠所放出的光以氫的H_α綫為主。1868年日全食時候，雅孫（Janssen）才確定色球呈輝綫光譜。色球各部分常有大小種種不同的火焰向上伸延，這叫做日珥（Prominence）。

日珥是一種氣雲，以氫和鈣為主。它的高度有達到八十萬公里者，但是普通以15萬公里以下居多。從前非等到日全食時候，不能觀測；現今用太陽分光



一九一七年七月九日威爾遜山天文臺所攝

第十七圖 日冕

儀，在平日都可以研究之。

日珥有兩種。一種叫做寧靜日珥 (Quiescent prominences)，和地球上的雲狀相似，可以繼續到數日。一種叫做爆發日珥 (Eruptive prominences)，繼續數小時，以高速度而急激變化；普通速度為每秒 150 公里以上，有時達到每秒 300 公里以上。寧靜日珥的光譜中，含有鈣、氮、氫等；爆發日珥則更含有鈉、鎂、鋇、鐵、鈦等元素。

日珥雖然出現於太陽邊緣的各部分，但以日面南北緯度 45° 和赤道之間居多。有時一個都沒有，有時可以達到 30 個之多。平常沒有太陽黑子的時候，也看不見日珥；黑子多的時候，日珥也多，所以兩個有密切的關係。日珥或且就是黑子的前提。

用太陽分光儀看太陽面的時候，知道光球上氣體的分佈不是一律，是和羊毛的斑點一樣，這叫做譜斑 (Flare)。這是氣雲由光球面上昇流動的原故；



第十八圖 日食 1900年5月28日日全食時所攝

黑子附近或黑子發生的前後部分最多。

日全食的時候，太陽周圍現有青白色的光芒，叫做日冕；它的光輝非常薄弱，非等到日全食的時候不能看見。日冕的形狀大概有兩種；一個是和赤道平行而長伸，叫做赤道流綫，一個叫做極流綫，在極方面較短。它的形狀是隨黑子周期而變化；就是黑子極小期，赤道流綫顯著發達，極大期則周圍略相等。這時候日冕的長，約和太陽直徑相等。日冕形狀又和日珥有關係，就是有日珥所在的部分，日冕則長，沒有的部分則短。

日冕的光譜為薄弱的連續光譜，各處常有輝綫，這綫中的元素就叫做氦 (Coronium)。日冕光輝的總量，大概為滿月的一半。

18. 自轉 太陽是太陽系的中心，所以沒有公轉；但有自轉，而自轉的方向和行星公轉方向一樣，自西向東，就是從北面看過去，是向着時針相反的方向而迴轉。太陽赤道面和黃道面相交成 7.25° ；六月六日和十二月八日，地球

在這兩平面的交點，九月八日太陽北極約傾向地球七度，三月七日則南極約傾向七度。

太陽的自轉，可以由黑子的移動來證明，自轉的速度則各部分不一樣，應用黑子的移動可以決定牠的自轉周期如下：

日面緯度	0°	20°	30°	35°
自轉速度	24.65	25.19	25.25	26.63

就是越近赤道部分，自轉速度越大，根據杜拍那效應 (Doppler's effect) 的方法，可以得到同樣的結果。

19. 輻射 日光約為滿月的光的 165000 倍，太陽的實際溫度還沒有充

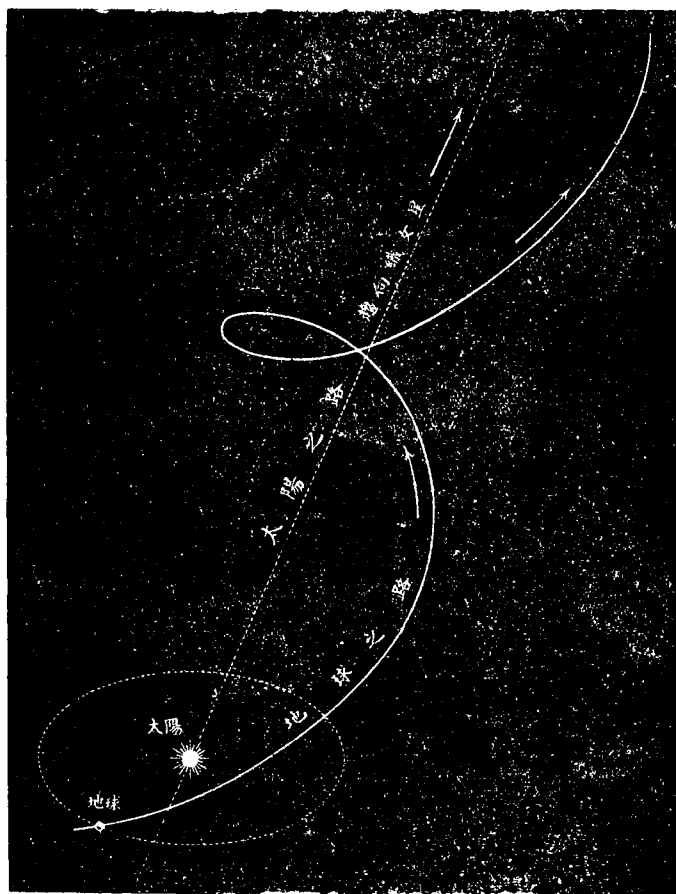
分的確定，由它的輻射所測定的表面有效溫度 (Effective temperature) 約為絕對溫度 6000°。有效溫度是按斯泰方 (Stefan) 定律：輻射能量正比例於黑體的絕對溫度的四次幕，越近太陽中心，溫度越急激增加，中心溫度當為數百

萬度乃至數千萬度。

地球表面上，垂直於太陽光綫的單位面積的平面，沒有大氣吸收的時候，單位時間所受的太陽輻射能量，叫做太陽常數 (Solar constant) 阿普特 (Aber) 由數百個測定值所得的平均數值為每秒一平方公分 1.928 卡 (Calorie)。這種常數是隨太陽黑子周期而變動，增減數值在 0.05 卡以內。

太陽不斷的放散各種輻射能，這些輻射能差不多是沒有衰弱的時候，而永遠的繼續下去。至於繼續不斷的原因，有流星落下說，收縮說，物質崩壞說等等，但都不能算作充分的學說。最近由原子物理學的研究，說原子內能因為物質崩壞而發出，這是比較上稍為可信的學說。

20. 太陽頂點 太陽帶着全太陽系在銀河系內向某方向一直前進，這方向在天球上的位置，叫做太陽頂點 (Solar apex) 從恆星自行 (Proper motion) 所得的結果，知道太陽頂點是赤經十八時十分，赤緯北卅七度，但由



第十九圖 太陽和地球的徑路
太陽向着織女星方向向前進；地球則繞着太陽，也向前進。

視綫運動(Radial motion)所得的結果,是赤經十七時四十分,赤緯北二十四度。由肉眼所能看見的星體全部的自行和視綫運動所得的平均值爲赤經十八時,赤緯北二十八度。速度每秒十九公里;就是太陽以每秒十九公里的速度向織女星方向前進。

問題

1. 太陽的星等是多少?
2. 什麼叫做天文單位?等於多少公里?
3. 黑子的性狀如何?
4. 太陽蒙氣共有幾層?
5. 日珥和日冕是什麼東西?
6. 日冕的形狀和黑子及日珥有什麼關係?
7. 什麼叫做太陽常數?

8. 太陽頂點是什麼意義?

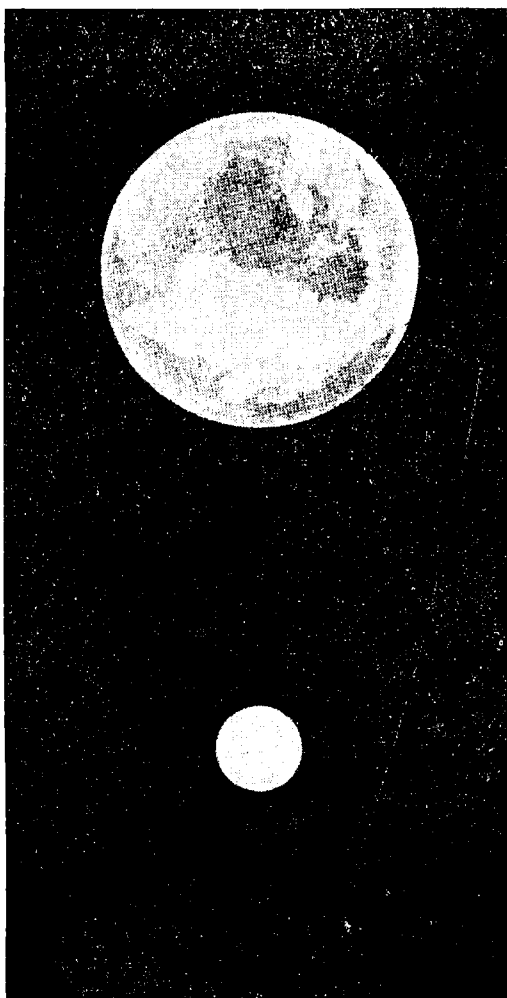
第六章 太陰

21. 性狀

太陰 (Moon) 又叫做月，俗稱爲月亮，是地球的衛星。凡環繞太陽而公轉的天體叫做行星，環繞行星而公轉的天體叫做該行星的衛星。

太陰差不多是一個完全的球體；它在平均距離的角直徑是 $31' . 3$ ，實際直徑 3476 公里，約爲地球的四分之一。質量爲地球的 0.0123 倍，就是 $81\frac{3}{4}$ 分之一；平均密度爲水的 $\frac{3}{4}$ 倍。表面重力爲地球的 0.165 倍。反照率 (Albedo) 爲 0.07 ，光度爲 $1/25$ 等。

月面上沒有蒙氣，也沒有水，因爲沒有蒙氣，所以太陽直接射到表面，大部分都被吸收，並且繼續白天有兩星期之久，所以溫度比地球高，約達攝氏一百度以上。反之，當它繼續兩星期的夜晚時候，溫度大爲降低，可以達到零下一百六十度。



第二十圖

地球和月亮體量的比較

左邊是地球，右邊是月亮

月的表面，高低不平，比較的低而且平的部分，可以認做是海洋的痕跡，所

以叫做月面的海 (Mare)。這部分的反照率比他部分小，所以稍爲暗淡一點；肉眼所看見像兔形的部分，就是這個海的部分。

月面上除了海的部分以外，大概是陸地的痕跡；其中多成爲圓形的山狀，這叫做月面的寶形山 (Mons)。全數在五萬以上，大小不同，有直徑達到二百五十公里以上，也有小到非大遠鏡不能看見它的存在。這大概是太陰冷卻的時候，火山噴發的遺跡。寶形山多用古代著名天文家的名稱。山的高度可以由它們的影長來測定。

大寶形山的周圍，常有白綫向四方射出，這叫做月面輻射紋 (Rays)。其中以第谷 (Tycho) 山的輻射紋最顯明；這山在中央子午圈上南極附近，直徑八十公里，它所放射的輻射紋達到月面半徑以上的遠方。輻射紋是什麼東西，還沒有充分的說明。

月面上的顯明形態，還沒有發見它有什麼變化；但是近來常常觀測得它

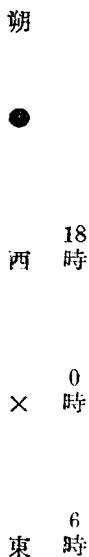


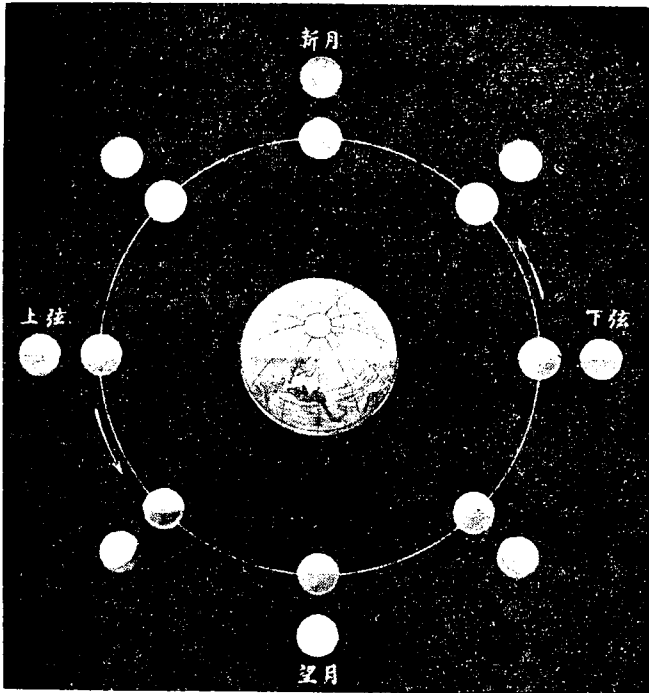
第二十一圖 月面的形狀

的表面，略有變動，是否真有變動，還要加以觀測研究，才可以確定。

22. 月相

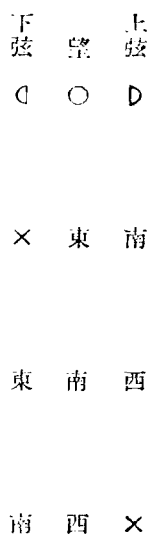
太陰自己沒有光亮，是反射日光而發輝，所以成有朔望兩弦的現象；這叫做月相 (Phases of the moon)。當月亮挾在地球和太陽中間的時候，叫做朔或新月 (New moon)；地球向着它的暗面，所以完全看不見月亮。過了幾天，就成爲蛾眉月 (Crescent moon) 的形狀，到了太陽和太陰對於地球成直角的位置，太陰在於東方，是爲上弦 (First quarter)；月亮半面輝明。再過幾天，月亮在太陽的反對側，是爲望或望月 (Full moon)。再過幾天，是爲下弦 (Third quarter)；拂曉月亮在太陽西邊成直角。以後又達到朔。正南方向上弦月的弦在左邊，下弦月的弦在右邊；正西時候，上弦月的弦向上，下弦月的弦向下。大概的位置如下：





第二十二圖 月相

軌道上的是它的真象外側的是它的視象

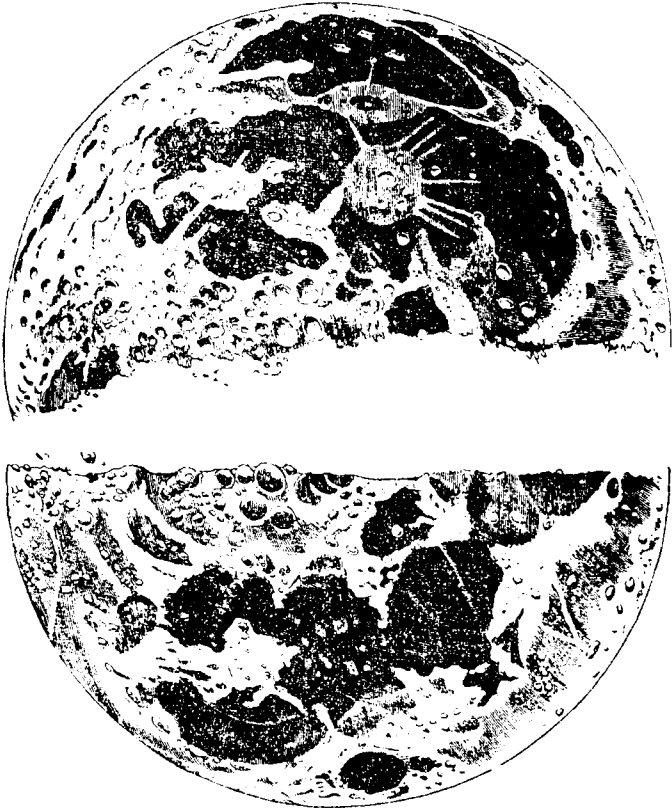


蛾眉月時候，月亮的暗面有微弱的光輝，這是地球反射日光，照到月亮暗面的原故；這種現象，叫做地球反照（Earth-shine）。蛾眉月越窄，這現象越顯明，在兩弦附近時候則消失。

23. 公轉

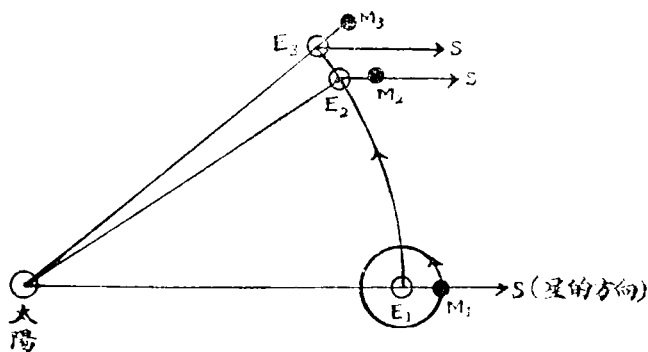
太陰是繞着地球的周圍而運行；它在天球上所運行的軌道叫做白道（Moon's Path）。白道面和黃道面平均交成 5.1° 的角度；這角度約有 1% 的變化。又白道長徑的綫由西向東約 9 年一回轉。白道和黃道的交點，叫做交點（Node）；交點約以 19 年周期由東向西一回轉。這些運動以太陽的攝動結果為主。

太陰沿着白道一回轉的周期，叫做恆星月（Sidereal month）；就是由地



右邊像 D 字形是上弦的眞象左邊像 C 字形是下弦的眞象。

第二十三圖 上弦和下弦



第二十四圖 恆星月和朔望月不同的理由

球看月亮在恆星間完全一公轉的周期。

11 時 41 分
一恆星月 = 27 7 43 11.5

自朔經過望，再到朔的周期，叫做朔望月 (Synodic month)；這是太陰位相變化的周期，最為顯明。

11 時 56 分
一朔望月 = 29 12 44 2.5

朔望月比恆星月長的理由，是因為地球亦有公轉的原故；就是太陰繞着地球而公轉，同時地球又繞着太陽而公轉。

設地球在 E_1 時候，月亮在 M_1 為望。地球走到 E_2 的時候，月亮一回轉地球的周圍，走到 M_2 。 M_1 和 M_2 在恆星間是回到同一

的位置，所以其間是爲一恆星月。但是月亮要從 α 走到 β 的時候，才是望；其間地球也走到 γ ，就是朔望月比恆星月長地球從 α 走到 β 的時間。

24. 自轉 太陰也有自轉，自轉軸和它的軌道面的垂綫成 5° 度的角。自轉周期和恆星月相等，並且向同一方向，所以結果月亮常以同一表面向地球。這大概因爲月亮從前爲液體或黏體時代，受地球的引力就發生月亮實體的潮汐作用；潮汐作用的摩擦，就發生上述的結果。

太陰自轉結果所生一晝夜的長短，是和太陽有關係，所以和朔望月相一致。

太陰自轉軸不是和軌道面的垂綫相一致，所以我們半個月能夠看見一極的他方；後半月能夠看見他極的他方。所超過兩極的最大限度，約爲月面緯度 5° 度。這種現象叫做緯天平動 (Libration in latitude)。

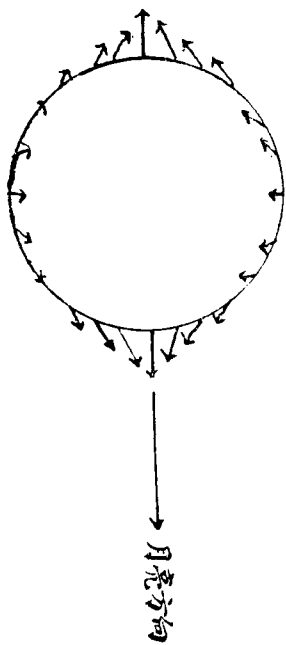
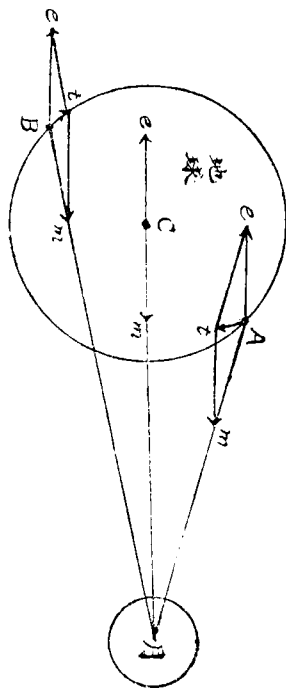
太陰自轉速度雖然不變，但是公轉速度因爲是在橢圓軌道上所以沒有

一定；結果就發生經天平動 (Libration in longitude) 之現象。就是在太陰和地球近距離的部分，公轉速度太快，所以略能看見正面西側的後方；反之，在遠距離部分，公轉速度太慢，略能看見東側的後方。這種超越的最大限度約為月面經度 8 度。

太陰赤道部也有隆起部分，因為地球的引力作用，就發生極微量的振動，這叫做真天平動 (Physical libration)。

因為這些天平動的結果，我們常常能夠看見月面的 $\frac{1}{2}\%$ ，反對側的 $\frac{1}{10}\%$ 是水遠看不見；其餘 $1\frac{1}{2}\%$ 是有時能夠看見的部分。

25. 潮汐 太陰對於地球的最大影響，就是潮汐作用 (Tidal action)。地球表面近於太陰部分所受的引力比遠的部分強，結果地球有向力的方向伸長形勢；遂於太陰方向的反對側發生高潮 (High water)。太陰對於地球表面海水的長潮力 (Tide raising force) 如第一十五圖所示。



第二十五圖 長潮力

設海水分子的運動是以地球中心為原點。設 C 為中心， A 和 B 為地面海水的分子，則太陽引力可以 A_m, B_m, C_m 等來表示。引力的強弱和距離的自乘成反比例，所以 A_m 最大， B_m 最小。若 A, B, C 各加以和 C_m 相等方向相反的力 A_e, B_e, C_e ，則 C 平衡而 A, B 各受其合力 A_f, B_f 吸引。這合力就是對於地球中心的長潮力。第二十五圖的下圖就是就全地面來說的樣子。

太陽和太陽一樣，對於地球也有潮汐作用；因為距離遙遠，兩側引力的差甚少，所以長潮力小。

問題

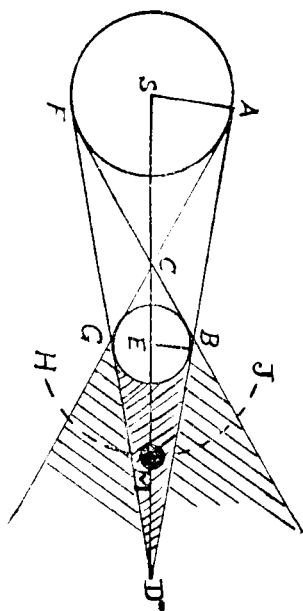
1. 月面是什麼樣的形態？
2. 月面輻射紋是從什麼地方發出來？那一個最顯明？
3. 朔望兩弦是怎樣的發生？
4. 朔望兩弦時候太陽在地球上的方向如何？

5. 兩弦時候，太陰在正南和正西的弦向什麼方向？
6. 什麼叫做地球反照？
7. 恆星月是什麼意義？
8. 什麼叫做朔望月？
9. 恆星月和朔望月何以長短不同？
10. 我們何以只能够看見半面月亮？
11. 天平動有幾種？是什麼意義？
12. 長潮力如何發生？

第七章 食和掩星

26. 月食

望的時候，太陰對於地球在太陽的反對側，就是地球在太陽和太陰的中間；這時候日月地球若在一直綫上，則日光爲地球所遮，不能達到月面，就是月亮走到地影裏頭，所以失了光明，這現象叫做月食 (Lunar eclipse)。

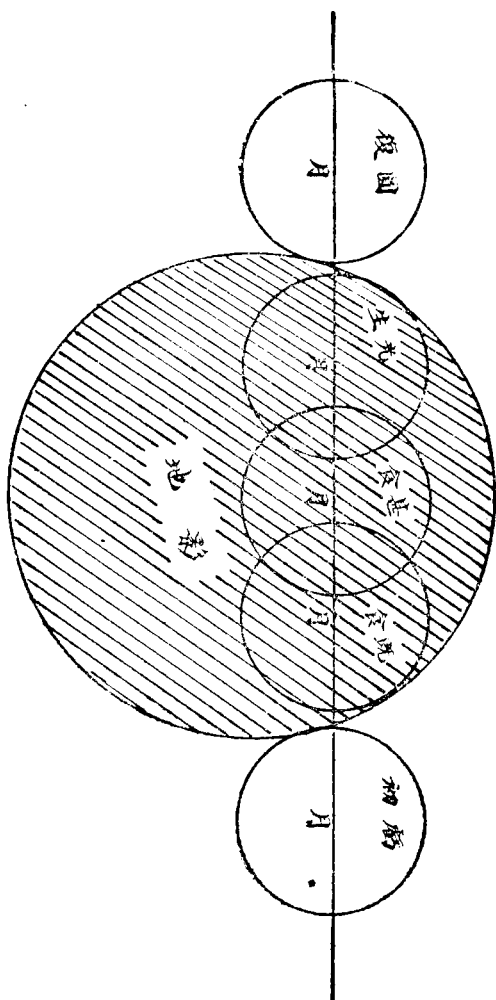


第二十六圖 月食

於第二十六圖， \odot 爲太陽， \ominus 爲地球， $\omin�$ 爲太陰， $\omin�$ 爲白道的一部分。圓錐形 EDK 的空間，是地球完全遮斷日光的投影；這部分叫做本影 (Umbra)。其周圍 EDD 和 DEH 部分，則遮蔽日光的一部分，叫做半影 (Penumbra)。

太陰走到半影中的時候，不過光輝稍弱而已；走到本影則變爲暗黑，但因地球大氣折光散光的原故，遂呈赤銅色。太陰全部走到地影中的時候，叫做全食 (Total eclipse)；只有一部分侵入本影的時候，叫做偏食 (Partial eclipse)。月全食的時候可以分做五象：當太陰和本影第一次外切的時候，叫做初虧 (First contact)；第一次內切的時候叫做食既 (Second contact)；月心和本影中心距離最近的時候，叫做食甚；當太陰和本影第二次內切的時候，叫做生光 (Third contact)；第二次外切的時候叫做復圓 (Fourth contact)。偏食時候，只有初虧、食甚、復圓三種現象。

月食現象一定發生於望的時候；但是望的時候，未必發生月食。這是因爲



第二十七圖 民國二十七年十一月七日到八日的月全食

白道和黃道不相一致的原故，望時太陽距離交點太遠的時候，不能發生月食；就是在某一定距離之內，才可以發生月食。這一定的限界，叫做月食限 (Limit)

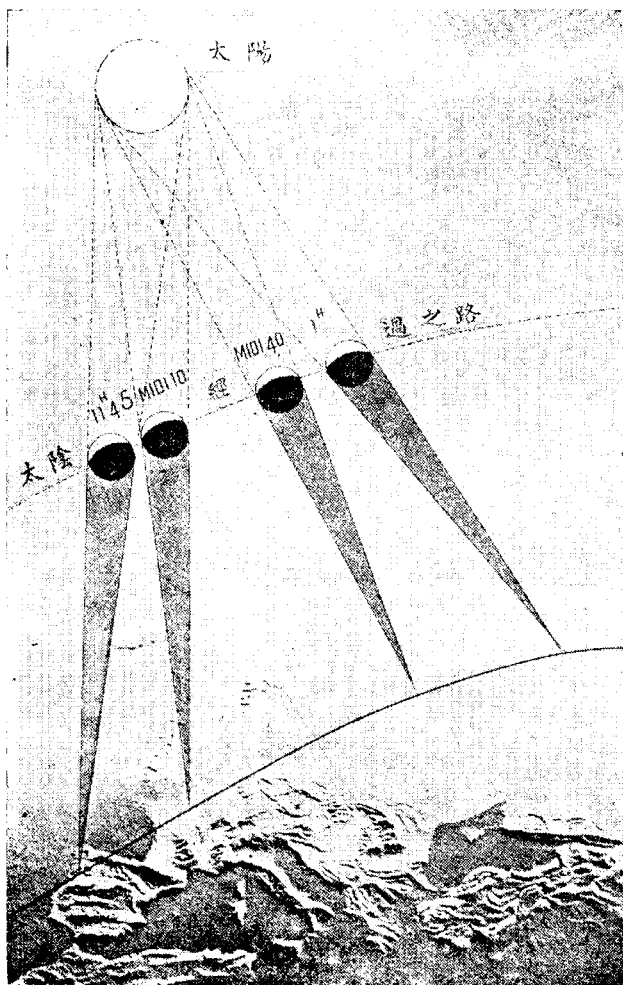
ecciptic limits) 這限界是隨日月地球的距離和白道交角的變化而略有變動，最大值爲 $12^{\circ}.3$ ，最小值爲 $9^{\circ}.5$ 。

從地球的半面可以同時看見一樣的月食，月食的時間有時可以達到三小時以上；在這時間，因爲地球自轉的原故，實際能夠看見月食的地方，超過半球以上。

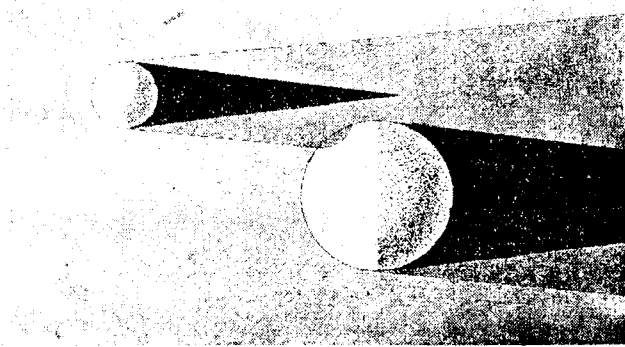
27. 日食

朔的時候，太陰在地球和太陽的中間，這時若日月地球三體在同一直綫上，則日光爲太陰所遮蔽，不能達到地球，月影射到地上，就生日食 (Solar eclipse) 現象。

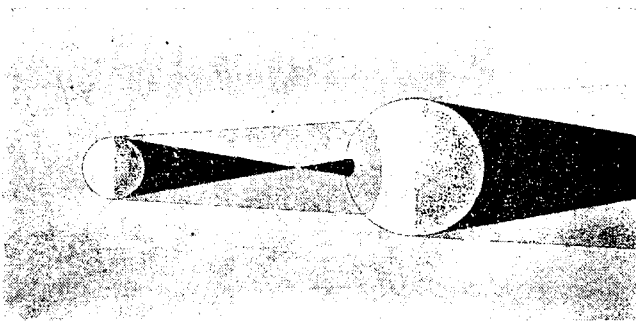
日食現象，除了全食和偏食之外，還有環食 (Annular eclipse)。太陰影錐射到的地方，能夠看見全食；錐外虛影所射的地方，則看見偏食。太陰離地球較遠的時候，影錐尖端達不到地面；這時候從圓錐的延長中央部分看太陽的邊緣，還有狹窄的光環，就是發生環食的現象。日食現象是隨着地方而不同。



第二十八圖 日食原理



第二十九圖 日偏食的原理

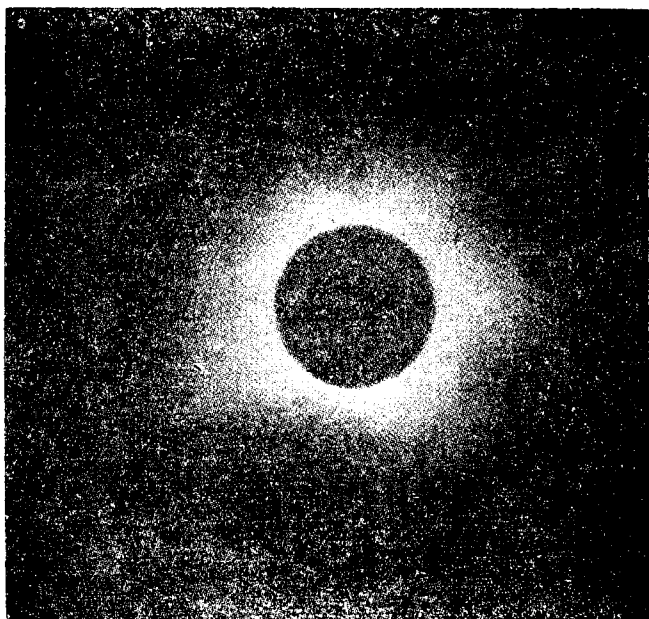


第三十圖 日環食的原理

日食現象一定發生於朔的時候；但是朔的時候未必有日食發生，這也是因爲白道和黃道不一致的原故。朔時太陽的位置在白道交點 $1^{\circ}5'10''$ 以內，必發生日食；距離 $18^{\circ}5'$ 以上必不生日食，而全食或環食的最小和最大限界各爲 $9^{\circ}9'$ 和 $11^{\circ}8'$ ，這叫做日食限 (Solar ecliptic limits)。

月影投到地面上，急速向西走，所以某一地點能夠看見的全食時間非常的短；最長不過七分半，平均約三分。日全食帶的寬度，平均約 160 公里，在某一地點能夠看見日全食的機會，非常的少；平均 360 年只有一次。全食的機會雖少，而可以觀測的問題則甚多；所以每逢日全食，各天文家都不遠千里的去觀測。觀測的問題，例如日月相切時刻的測定，日冕日珥的攝影，閃光光譜的攝影，愛因斯坦 (Einstein) 引力說的證明，以及氣象地磁等等。

民國三十年九月二十一日我國地方能够看見日全食；全食帶經過新疆、青海、甘肅、陝西、湖北、江西、福建等省。見食時間在中午附近，觀測非常便利。



第三十一圖 民國二十五年六月十九日的日全食

我國隊余青松陳遼媽在日本北海道所攝

28. 食數

食一定發生於白道交點的前後，所以每隔六個月有一羣的日月食發生。月食限比日食限小，所以一年中有沒有月食的時候，而日食必有兩次。最多的時候，一年有七次，其中月食兩次，日食五次，或月食三次，日食四次。二十世紀中，有日食 225 次，月食 147 次，共計 372 次，平均每年四次。

白道交點每年向西迴轉 $19.5''$ ，所以太陽以 346.62 日遇到同一交點；這周期叫做食年 (Eclipse year)。

1913 年 $\equiv 1935.78 \equiv$

242 交點月 $\equiv 1935.31 \equiv$

223 朔望月 $\equiv 1935.32 \equiv$

由以上三式的關係就可以知道日月是以 6585 日的周期，對於同一交點成同樣的位置；就是每 6585 日有同樣的日食發生。這 6585 日即 18 年 11 日的周期叫做沙羅周期 (Saros cycle)。一個沙羅周期的食數約 70 次，其中日食 41 次，月食

29次；日食中，偏食14次，環食17次，全食10次。

29. 掩星

太陰走到地球和恆星的中間，恆星爲太陰所遮蔽的現象叫做月掩星（Occultation）。這種現象的觀測，可以決定太陰的位置。月掩行星或衛星的時侯甚少。

行星掩蔽其衛星或恆星的時侯，以及衛星掩蔽恆星的時侯，在廣義上當然也叫做掩星；但是機會很少。至於木星掩蔽它的衛星的現象則常常發生，叫做木掩衛星的現象；由這種的觀測可以決定木星和衛星的位置還可以研究他們的蒙氣。

問題

1. 日月食的原理如何？
2. 全食五象是什麼意義？
3. 日月食何以必在朔望？朔望何以未必有日月食？

4. 環食是怎樣發生的？
5. 一年中日月食約有幾次？
6. 什麼叫做沙羅周期？在這周期內有多少日月食。
7. 什麼叫做月掩星？
8. 觀測日全食有什麼價值？

第八章 天文學的實用

30. 時 天文學上通常所用的時 (Time), 共有三種; 就是視時 (Apparent time)、平時 (Mean time) 和恆星時 (Sidereal time)。時的天然單位爲日 (Day), 是天體兩次通過同一子午圈所歷的時間。一日的二十四分之一叫做時 (Hour), 一時的六十分之一叫做分 (Minute), 一分的六十分之一叫做秒 (Second)。

太陽兩次通過同一子午圈所歷的時間, 是太陽視位置所經過的時間, 叫做視太陽日 (Apparent solar day); 二十四分之, 得視太陽時, 或簡稱曰視時。因爲地球繞日公轉的軌道是一個橢圓, 它們的距離常有變化; 黃赤交角也常有變動, 所以太陽行度每日不同, 而視太陽日遂長短不齊, 非常不便。

天文家把周年視太陽日的實數而平均之, 叫做平太陽日 (Mean solar

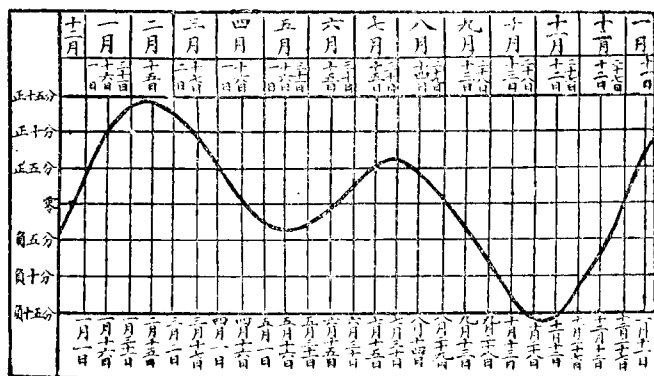
(*Mean Time*)二十四分之，得平太陽時，或簡稱曰平時，就是假設有一個天體，叫做平太陽 (*Mean Sun*)；這個平太陽和真太陽同時由春分點出發，過了一年又同時回到春分點，但是真太陽是在黃道上運行，每天的速度也不一樣；而這平太陽則在赤道上運行，每天的速度都是相等的。這個假想的平太陽兩次經過同一子午圈所需要的時間，就是平太陽日。我們平常所用的鐘錶上的時刻，就是平時。平太陽和視太陽相沖的時角，叫做時差 (*Equation of Time*)；就是平時和視時的差，即

時差 = 平時 - 視時

平時 = 視時 + 時差

視時和平時，都是以太陽為主，所以合稱做太陽時 (*Solar time*)。它們又有地方時 (*Local time*) 和標準時 (*Standard time*) 的區別。

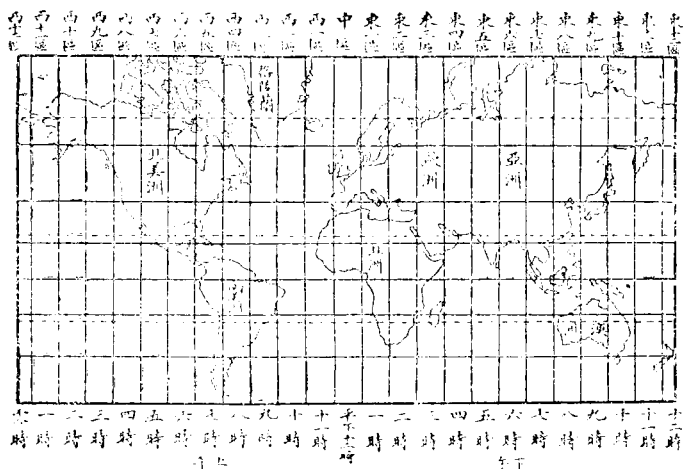
某地方根據太陽推測所得的平時或視時，叫做該地方的地方時。地球向



第三十二圖 時差曲綫

凡某日曲綫在零點橫綫之上，應於視時加時差，則得平時；
 凡某日曲綫在零點橫綫之下，應於視時減時差，則得平時。

東自轉，在東邊的地方，先看見太陽，所以它的地方時較早；在西邊的地方，看見太陽在後，所以地方時較遲。地方時是隨地方而不同，甚為不便，所以就有標準時的規定。現今全世界都是以英國格林維基天文臺子午儀所在的子午圈為中綫，用經圈平分地球為二十四區，叫做標準時區；各區遞差一小時，凡在同區地方，都用本區中綫的時刻為標準。所以每區中只有中綫所經過的地方，標準時和地方時才相吻合，其他



第三十三圖 世界標準時區

各地都不相同。

我國地方廣大，西自東經七十二度起，東至東經一百三十五度，絕對不能只用一個標準時。現在所決定的標準時，分爲五區，即

- (一) 中原時區 以東經
- (二) 度經綫的時刻爲標準。
- (三) 隴蜀時區 以東經
- (四) 度經綫的時刻爲標準。
- (五) 回藏時區 以東經
- (六) 度經綫的時刻爲標準。

一致，秋分日則在夜半；就是每日約早四分。

平常所用的民用時(Civil time)是從夜半子正算起，而天文時(Astronomical time)則從平太陽時的正午算起；但自1925年1月1日起，天文日改和民用日一致，也從夜半子正算起，從0時計算到24時止，沒有上午和下午的區別。

又在東經西經180度的地方，設立一個日界綫(Date line)；凡由西東行的時候，經過這綫後，仍用前一日日期，由東向西行的時候，則消去一日。因為地球是圓形，什麼地方應該為日的限界，是沒有一定的標準，所以國際才有這個日界綫的協定。

31. 曆 (Calendar) 是計算連續的年月的方方式；計算的方法，都是以天體的運動為根本原理。曆的要素是日、月、年。曆上所用的日，是平太陽日，就是平太陽兩次通過同一子午圈所歷的時間；也就是地球對於太陽相對的一自

轉的時間，按晝夜的區別來決定。

曆上所用的月 (Month) 從前是朔望月，就是 29 日 12 時 44 分 2.9 秒；以這個長度爲一月的原則所成的曆叫做太陰曆 (Lunar calendar)。至於現今陽曆所稱的月，不過使用月的名稱而已，就是把一年分爲十二個月，每月的日數也長短不齊。

曆上所用的年 (Year) 是回歸年 (Tropical year)，就是太陽繼續兩次通過春分點所歷的時間；它的長度是 365 日 5 時 48 分 46 秒。以這個長度爲一年的原則所成的曆，叫做太陽曆 (Solar calendar)。其他還有恆星年 (Sidereal year) 和近點年 (Anomalistic year) 兩種，但曆上都不用它們作爲年的長度。恆星年是地球完全一回轉太陽周圍所需的時間，凡 365 日 6 時 9 分 9 秒；近點年是地球繼續兩次通過近日點所需的時間，比恆星年約長 4 分 45 秒。因爲春分點的移動，所以回歸年比恆星年短。

太陽曆中，古代以儒略曆 (Julian calendar) 爲最有名；這曆從紀元前四十六年開始使用，一年分爲 365 日，每四年置一閏日，改爲 366 日。現行國曆就是格里曆 (Gregorian calendar)，是 1582 年格里十三世改正儒略曆的太陽曆；這曆的規定是：

『一年分爲十二個月；一、三、五、七、八、十、十二等月各三十一日，四、六、九、十一月各三十日；平年二月二十八日，閏年二十九日。凡紀元年數是四的倍數的年是爲閏年，但一百的倍數是平年，四百的倍數又爲閏年。』

這種格里曆和太陽的運行正相符合，每三千年差一日，所以算作太陽曆中最合乎天象的曆法。但是每月日數不整齊，每季日數也不等，星期也沒有一定；所以近年來常常有改曆的提議。在改曆案中，以十三月曆和世界曆最占勢力。十三月曆是以一年爲十三個月，每月四星期，凡二十八日；每年加一空日，置於年末，不計算在星期和月內；閏年則在六月和七月之間，加一閏日，也不計在

星期和月內，世界曆是以一年爲四季，每季三個月，各31, 30, 30日；每年加一年終日置於年末，不計在月內和星期內；閏年加一閏年日，也不計在月內和星期內。至於置閏的方法都和格里曆相同。

我國從來所用的舊曆，雖然叫做陰曆，實際是一種太陰陽曆；因爲計算月日的方法，是根據太陽和太陰的運動來規定，就是按太陰的運行，平均以二十九日半爲一個月；但爲和太陽的位置相符合起見，每十九年又置七個閏月。

我國曆書上所載的節氣，也是按着太陽的位置來決定；所以改用陽曆以後，每年節氣日期差不多是一定不變。現在把節氣的名稱，相當的太陽黃經度，和現行曆法的大概日期列表於下：

節氣 太陽黃經度 現行曆日期

小寒 295° 1月 6日左右

大寒	300	1	21	左右
立春	315	2	5	左右
雨水	330	2	20	左右
驚蟄	345	3	6	左右
春分	0	3	21	左右
清明	15	4	5	左右
穀雨	30	4	20	左右
立夏	45	5	6	左右
小滿	60	5	21	左右
芒種	75	6	6	左右
夏至	90	6	21	左右
小暑	105	7	7	左右

大暑	120	7	15	左右
立秋	135	8	7	左右
處暑	150	8	23	左右
白露	165	9	8	左右
秋分	180	9	15	左右
寒露	195	10	5	左右
霜降	210	10	23	左右
立冬	225	11	7	左右
小雪	240	11	15	左右
大雪	255	12	7	左右
冬至	270	12	22	左右

所謂二十四節氣，實際是中氣和節氣的合稱；就是自冬至起，每隔三十度

遇一中氣，自小寒起每隔三十度遇一節氣。

我國舊曆上還有伏、社、黃霧、三時和九九等名稱。凡立春後第五戌日爲春社，立秋後第五戌日爲秋社。夏至後第三庚日爲初伏，第四庚日爲中伏，立秋後第一庚日爲末伏。入霽日期則隨地而異，南京地方大概以芒種後第一壬日起。凡二十日三時由夏至日起凡十五日；九九則由冬至日起凡八十一日。

曆上的紀日方法，可以分爲三種，就是干支、星期和儒略日（Julian Day）。星期是七日一周，按日月火水木金的次序排列下去；干支是按十干十二支配列，六十日而一周，這些都是歷史上所遺傳。儒略日是由西曆紀元前451年（天文家作爲1252年）年儒略曆一月一日的正午（12時）起算，繼續不斷順數而下，直至本日午正的日數；天文上的觀測多用這種的紀日法。

32. 方位的測定

測定南北綫的方法，最簡單是利用日影；就是在子午圈東西等長的時刻，測定日影方向，這兩個方向間所成的角度的二等分綫，就

是南北綫的大概方向。這種方法，最多只能確定到一度的十分之一。

比較精密的測定，是用經緯儀 (Theodolite) 測定北極星的方法。這個方法須用立成表和公式來計算。

33. 經度的測定 地球一恆星時約自轉十五度，所以經度相差十五度的地方，恆星時差一小時。所以若知道二地點的恆星時的差，就可以知道它們的經度差。

從前測定經度的方法，是將指示已知經度的某地方的恆星時的計時錶，帶到要測定經度的地方去。這計時錶的每日變差當然要事先知道的；並且要多帶幾個，才能準確。在要測定經度的地方，用太陽或恆星的觀測來決定該地方的地方時；這個時刻和計時錶的時刻的差，就是兩地方的經度差。

自從無線電發達以後，就不用計時錶運搬的方法，只要用無線電報時和授時，就可以比較兩地方的時刻的差，而求知它們的經度差。

不用恆星時，用平太陽時來改算也可以。

34. 緯度的測定 測定某地方緯度的方法，最簡單的有兩種。

一個是利用拱極星 (Circumpolar stars) 的方法。因為某地方的天文緯度是和極的高度相等，所以測定極的高度，就可以知道某地方的天文緯度，但是極的位置沒有天體的存在，所以要利用極的附近的天體就是拱極星來間接計算極的高度。拱極星在極的上下兩次通過子午圈；在這時候測定它的高度，加以蒙氣差的訂正，平均二個高度的結果，就得極的高度，也就是某地方的天文緯度。

還有一個方法是觀測天體通過子午圈時候的地平緯度，我們可以從下列兩個公式，求出地方的緯度。

天體在天頂的南方： 緯度 = 90° + 赤緯 - 地平緯度

天體在天頂的北方： 緯度 = 赤緯 + 地平緯度 - 90°

他如觀測緯度變移等，要非常精密的結果，則用天頂儀 (Zenith telescope) 觀測稍爲複雜。

問題

1. 什麼叫做平時？什麼叫做恆星時？
2. 時差是什麼意義？
3. 標準時是什麼意義？
4. 南京地方三時的時候，西藏西部地方是幾時？
5. 春分日恆星時零時，太陽時幾時？
6. 年有幾種？述它們的意義。
7. 現行國曆是什麼曆？它的規定是怎樣？
8. 繪圖說明利用日影測定南北綫的方法？
9. 測定經度的原理是什麼？

10. 繪圖說明測定緯度的公式。

第九章 行星

35. 總說

因爲太陽引力的作用，運行於太陽周圍的天體，總稱爲太陽系 (Solar system)。太陽系的天體，除了太陽和水星 (Mercury)、金星 (Venus)、地球、火星 (Mars)、木星 (Jupiter)、土星 (Saturn)、天王星 (Uranus)、海王星 (Neptune)、冥王星 (Pluto) 等大行星之外，還有小行星 (Asteroids; Minor planets)、彗星、流星等等。至於環繞行星周圍而運行的衛星以及黃道光 (Zodiacal light) 和對日照 (Counterflow; Gegenstrom) 等，廣義上也算是太陽系的天體。太陽系在銀河宇宙的中心附近，每秒約二十公里的速度隨着太陽向空間太陽頂點方向直進。

九大行星、小行星和衛星，又總稱爲行星系 (Planetary system)。大行星中，軌道在地球軌道的內側者，叫做內行星 (Inferior planets)；在地球軌道的外

側者，叫做外行星 (Superior planets) 除了水星和金星是內行星外，其餘各行星都是外行星。

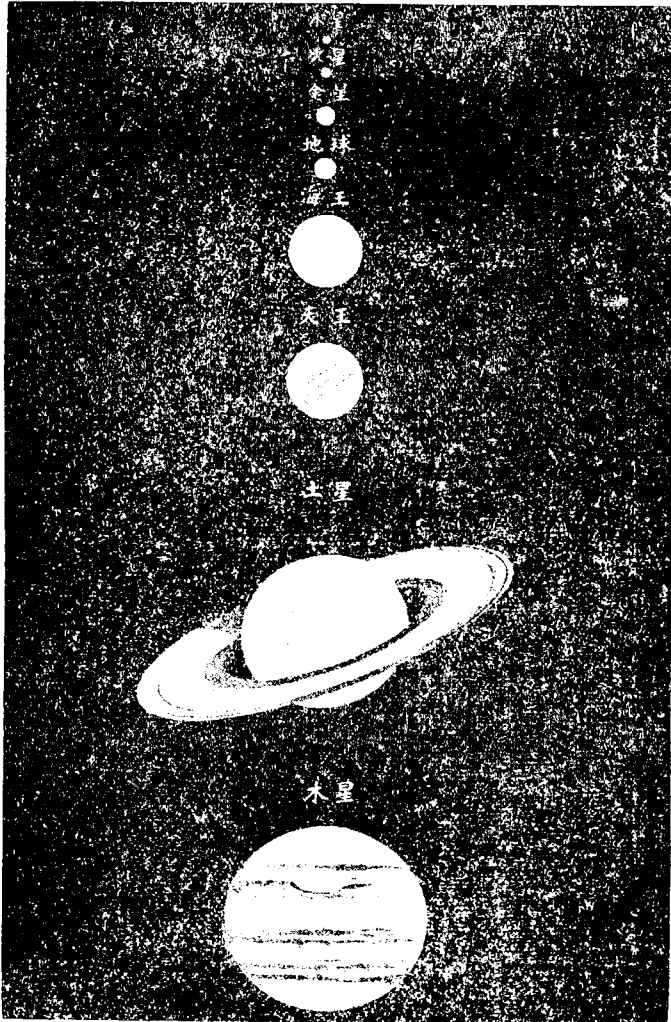
行星和太陽的距離，平常都是用天文單位來表示。關於它們的距離，可以用波特定律 (Bode's Law) 來表示；這定律是一個級數，就是先設一數 (0^1) ，後設一數 (3^1) ，其後再設各數為前數的 2 倍；把各數都加上 (4^1) ，所得的結果，就是各行星和太陽距離的比。就是

0	3	6	12	24	48	96	192	384
4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	7	10	16	28	52	100	196	388

現在把各行星的實際距離和波特定律的距離各列於下：

行星	水	金	地	火	小行星	木	土	天王	海王
實際距離	0.387	0.723	1.000	1.524	1.5-5.2	5.203	9.539	19.191	30.091

第三十五圖 大行星積量大小的比較



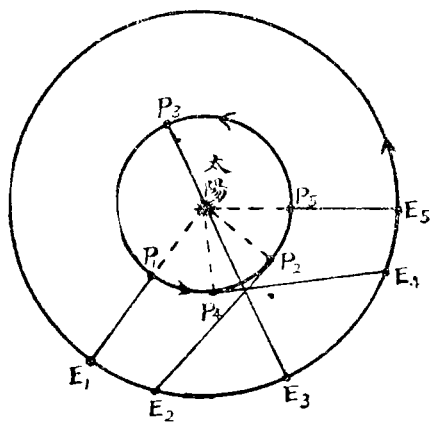
波特定律 0.4 0.7 1.0 1.6 2.8 5.2 10.0 19.6 38.8

由上表可以知道天王星以前，都相符合，海王星相差甚遠，最近發見的冥王星，相差也甚遠。

行星是公轉於太陽的周圍，但從地球看過去，它們在天球上的視運動，內

行星和外行星各不相同。

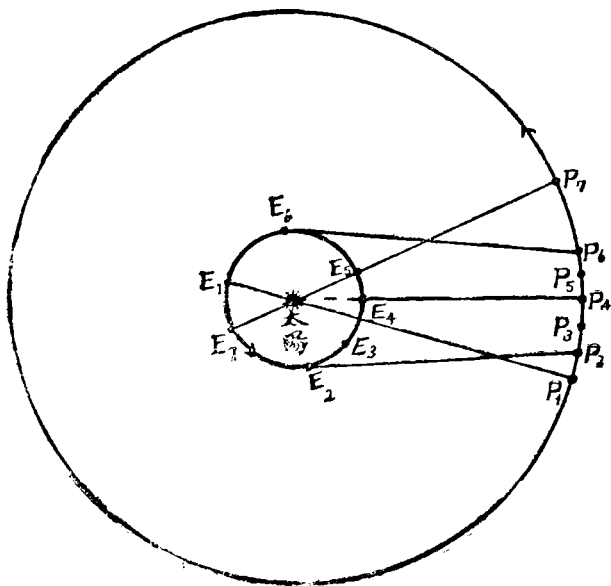
就第三十六圖來說，假設大圓為地球的軌道，小圓為內行星的軌道，中心為太陽，當行星在 P_1 ，地球在 E_1 的時候，叫做下合 (Inferior conjunction) 其次在 E_2P_2 的位置，叫做西大距 (Inferior western elongation)，在 E_3P_3 的位置，叫做上合 (Superior conjunction)。



第三十六圖 內行星的運行

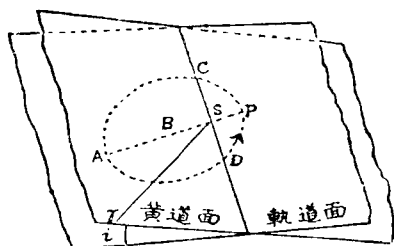
tion) E_4P_4 的位置叫做東大距 (nearest eastern elongation); 到了 E_5P_5 的位置又爲下合。內行星的運行，是按這個次序而反覆；自地球看過去，似乎以太陽爲中心向東西移動的樣子。地球上行星的視運動，是以太陽中心運動和太陽自身在黃道上運行相合的結果，所以頗爲複雜。

外行星的運行，和內行星略有不同。於第三十七圖，最初地球在 E_1 ，行星在 P_1 的時候，叫做合 (Conjunction)。其後行星漸漸向東走，到了 E_2P_2 的位置，是爲方照 (Quadrature)；再向東行，走到 E_3P_3 以後，地球軌道和行星軌道相平行，而地球速度大，所以行星開始向西走。在 E_4P_4 的位置，行星的視運動變方向，似乎不動，叫做留 (Stationary point)；到了 E_5P_5 的位置叫做衝 (Opposition)。走到 E_6P_6 又留而不動，其後再向東方運行。經過 E_7P_7 的方照，再到 E_8P_8 的合。行星向東的運行叫做順行 (Direct motion)；向西的運行，叫做逆行 (Retregrade motion)。



第三十七圖 外行星的運行

關於行星的運行，有三個定律，叫做刻卜爾定律 (Kepler's Law) 就是 (一) 行星的路綫是橢圓形，太陽就在橢圓軌道中的一個焦點上。(二) 連結行星和太陽間的直綫，在相等時間之內，拂過相等的面積。(三) 各行星軌道半徑立方和行星循行軌道的周期的平方成正比。



第三十八圖 軌道根數

行星的軌道面差不多是圓形，偏心率 (Eccentricity) 以金星為最小，僅

0.007，水星最大，達 0.206。設行星軌道的長軸半徑

為 a ，極軸半徑為 b ，則偏心率為 $\sqrt{a^2 - b^2} / a$ 。

決定軌道，要知道七個要素，叫做軌道根數 (Elements of the orbit)。於第三十八圖中，設兩個相交

的平面為黃道面和行星的軌道面，則交綫 (CD) 叫做交點綫 (Line of nodes)。設圖中橢圓為軌道，矢的方向

向為公轉的方向，則 D 點叫做昇交點 (Ascending

node)，C 點叫做降交點 (Descending node)。設 S 為

太陽， BP 為長徑， B 為橢圓中心， P 為近日點， A 為遠日點， ST 為春分點方向，兩平面的交角為 i ，則軌道根數為

(1) 軌道半長徑 $a = BP$ 。

- (2) 偏心率 e .
- (3) 軌道交角 i .
- (4) 元期平均黃經 ω ; 某一定時刻的行星位置.
- (5) 近日點黃經 $\epsilon = \angle YSP$.
- (6) 昇交點黃經 $\Omega = \angle Y'PD$.
- (7) 恆星公轉周期 T .

要決定軌道根數, 最少須測定三次的赤經和赤緯.

關於日月行星和衛星的常數, 如下表所示:

日月行星常數

星名	符號	徑		直徑	公 里	徑	計 算 者	質量 (太陽=1)	
		單位距離	平均距離					1÷	10+Log.
太陽	☉	959.63	932.58	1391000	864000		Anwers		10.000000
太陰	☾	2.40	5.45	3476	2160		Newcomb	27158000.	2.566099
水星	♁	3.34	30.40	4800	3000		Le Verrier	9000000.	3.045757
金星	♁	8.41		12200	7600		Anwers	403490.	4.394167
地球	♁	8.80		12757	7927		Hayford	329390.	4.482290
		8.77		12714	7900				
火星	♂	4.68	8.94	6800	4200		Hartwig	3098500.	3.509550
		98.47	23.43	142700	88700				
木星	♃	91.91	21.87	133200	82800		Sampson	1047.35	6.979908
		83.33	9.76	120800	75100				
土星	♄	74.75	8.73	108100	67200		Struve	3501.6	6.455733
		34.28	1.88	49700	30900				
天王星	♅	36.56	1.26	53000	33000		(Mean)	22869.	5.640753
海王星	♆			53000	33000		Barraud	19314.	5.714128
冥王星	♇	6.-9.?		6000?	3700?			3293900.	3.482290

星名	地球=1						恆星週期		朝面轉週期	
	密度	直徑	質量	密度	表面積	體積	表面電力	平均日		年
太陽	1.41	109.	333434	0.26	11900	1300000	28.0	27.32	0.075	11時 25分 18秒
太陽	3.31	0.272	0.0123	0.60	0.074	0.0203	0.16	87.97	0.24	27分 7秒 13
金星	3.73	0.38	0.037	0.68	0.14	0.055	0.26	221.70	0.62	88
金星	5.21	0.36	0.826	0.94	0.91	0.876	0.90			225
地球	5.58	1.000	1.000	1.00	1.00	1.000	1.00	365.26	1.00	23 56 4
地球	3.95	0.997	0.108	0.71	0.28	0.151	0.38	686.97	1.88	24 37 23
木星	1.34	11.2	318.4	0.24	12.0	1312	2.64	4332.58	11.86	9 55 11
木星	0.69	10.4	95.2	0.12	84.	763	2.67			
土星	1.36	8.5	14.6	0.25	15.	59	1.13	10759.2	29.46	10 14 11
天王星	1.33	3.9	17.3	0.21	17.	72	0.96	30885.9	84.02	10 45 11
海王星	5.52	4.2	0.12	1.00	0.18	0.104	1.00	60187.6	164.79	?
冥王星		0.4717	0.12				?	103660	284.00	?

衛星常數

星名	星等	距離 (哩)	恆星週 日時分秒	離心率	直徑 質景 (以行星為單位)	發見者	發見日期 年月日
地球							
太陰	-12.5	238810	27 7 43 11.5	0.05490	1/81.45		
火星							
1 Phobos	14	5860	0 7 39 27	0.0170		Asaph Hall	1877 8 17
2 Deimos	13	14650	1 6 21 16	0.0031		Asaph Hall	1877 8 11

木 星

1 Io	6.5	261000	1	18 25	36 0.0000	2109	1/22240	Galileo	1610	1 7
2 Europa	6.5	413000	3	1 17	54 0.0003	1865	1/39430	Galileo	1610	1 8
3 Ganymede	6	661000	7	3 59	36 0.0015	3273	1/12820	Galileo	1610	1 7
4 Callisto	7	1167000	16	18 5	7 0.0075	3142	1/22200	Galileo	1610	1 7
5	13	112500		11 57	28 0.0028			Barnard	1892	9 5
6	14	7372000	236	0	0.1550			Perrine	1904	12
7	16	7567900	276	16	0.2073			Perrine	1905	1
8	17	15600900	631.2		0.38			Melotte	1908	1
9	19	15900000	636		0.215	11-17		Nicholson	1914	7

土 星

1 Mimas	15	117000		22 37	12 0.0190	370	1/16340000	W. Herschel	1789	7 18
2 Enceladus	14	157000	1	8 53	22 0.0046	460	1/4000000	W. Herschel	1789	8 29
3 Tethys	11	186000	1	21 18	55 0.0000	750	1/921500	J. D. Cassini	1684	3 21
4 Dione	11	238000	2	17 42	10 0.0020	900	1/536000	J. D. Cassini	1684	3 21
5 Rhea	10	332000	4	12 27	56 0.0009	1150	1/250000	J. D. Cassini	1672	12 23
6 Titan	9	771000	15	23 15	25 0.0286	3550	1/4700	Huygens	1655	3 25
7 Hyperion	15	931000		7 39	6 0.119		<1/4500000	G. P. Bond	1848	9 16
8 Iapetus	14	2225000	79	22 4	56 0.019		<1/100000	J. D. Cassini	1671	10 25
9 Phoebe	17	8090000	273		0.1659			W. H. Pickering	1898	

天 王 星

1 Ariel	15	120000	2	12 29	400,007	Lassell	1851 10 24
2 Umbriel	16	167000	4	3 28	250,008	Lassell	1851 10 24
3 Titania	13	273000	8	17 0	0.0,0023	W. Herschel	1787 1 11
4 Oberon	14	365000	13	11 15	369,0010	W. Herschel	1787 1 11

海 王 星

1 Triton	13	221500	5	21 3	270,000	Lassell	1846 10 10
----------	----	--------	---	------	---------	---------	------------

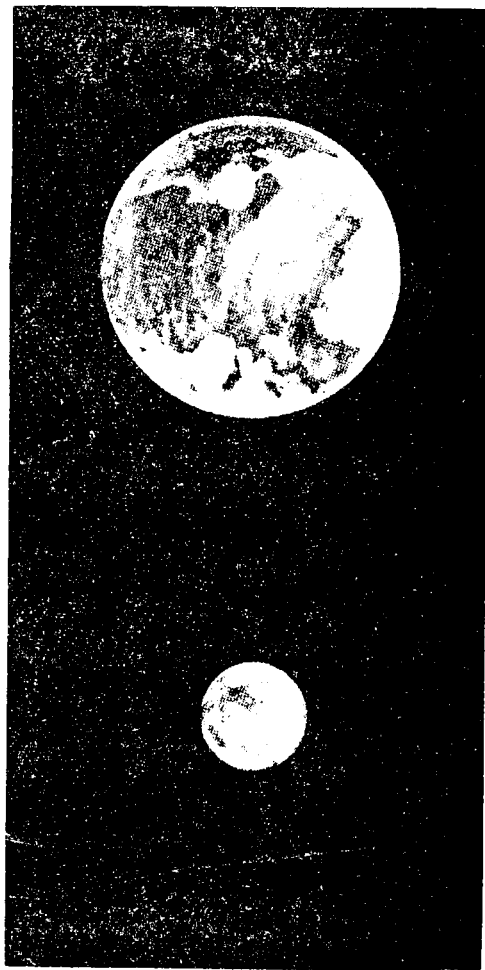
36. 水星 為最近太陽的行星,平均距離 3787 萬公里,軌道偏心率 0.

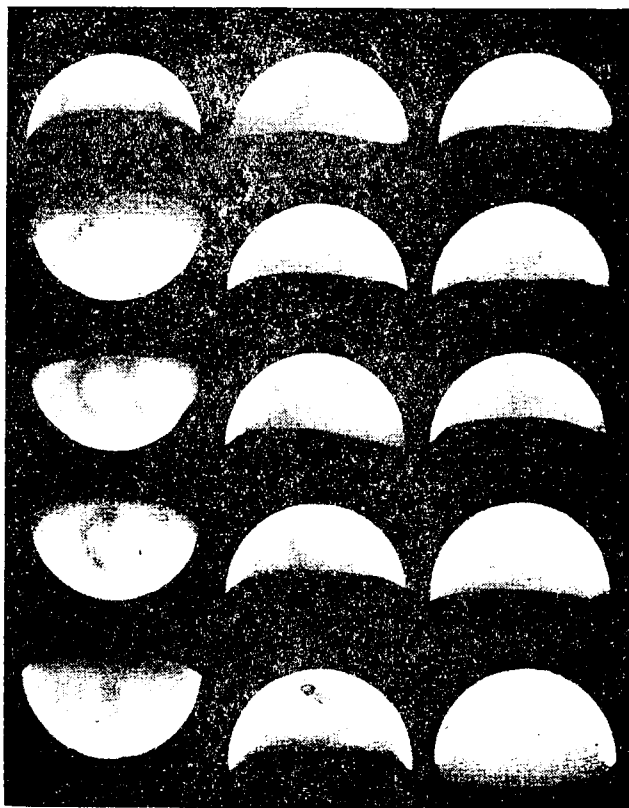
20552, 交角 7 度 0.2 分,赤道半徑 2421 公里,扁率零,體積約為地球的二十分之一,比重 5.29,和地球略相等,反照率 0.07,比月亮稍大,所以水星表面大概沒有蒙氣和水,表面溫度約 300°C.

所得的視象。

水星和月亮一樣，也有盈虧的現象；第四十圖是從1911年到1912年實測

第三十九圖 水星(右)和地球(左)的體積比較





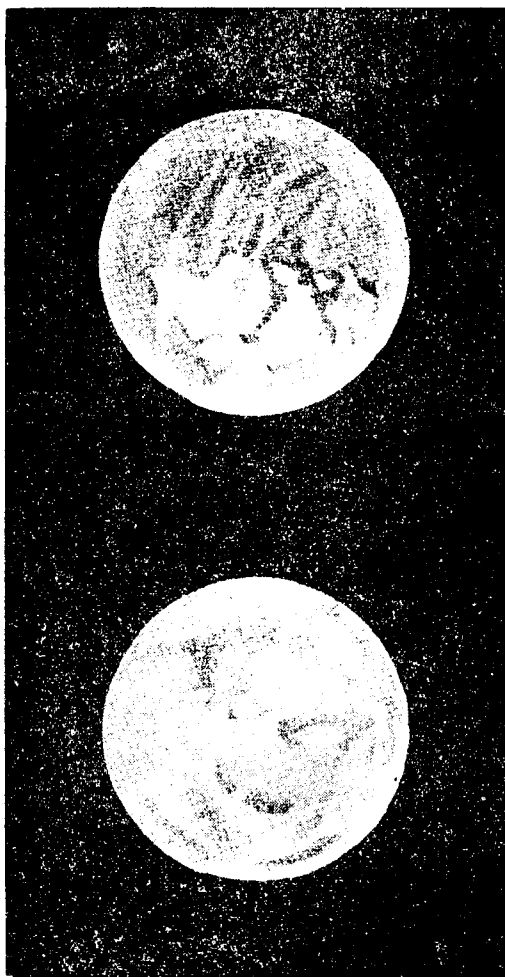
第四十圖 水星變象

水星常常通過太陽面，叫做水星凌日 (Transit of mercury)；這時候太陽面上約呈直徑 $1\frac{1}{2}$ 的小黑點，所以肉眼看不見。凌日時非在五月，就是十一月。

水星的近日點，每世紀向東移動 $574''$ ，因為其他行星攝動的影響者約 $532''$ ，其他 $42''$ 可由愛因斯坦的相對論證明之。

37. 金星 內行星的一個，我國叫做太白星和太陽的平均距離是 0.723 天文單位；公轉周期 224.7 日；偏心率 0.007 ，所以和圓差不多。和地球的會合周期為 584 日，半期現在早曉，我國叫做啓明星；半期現在夕晚，我國叫做長庚星。下合前後三十餘日起為最大距離，太陽達四十五度以上。光度很強，為負四等，白天肉眼也可以看見。

金星直徑為地球的百分之九十七，下合附近，視半徑達六十秒以上。全質量也和地球相近似，密度為水的五倍。金星的自轉周期有種種的學說；因為表



第四十一圖 金星(上)和地球(下)照度的比較

面的斑點不甚顯明，所以沒有確實的結果。表面反照率為0.76，差不多和雲的反照率相似，所以金星周圍有濃厚的蒙氣；現在確知其有水蒸氣存在。

金星和太陰一樣，也有弦望晦朔，視象對徑變動甚大，面上形勢，非常渾茫。第四十二圖是最明顯的兩個繪象。



第四十二圖 金星形勢

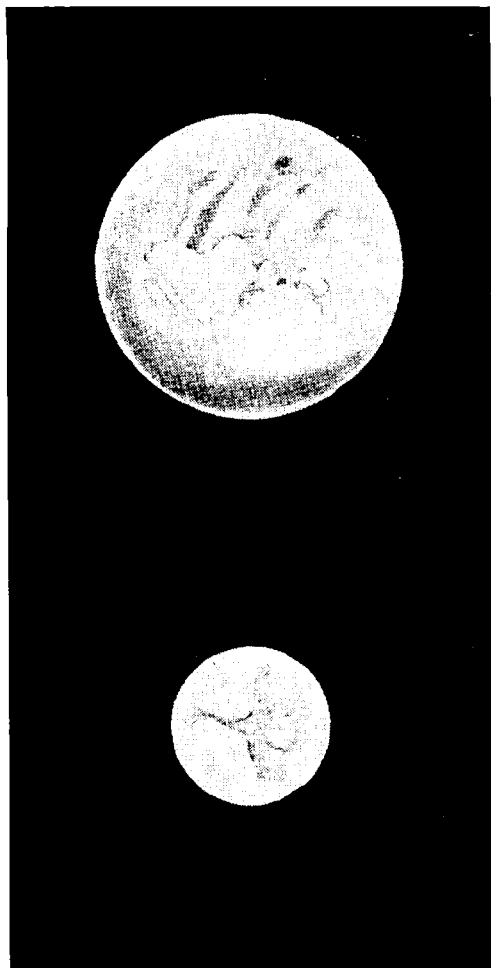
金星和水星一樣，也有通過太陽面的時候；就是當太陽、金星、地球在一直綫上的時候，我們就看見太陽面上有金星的黑點，這叫做金星凌日（*Transit of Venus*）。每 76 年發生四次，必在六月初和十二月初的時候。觀測金星凌日，可以計算太陽視差，所以自 1761 年以來，天文家都熱心觀測這種現象。

38 火星 我國叫做熒惑。在地球外側的行星，和太陽的平均距離爲 1.52 天文單位；公轉周期 687 日。軌道偏心率 0.093，和黃道面相交成 1 度 51 分。火星直徑僅爲地球的三分之一；質量爲地球的九分之一，所以平均密度約爲水的四倍。

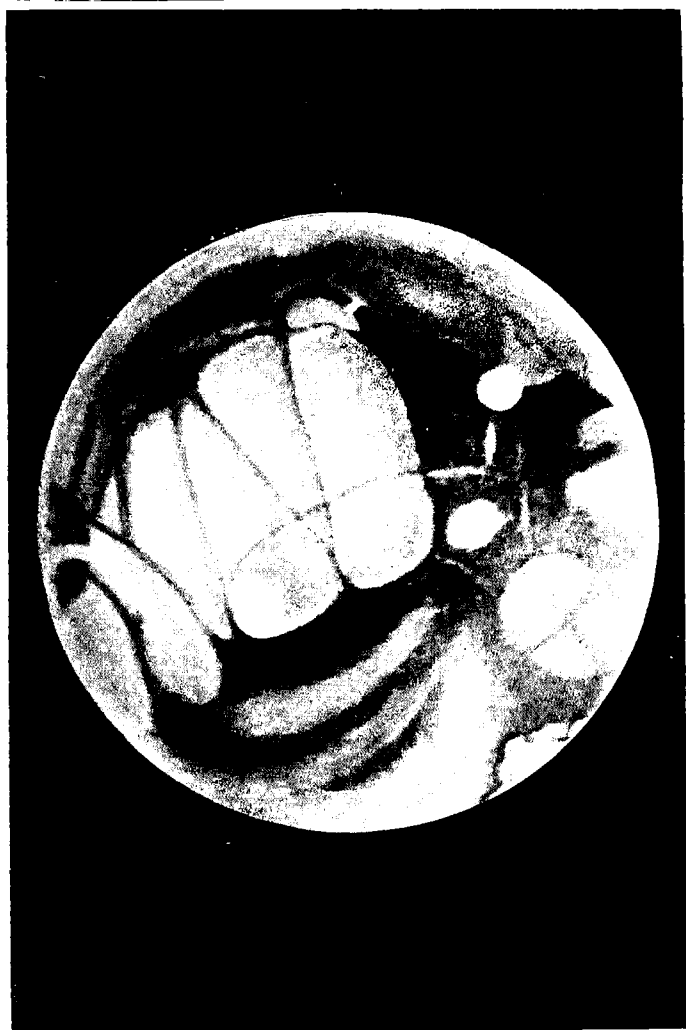
火星的自轉周期爲 24 時 37 分。表面略有蒙氣。用遠鏡看它，知道南北兩極附近有白色的部分，叫做極冠（*Polar caps*）。這和地球極地附近的凍冰部分相當；夏天這部分的面積漸漸減少，大概因爲溶化的原故。

除了極冠白色以外，其他部分都係赤褐色，上面有暗綠色的斑點和綫條，

這綫條係1877年斯基阿巴累利(Schiaparelli)所發見，叫做運河(Canals)；其後洛威爾(Lowell)和彼刻林(Pickering)發見這種綫條甚多。現在關於火星

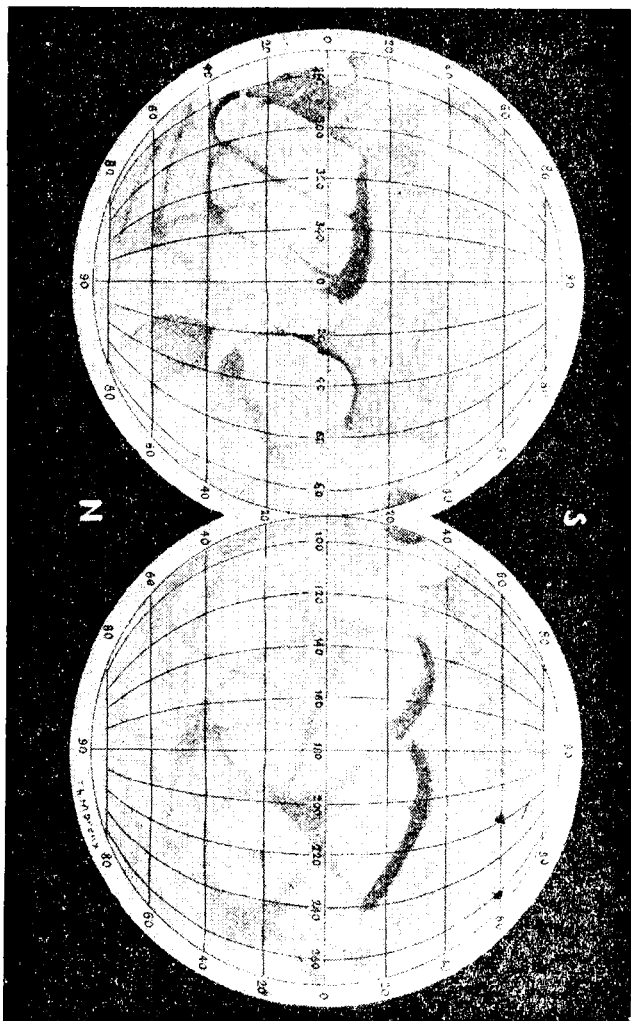


第四十三圖 火星(右)和地球(左)繪圖的比較



第四十四圖 火星視象

第四十五圖 火星圖 1905年至1924年按觀測所繪的圖



表面的輿圖，知道很清楚。

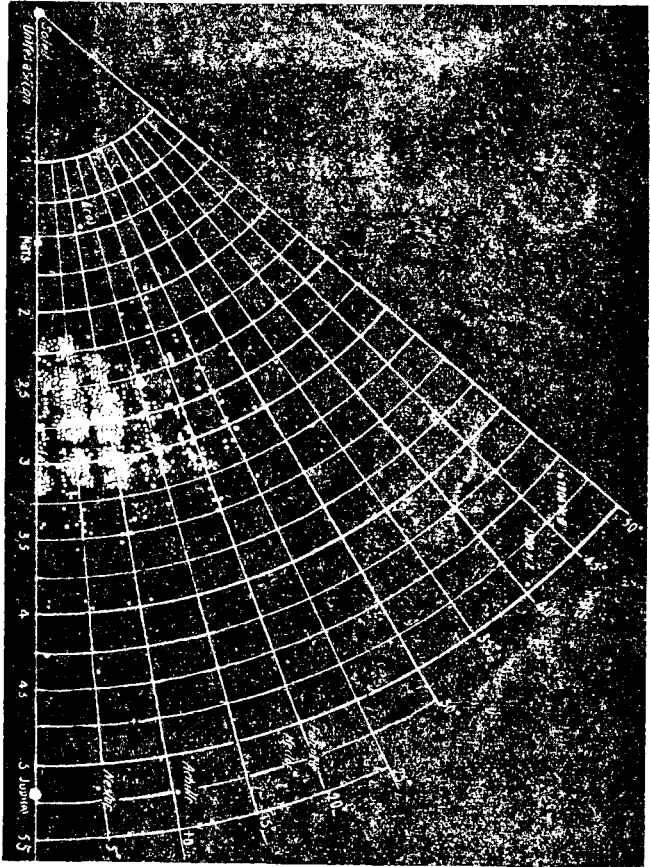
火星表面因爲有蒙氣的原故，所以所攝的相片，都不能爲詳細的研究；近來用紅外線攝影，稍能爲充分的考察。

因爲軌道偏心率的关系，每十五年非常接近地球一次，最近距離可達五千萬公里；所以爲情形知道最清楚的天體。表面溫度大概在攝氏冰點前後，白天赤道附近約達十度；極冠溫度約在零下七十度。

火星有兩個衛星。第一衛星的公轉速度比火星的自轉速度快，所以自火星看過去，是一個西昇東沒的月亮。

39. 小行星

軌道在火星和木星中間的行星，質量都是微小，總稱曰小行星。按波特定律，在火星和木星之間，應該還有行星存在，果然於1801年1月1日彼阿齊（Piazzi）發見第一號小行星（Ceres）；現在已經知道小行星的數目在一千五百個左右。小行星體積小而光度弱，所以不能爲充分的觀測。



距離表示小行星距太陽的遠近，斜線表示小行星軌道和黃道的交角。

第四十六圖 小行星宮座的區域

十九世紀末巴納 (Barnard) 測定第一號小行星的直徑爲 $1'13''$ 即 168 公里；第二號小行星 (Pallas) 爲 $0'16''$ 即 489 公里，第三號小行星 (Juno) 爲 $0'18''$ 即 193 公里，第四號小行星 (Vesta) 爲 $0'153''$ 即 385 公里。假定小行星的平均反照率和火星相等，則它們的全質量約只有地球的千分之一。

小行星因爲自轉而變光；這是以二十世紀初葉俄波爾則 (Oppolzer) 所發見第 433 號小行星 (Tros) 的變光爲最早。

小行星軌道的形狀常常受木星和土星等引力作用，發生攝動，遂分爲數羣；例如希爾達羣 (Hilda group)、圖勒羣 (Thule group)、脫羅央羣 (Trojan group) 等等。

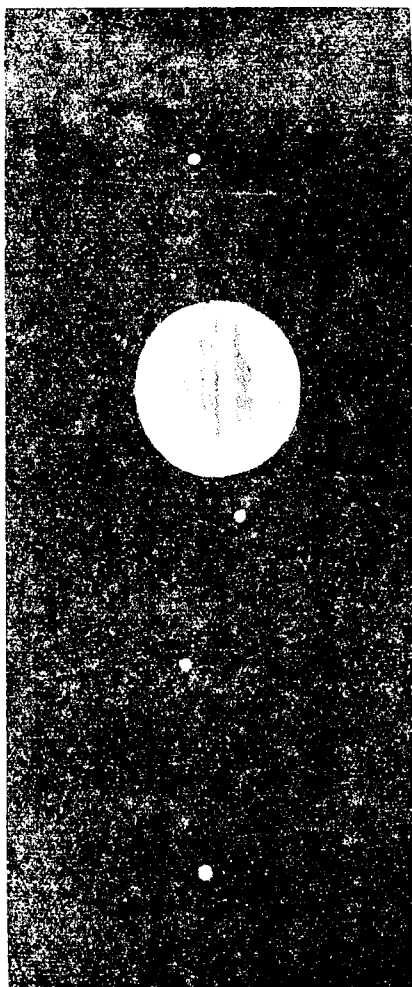
最初所發見的小行星，都是用神話和其他的名稱；後來發見日多，就改用新方法。就是自 1923 年起，將英文字母中除 I 和 Z 二字以外，每月分配二字，其右側再以英文字母（除 I 字）順次紀之。例如 1936 年 1 月前半（十五日止）

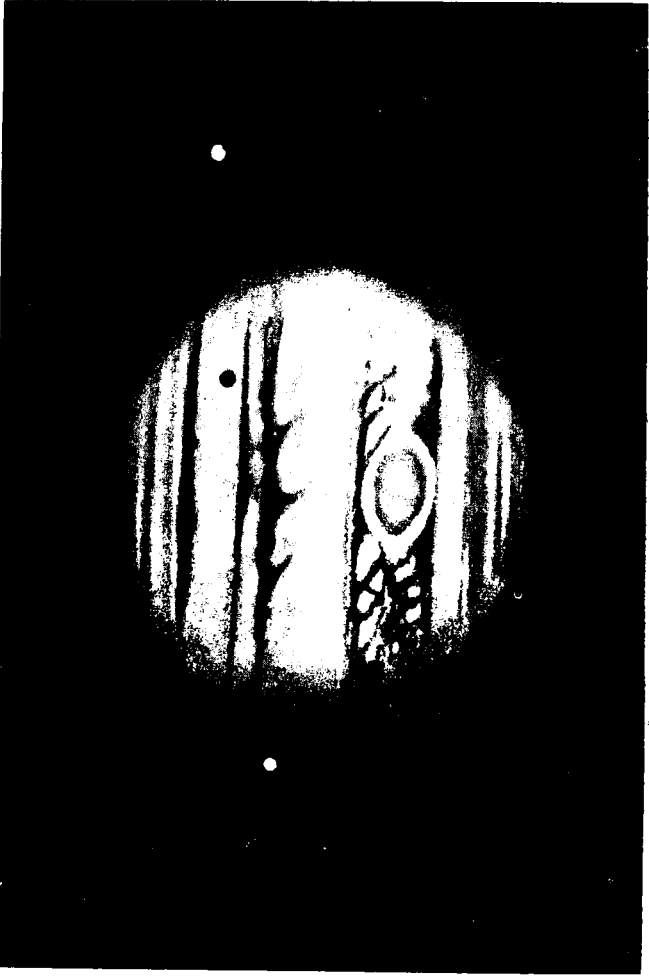
所發見的，順次紀爲 1938AA, 1938AB, ……；後半（十六日起）所發見的，順次紀爲 1938BA, 1938BB, ……；一月前半則爲 1938CA, 1938CB, ……；後半爲 1938DA, 1938DB, ……；若經充分的觀測，精密計算其軌道，確定牠是新小行星以後，就用包有括弧的數字表之，例如 1920 HZ 則以 (914) 表之；括弧中的數字，是表示第幾次發見的小行星。

40. 木星 我國古代叫做歲星，太陽系中最大的行星，軌道長半徑爲 5.203 天文單位，公轉周期 11.862 年，平均直徑 139560 公里，約爲太陽的十分之一，地球的十一倍，質量約爲地球三百十七倍，比重 1.33，自轉不及十小時，扁率頗大，爲 15.4 分之一，表面重力爲地球 2.61 倍，反照率 0.41，自地球所看的視直徑爲 $30''$ 乃至 $50''$ ，在衝的位置，光度爲負 2.93 等。

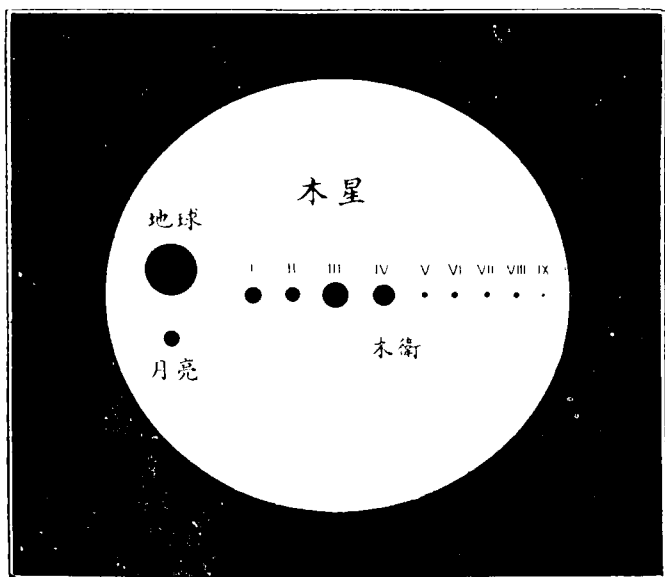
木星表面有帶狀的條紋，這大概是木星表面上的雲彩，它的表面狀態似乎略有變化，1577 年木星表面有赤色的大斑點叫做大赤點 (Great red spot)

第四十七圖 木星和它的四顆大衛星





第四十八圖 木星現象



第四十九圖 木星木衛和地球月亮積量的比較

是一個長約五萬公里，幅約一萬公里的橢圓形，約歷七十五年以後，完全消失；現今在帶狀條紋中間，還可以看見它的遺跡。在它的消失部分附近，變為暗黑的部分，它的公轉速度比木星自身大，所以或是湖上的浮島，這也可以作為木星表面還沒有固化的證據。

木星有九個衛星；其中有四個比較大一點，可以用

小遠鏡來觀測。

41 土星

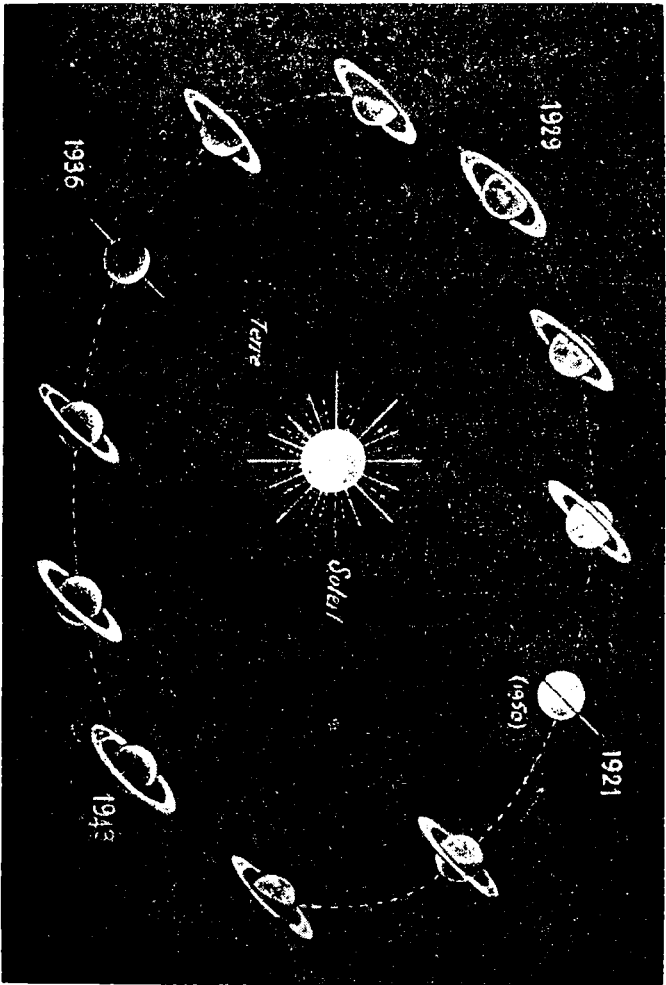
太陽系中第二大的行星，和太陽的平均距離為 9.5 天文單位，軌道偏心率 0.056 ，公轉周期二十九年半，平均直徑約為地球九倍，自轉周期為 10 時 14 分 24 秒，稍為迅速，故扁率大，約為十分之一，質量為地球 95 倍，比重僅 0.71 ，表面重力為地球的 1.17 倍。

土星表面有濃厚的蒙氣，和木星一樣，有帶狀的條紋，它的周圍有美麗光環，甚為著名。土星的光度，隨它和地球的位置關係而不同，由 0.00 等乃至 1.04 等，反照率 0.4 ，表面溫度約為零下一百五十度，內部密度甚小。

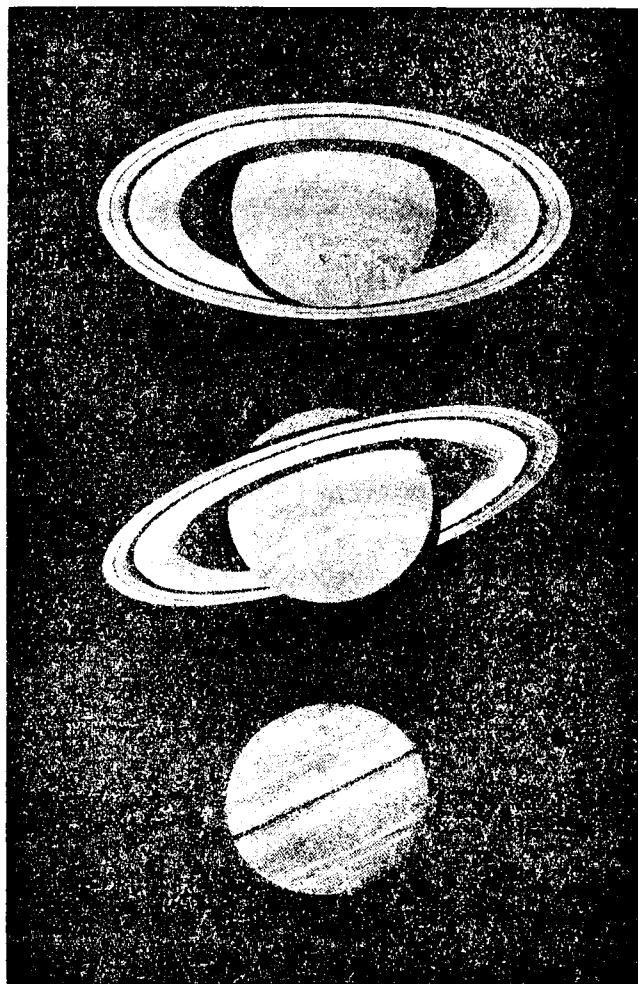
土星光環 (Rings of Saturn) 在土星的赤道面上，外徑超過二十七萬公里，頗為稀薄，厚度不過十七公里，光環可以分為三層，最內側的叫做土星暗環 (Inner ring)，係 1850 年蓬德 (J. P. Bond) 所發見，中環和外環之間，有噶西尼環縫 (Cassini's division)，這是 1675 年噶西尼所發見。

五種古玉 圖五十五





第五十一圖 土星公轉的周期



第五十二圖 土星之三種形狀

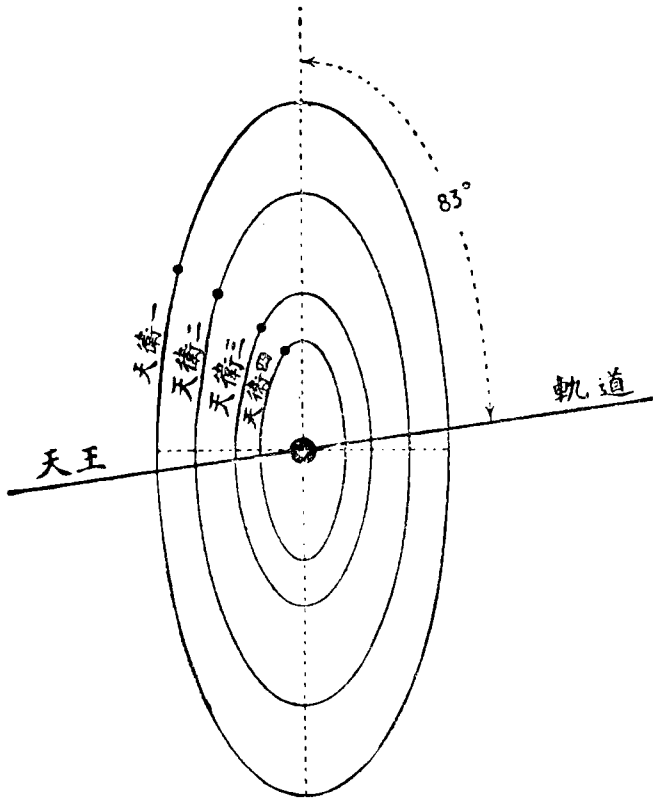
從種種的觀測和研究，知道土星光環實際不是連續體，是無數流星物質的集團。這流星物質的密集，以中環爲最多，暗環最少。又有人說土星光環是無數的衛星，但不足信。

土星的衛星有九個。1804年彼刻林曾在底片上發見第十衛星，但於數月以後就消失不復再見。

42. 天王星 太陽系之第七行星，係1781年3月13日威廉侯失勒用其自製十八公分返光鏡所發見者；把牠叫做喬治星（Georgium sidus），以後波特把它改爲天王星。

天王星和太陽的平均距離爲1919天文單位，軌道偏心率0.047，和黃道面的交角僅 $1^{\circ}55'$ ，公轉周期84.01年。

天王星光度六等，肉眼略能看見；用遠鏡看它，表面呈碧綠色。直徑五萬一千公里，扁率十四分之一；質量爲地球的14.7倍，密度爲地球的0.23倍，水的



第五十三圖 天王星軌道和牠的衛星軌道的交角

1.27 倍，反照率甚高，爲 0.45，光譜有暗綫羣，所以應當爲濃厚蒙氣所包圍。

天王星有四個衛星；對於天王軌道的交角都是甚大，所以都是逆行。

43. 海王星

自天王星發見以後，它的運動非常不規則，所以自 1830 年

起，天文家就認爲一定還有一個大行星的存在；天王星就是因爲受這大行星的攝動影響，所以變動它的軌道。英人阿丹斯（*Adams*）法人勒未利挨（*Le Verrier*）曾爲理論的研究，迨 1846 年 9 月 23 日柏林加爾（*Galle*）根據這理論果然發見海王星，這完全是天體力學的大成功。

海王星平均光度七等半，所以肉眼不能看見，直徑爲地球的四倍，密度爲五分之一，質量爲太陽的一萬九千分之一，和太陽的平均距離爲 30.1 天文單位，軌道偏心率不及百分之一，所以和圓形相類似。

海王星有一個衛星；它的軌道面和海王軌道成 13.5° 度的交角，所以也是一個逆行的衛星。

44. 冥王星

海王星發見以後，天文家又開始搜尋它的外側的大行星；果然托姆包 (Tomback) 由洛威爾天文臺 1930年 1月 21日所攝的底片上，發見冥王星。當時位置在雙子座 δ 星附近，和太陽的平均距離為 39.6天文單位，公轉周期 248年；軌道近日點在海王星軌道的內側。

45. 黃道光 and 對日照

每年九月至十一月左右日出前在東方天空中，或一月至四月左右日沒後在西方天空中所見的淡薄的光，叫做黃道光。面積頗廣，呈舌狀，和銀河的輝茫一樣。長方的中心綫，和黃道略相一致。它的光譜和太陽譜一樣，所以可以認為是太陽的反射光綫。

夜中沿着黃道在太陽的正反對方向，有極稀薄的光，叫做對日照 (Counter-glow; Regenschein)。這和黃道光的性質相同。這是 1854年布羅孫 (Brooks) 所發見。它的直徑約為十度。

最近已經知道和黃道光同性質的微光帶，散布在黃道的各部分；其中在

和黃道光成一百八十度的對日照部分特別顯著。對日照和黃道光的物理性質，現在還沒有充分的知道。

問題

1. 現在已經知道的大行星，是什麼名稱？
2. 試略述天王星以後各行星發見的經過？
3. 什麼叫做波特定律？
4. 試述行星運行的情形。
5. 刻卜爾三定律是什麼？
6. 軌道根數有幾種？
7. 水星凌日和金星凌日是怎樣發生的？
8. 土星光環，可分幾層？
9. 土星的視象，有何變化？

10. 黃道光和對日照是什麼東西?

第十章 彗星和流星

46. 彗星

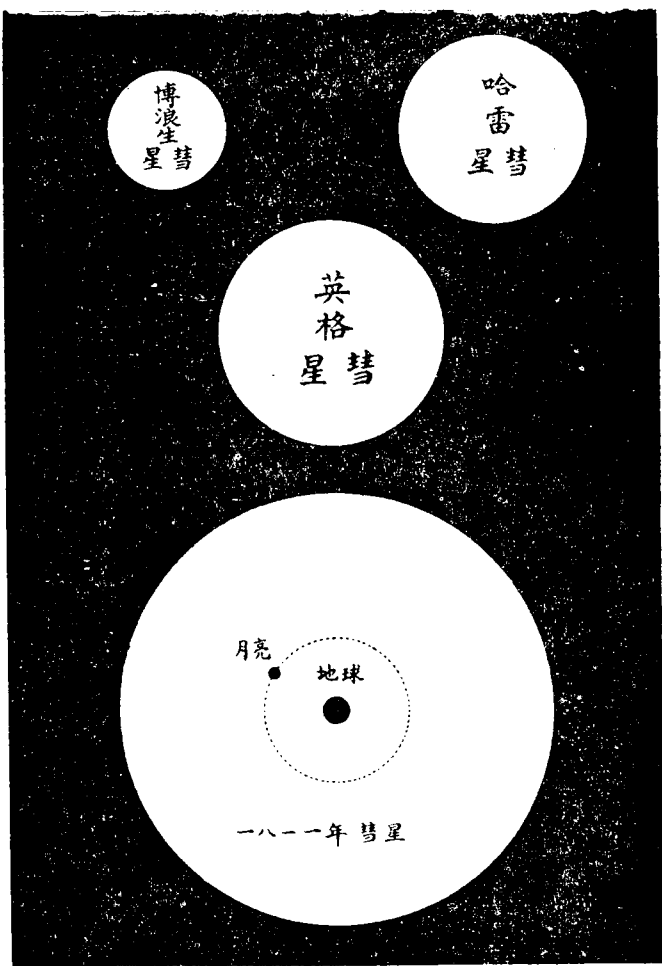
太陽系的一種特別天體。軌道多以太陽爲焦點的拋物綫，但是也有是橢圓形的軌道，就是周期彗星 (Periodic comet) 也不少。當它們近太陽的時候，容積變小，光度增大，有時有尾，俗稱爲掃星。

彗星平常可以分爲頭尾兩部。頭部 (Head) 由彗髮 (Coma) 和彗核 (Nucleus) 合成；彗髮成雲霧狀，彗核爲光輝最強的部份。彗尾 (Tail) 是由頭部放射出來；普通向太陽反對側伸長，作種種的形狀，有時分爲兩條或數條。彗尾所以向太陽反對側長伸，是因爲輻射壓的原故。

1861年和1910年地球走入彗尾中的時候，沒有發生什麼的影響，並且我們不能觀測彗星通過太陽面的現象；所以彗星的質量和密度是非常的小。

由分光儀的研究，知道彗星是由固體和氣體所合成。彗星光譜示氫、碳化

第五十四圖 彗星和地球積量的比較（彗星積量僅就牠頭部最亮的部分來計算）





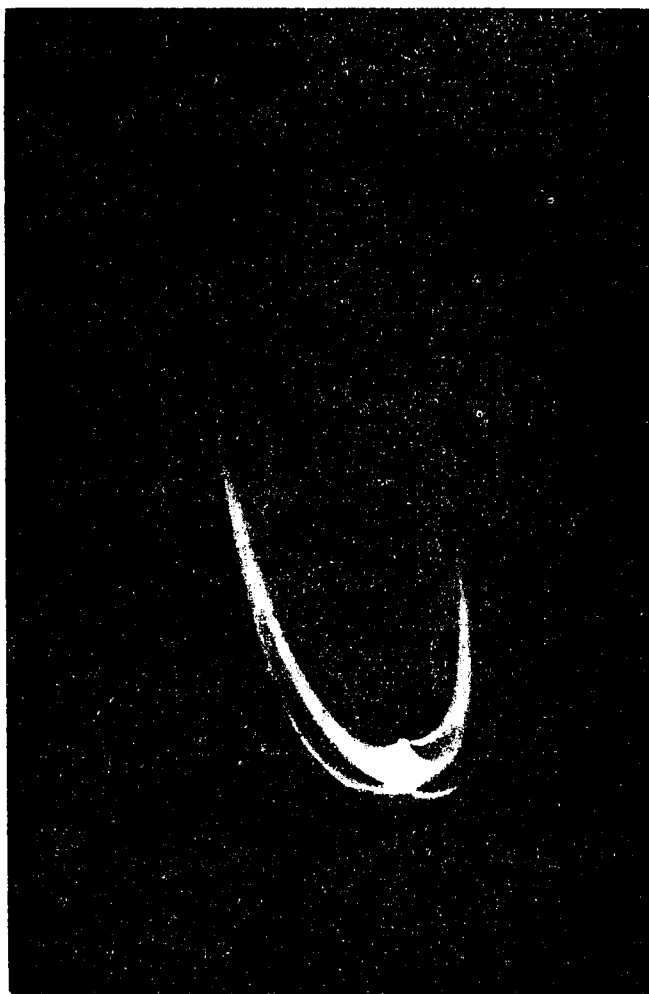
第五十五圖 彗星掃影 1907年3月3日葉凱士天文臺所攝長綫作雨點形狀是恆星



第五十六圖 1744年3月7日的奇形彗星

第五十七圖 1910年1月的彗星





第五十八圖 1874年7月14日的奇形彗星

氫、氧化碳等的光綫。極近太陽的時候，呈連續光譜。彗星顏色以白色和銀灰色為主。

彗星走到大行星附近，常常受攝動作用，變更它的軌道；按它們軌道遠日點的距離，概分爲木星族、土星族、天王星族以及海王星族等彗星；這叫做彗星族 (Family of comets)。

彗星又有分裂爲二三個，有時破裂爲流星羣；彗星和流星羣之間，有密切的關係。周期彗星的周期在百年以內者，如後表所示。

彗星的名稱，以發見者的名字爲原則，而周期彗星則多以最初發見者的名字爲名稱；也有併用兩次發見者的名字，也有用軌道研究者的名字。一切彗星，按一年中發見的次序，用 1938a, 1938b, 1938c, …… 等暫定符號；當軌道決定以後，才按通過近日點的次序，用 1938I, 1938II, 1938, III …… 等決定的符號。

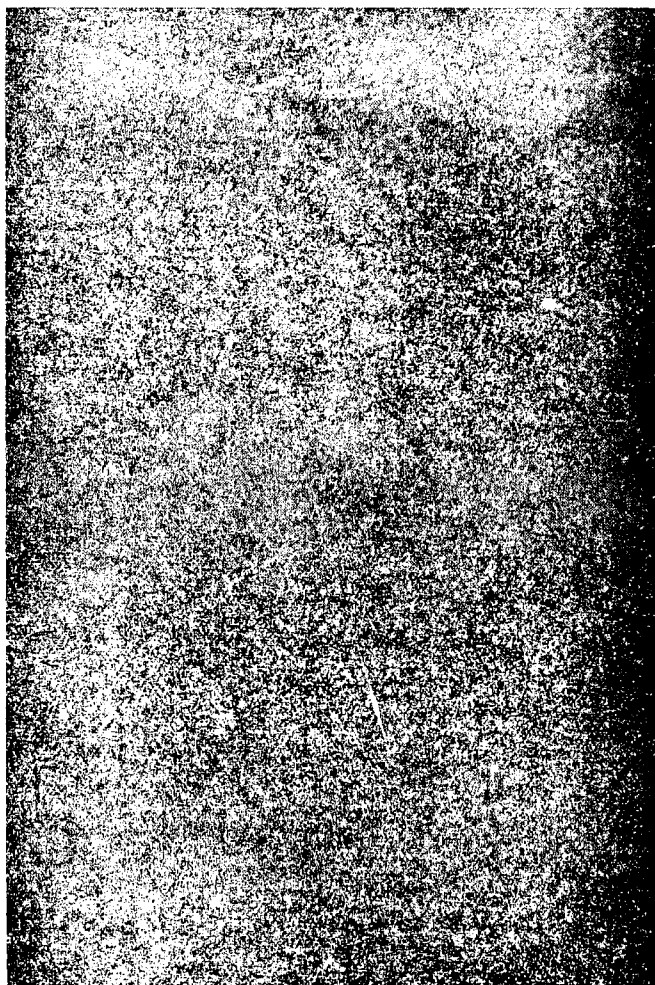
星 星 週 期

次序	星 名	週期	近日距離	遠日距離	最初發見期
		年			年
1	Encke	3.33	0.34	4.69	1786
2	Birgg-Skjellerup	4.39	0.89	4.35	1902
3	Tempel ₂	5.17	1.32	4.87	1873
4	Neujmin	5.41	1.34	4.83	1916
5	Brorsen ₁	5.46	0.59	5.64	1846
6	Tempel-L. Swift	5.68	1.15	5.21	1869
7	Wincke	5.89	0.97	5.55	1819
8	De Vico-E. Swift	6.40	1.97	5.22	1878
9	Perrine	6.45	1.17	5.75	1896
10	Tempel ₁	6.54	2.09	4.99	1867
11	Griacolini	6.57	0.99	6.02	1900
12	Kopff	6.58	1.70	5.32	1906
13	D'Arrest	6.64	1.34	5.62	1851
14	Biela(*)	6.69	0.88	6.22	1772
15	Finlay	6.84	1.06	6.15	1886
16	Holmes	6.86	2.12	5.16	1892
17	Borrelly	6.93	1.40	5.87	1904
18	Brooks	7.16	1.96	5.43	1889
19	Faye	7.41	1.66	5.97	1843
20	Schaumasse	7.39	1.17	6.82	1911
21	Wolf	8.28	2.43	5.75	1884
22	Tuttle	13.54	1.03	10.33	1790
23	Westphal	31.73	1.25	29.98	1852
24	Pons-Brooks	71.56	0.78	33.70	1812
25	Brorsen ₂	72.10	0.49	34.15	1847
26	Olbers	72.67	1.20	33.62	1815
27	Halley	76.02	0.39	35.32	-240

47. 流星

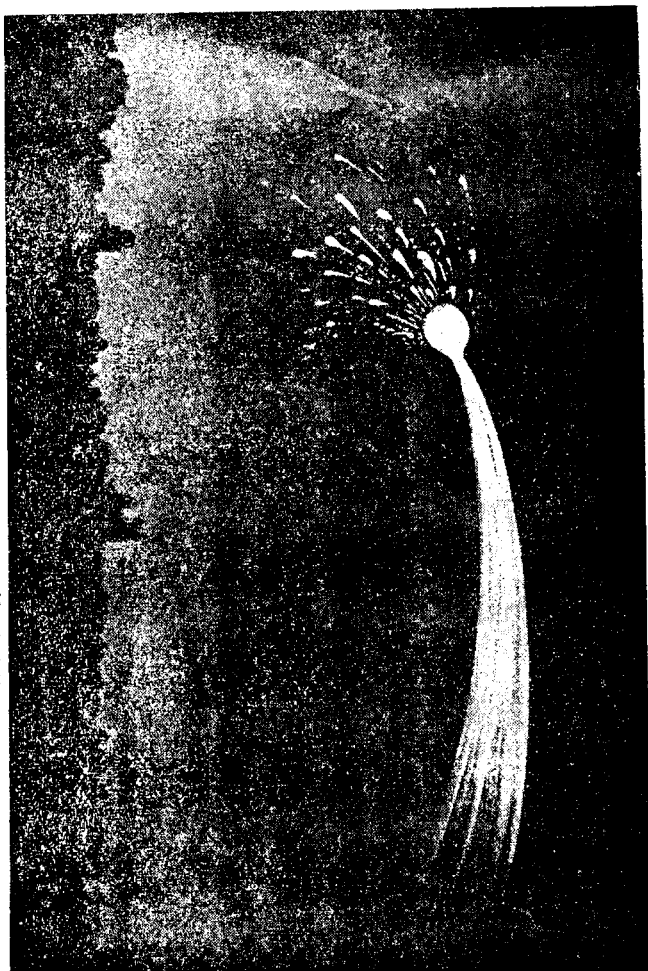
夜晚常常有輝亮的天體，飛過天空中，這叫做流星。這是太陽系內浮游的天體碎片或宇宙的塵埃，因為地球的引力作用，向地球落下，和地球大氣相摩擦，發生高溫而發光。流星最初發光的高度，普通約二百公里，蒸發消失的所在，約高一百公里乃至五十公里。還有非常大的流星叫做火流星 (Fire ball) 在空中爆炸，發生大音響；還有落到地面上者，叫做隕石 (Meteorite)。流星是忽然出現的現象，所以它的觀測以肉眼為主，攝影機會甚少；這種觀測，應該由業餘天文家來擔任。觀測項目，如出現消失的時刻和天上的位置、顏色、徑路的形狀和速度、流星餘跡 (Meteor trail) 等等。其他如計算出現的數目，則更為簡單。

每日每夜侵入我們地球的流星數目，約在一千五百萬乃至二千萬個。其他行星和太陽，也有無數的流星落下；所以有人說太陽熱所以能夠維持，就是無數流星落下的原故。



第五十九圖 恆星的攝影

1926年8月20日著者在鷲金山天文臺用羅氏變星鏡所攝



第六十圖 1914年1月7日意大利所見的大流星

48. 彗星和流星的关系

流星的出現固然是偶然的現象，但是由長年的觀測，可以知道某一定期間在天空上某一定方向，有似乎由一點發出無數的流星；這叫做流星羣 (Meteoric shower)，這一點叫做輻射點 (Radiant)。流星羣出現多數流星的時候，叫做流星雨。

流星羣的軌道常常和某一彗星的軌道有密切的關係，例如

- 八月出現的英仙座流星羣……………1862 III 彗星
- 十一月出現的獅子座流星羣……………1866 I 彗星
- 十一月出現的仙女座流星羣…………… Biela 彗星
- 四月出現的天琴座流星羣…………… 1861 I 彗星
- 五月出現的寶瓶座流星羣…………… Halley 彗星
- 十一月出現的大熊座流星羣…………… Pons-winnecke 彗星

等軌道的關係，是已經確實證明的。1846年比拉 (Biela) 彗星分爲兩個，1852

年這兩個彗星相距250萬公里；1872和1892年雖是出現的時期但是都看不見彗星，只在該方向有流星羣出現。所以大概彗星破裂變為流星，還有彗星的核，大概是密集的流星團，所以彗星和流星似乎是互相變換的天體，它們間有密切不可分離的關係。

問題

1. 彗星的形狀，大概可以分做幾部？
2. 何以知道彗星的質量非常的小？
3. 要怎樣觀測流星？
4. 彗星和流星有什麼關係？

第十一章 恆星

49. 概說

從前把肉眼所能看見的天體，大概分做兩種，一種是有移動的星叫做行星；一種是在天球上絕對不動的星，叫做恆星。現在已經知道所謂恆星，並不是絕對不動，因為距離我們非常的遠，所以肉眼看不出它們的移動。

從前又以爲恆星的光度是一定不變，現在已經發見數千個的變星（*variable star*），可以知道恆星的光度是有變化的。又各種的新事實，可以知道每一個恆星的物理性質，大概都和太陽一樣；換一句話說，就是太陽是一個恆星的模範。

從前天文學只研究恆星的位置和視光度，自天體物理學發達以後，可以知道星的距離，實際光量，溫度的高低，甚至於內部的狀態，也可以知道很清楚。

恆星的距離，非常遙遠，不能用公里來做單位；它們所用的單位有三種。一種叫做周年視差 (Annual parallax)，就是由恆星看地球軌道半徑（一天文單位）所張的角度。一種叫做秒差距 (Parsec)，是相當於視差 1" 的距離等於 206265 天文單位。還有一種是普通所常用的，叫做光年 (Light year)，這是光通過真空中一年間的距離，等於 0.9463×10^{13} 公里。一秒差距等於 3.259 光年。由恆星光譜，知道恆星實光輝和視光度的比較，可以求出恆星的距離；這樣所得的視差，叫做分光法視差 (Spectroscopic parallax)。視差越大，距離越近；現在把比較近些的恆星，列示於下：

	周年視差	光年
1. 比隣星 (Proxima Centauri)	0.7790	3.6
2. 半人馬座 α 星 (α Centauri)	0.758	4.3
3. 巴納星 (Barnard star)	0.538	6.1

4. 佛爾夫第359星 (Wolf 359)

0.404

8.1

5. 拉隆德21185星 (Lalande) 21185)

0.390

8.4

星的顏色，大概都是白色；若細分之，可以知道有帶青色，也有帶赤色，所以有青星、白星、黃星、紅星等名稱。星的顏色是隨它的光的構造而不同，由顏色可以知道星蒙氣密度和溫度。俄斯特荷夫 (O. Struve) 曾用數字來示星色，就是

0 純白色

1 帶黃白色

2 黃白色

3 淡黃色

4 純黃色

5 暗黃色

6 帶紅黃色

7 橙色

8 帶黃紅色

9 殆無黃色的紅色

10 純紅色

恆星的溫度，各有不同；自紅星的三千度乃至青星的一萬度。它們的光譜

是隨溫度而不一樣。

50. 星等 (Magnitude) 是表示星光的大小，從前多祿某 (Ptolemy)

把肉眼所能看見的星，分爲六等；後來用計量法分星的光度，就是光度每差一等，光的大小約差 2.5 倍，這叫做波克松定律 (Pogson's Law) 現在假設以肉眼所看見的最小的六等星的光爲單位，則各等的光量如下：

星等	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
光量	100	39.81	15.85	6.309	2.512	1	0.40	0.16	0.06	0.025	0.010

就是每隔五等，光量改變百分之一。此種關係亦可應用至遠鏡所見的星。

星等有目視星等 (Visual Magnitude) 和攝影星等 (Photographic magnitude) 的區別。除 A 型星外，其他各型星的這兩種星等，都不相同。攝影星等減去目視星等所得的數，叫做色指數 (Colour Index)。各種星的色指數大概如下：

星色	青星		白星				黃星			紅星		
光譜	B0	B5	A0	A5	F0	F5	G0	G5	K0	K5	M	K
色指數	-0.3 - 0.21		+0.00 +0.23 +0.43 +0.65 +0.86 +1.07 +1.30 +1.51 +1.68 +2.3									

其他還有設計和肉眼感度相近似的底片上的星等，叫仿視星等 (Photo-visual magnitude)；用電阻測輻射熱器 (Bolometer) 所計算的星等，叫做測熱星等 (Bolometric magnitude)。

假設恆星在十秒差距的位置時候的星等，叫做絕對星等 (Absolute magnitude)；用以比較恆星的真正的光強。太陽的絕對星等為 4.85 等。絕對星等愈明，實際光量愈多。恆星的絕對星等，隨光譜而不同。例如 B 型約為 -2.5 等，A0 約 0 等，F0 約 2.5 等，G0 約 4.5 等，K0 約 6.5 等，M0 約 10 等。

恆星的總數在 20.5 等以上約為 13000000000 個。在 6.5 等以上的星數如下表所示：

目視星等	星數	總數
1.5以上	23	23
1.5-2.5	53	76
2.5-3.5	174	250
3.5-4.5	570	820
4.5-5.5	1831	2651
5.5-6.5	5799	8453

51. 光譜 用迴折光柵 (Prisms) 所作成的色的配列, 叫光譜 (Spectrum; Spectra) 檢查光譜可以知道形成發光體的要素, 這在天體物理學中, 占一個最重要的位置。

1963-67年塞基 (Secchi) 檢查四千個星的光譜, 分星爲四類, 第一類 頗發達的連續光譜上, 有少數的暗綫, 卽白色星。

第二類 頗強的連續光譜中，有多數的暗綫，即帶黃色的星。

第三類 連續光譜中，青和紫弱，暗綫甚多，有氧化鈦等吸收帶，即紅色星。

第四類 連續光譜中，短波長部分弱，暗綫頗多，碳化化合物的吸收帶顯著。雖係紅色星，而光度弱，不及四等以上。

後彼刻林更加一種。

第五類 有輝綫的光譜，即佛累星 (Wolf-Rayet star)。

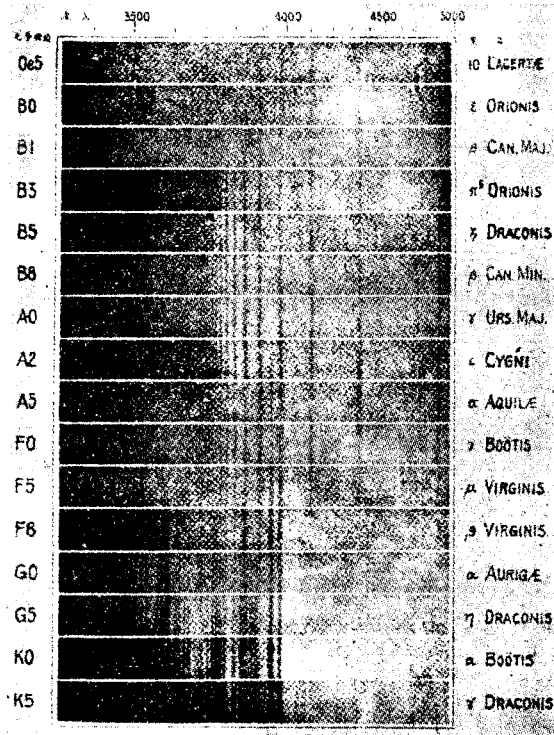
1847年福該爾 (Vogel) 又略加改正。現今國際上所常用的，是哈佛分類法，係1901年康倫 (Cannon) 女士所發表。分類方法如下。

O 型 強的連續光譜上，有顯著的輝綫；和上面第五類相當。

B 型 強的連續光譜上，有氫和氮的暗綫。

A 型 強的連續光譜上，只有粗的氫綫顯著。

F 型 連續光譜上，有氫和電離鈣的暗綫。



K 型 連續光譜上，金屬綫更發達。
 G 型 連續光譜上，有多數金屬暗綫。

第六十一圖 恆星光譜的分類

由上而下，示熱度自高而漸低的恆星光譜。

圖中顯著諸綫是氫、氮、鈣之H和K綫。

M 型 和寒基第三種相同。

N 型 和寒基第四種相同。

P 型 行星狀星雲的光譜，有特殊的顯著輝綫。

Q 型 新星的光譜，和他型都不相同的光譜。

R 型 寒基第四種，但短波部分和 K 型及 G 型相類似。

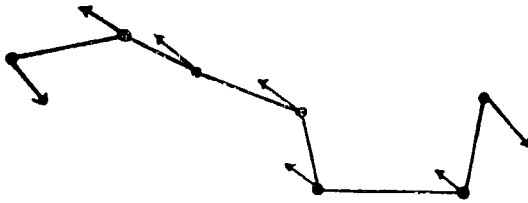
S 型 和 M 型相類似的紅星，有氧化鋯的吸收帶。

O 型又分爲 O_1 至 O_9 等五種， γ 型分 γ_1 至 γ_3 三種，P 型分 P_1 至 P_6 等六種；其他均細分爲 0 至 9 數種。M 型從來分 M_1 至 M_4 四種，現在各用 M_0, M_3, M_8, M_d 等名稱。

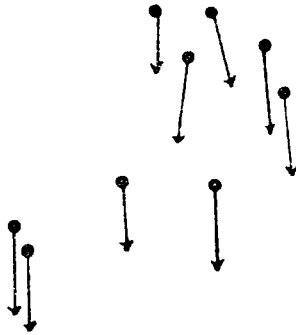
52. 運動 從前以爲恆星的位置是一定不變，到了十七世紀哈雷(Halley)

(Haley) 始發見天狼星、金牛座 α 星、牧夫座 α 星，各自均有運動；這種運動叫做自行 (Proper motion)，就是恆星的視運動。自行是用恆星每年或每世紀所

移動的角距離來表示；大概每年在 $\frac{1}{3}$ 以下，而在 $\frac{1}{3}$ 以上者，現在已經知道的只有三十二個。



第六十二圖 北斗七星的自行
十萬年以後，星走到矢的尖端。



第六十三圖 昴星團的自行
二萬年以後，星走到矢的尖端。

就一般的平均來說，恆星越亮，自行越大，自行較大的星如下：

星名	星等	自行	距離
Barnard star	9.7	10.725	6.1 光年
Gordoba 5h243	9.2	8.75	10.3
Groom bridge 1830	6.5	7.04	32.
Tacaille 3352	7.4	6.90	11.2
Gould 32416	8.3	6.11	14.8
Ross 619	13.	5.40	——
61 Cygni	5.6	5.21	10.9

十八世紀末，威廉侯失勒由七個的恆星自行，發見太陽系向武仙座前進。又由自行的研究，可以知道宇宙的構造等問題。

視線方向的恆星運動叫做視線運動 (Radial motion)；它的速度叫做視線速度 (Radial velocity)。恆星光譜中的暗綫對於比較光譜的暗綫，多略向左右移動；根據杜拍那效應，可以知道這種現象是因為我們和恆星的距離有變化的原故，就是有視線運動的存在。

視綫運動以距離增加的時候爲正(+)，減少的時候爲負(-)測定所得的數值，自每秒 + 3333 公里乃至 - 3333 公里。

視綫速度除去太陽運動以外，叫做絕對視綫速度 (Absolute radial velocity)。

由恆星的自行研究，可以知道恆星除視差運動外，可以分爲二羣。第一羣向着赤經 6 時 4 分，赤緯 + 13° 的方向，叫做 A 星流 (Drift A)，約含星數 60%，平均速度爲每秒 16 公里；第二羣向着赤經 18 時 4 分，赤緯 - 13° 的方向，叫做 B 星 (Drift B)，流含星數 40%，平均速度每秒 24 公里。二星互相錯綜運動，它們的頂點在銀河中，還有第三星流叫做 O 星流 (Drift O)，差不多是靜止的狀態。

53. 星座 古代天文家爲表示星的位置起見，分天球爲幾個區域，這就是星座 (Constellations) 的起源。多祿某天文集 (Almagest) 中所載的星座僅四十八個，以後各有增加；現今所常用的共八十八座。

星 座 表

次序	簡寫	臘 丁 名	中名
1	And	Andromeda	仙 女 簡 燕 瓶 騰
2	Ant	Antlia, Antlia Pneumatica	仙 神 天 寶 天
3	Aps	Apus, Avis Indica	
4	Aqr	Aquarius	
5	Aql	Aquila, Iwith Antinousl	
6	Ara	Ara	天 壇 壇 船 羊 夫 夫
7	Arg	Argo, Argo Navis	
8	Ari	Aries	
9	Aur	Auriga	
10	Boo	Boötes	
11	Cae	Caelum, Caela Sculptoris	雕 具 豹 蟹 犬 犬
12	Cam	Camelopardus	
13	Cnc	Cancer	
14	CVn	Canes Venatici	獵 犬 犬
15	CMa	Canes Major	
16	CMi	Canis Minor	小 犬 犬
17	Cap	Capricornus	大 羊 底 后 馬
18	Car	Carina	
19	Cas	Cassiopeia	
20	Cen	Centaurus	半 人
21	Cep	Cepheus	仙 王 魚 鯨 規 鏡
22	Cet	Cetus	
23	Cha	Chamaeleon	
24	Cir	Circinus	
25	Col	Columba, Columba Neachi	天 鴿
26	Com	Coma, Coma Berenices	后 髮 髮 冕 獵 爵
27	CrA	Corona Australis	
28	CrB	Corona Borealis	
29	Crv	Corvus	
30	Crt	Crater	巨 鳥

31	Cru	Cru, Crux Australis	南天十	字
32	Cyg	Cygnus	天	鵝
33	Del	Delphinus	海	豚
34	Dor	Draco	劍	魚
35	Dra	Draco	天	龍
36	Equ	Equuleus	小	馬
37	Eri	Eridanus	波	江
38	For	Formax, Formax Chemicæ	天	爐
39	Gem	Gemini	雙	子
40	Grn	Grus	天	鶴
41	Her	Heracles	武	仙
42	Hor	Hologium	時	鐘
43	Hyg	Hydra	長	蛇
44	Hyd	Hydrus	水	蛇
45	Ind	Indus	印	第
46	Lac	Lacerta	蝟	子
47	Leo	Leo	獅	子
48	LMi	Leo Minor	小	獅
49	Lep	Lepus	天	兔
50	Lib	Libra	天	秤
51	Lep	Lepus	野	兔
52	Lyn	Lynx	天	貓
53	Lyr	Lyræ	天	琴
54	Mep	Mensa, Mens Mensæ	山	案
55	Mic	Microscopium	顯	微
56	Men	Meneceus	蝨	蟬
57	Mus	Musca, Musca Australis	蒼	蟬
58	Nor	Norma	規	尺
59	Oct	Octans	南	極
60	Oph	Ophiuchus, Serpentarius	蛇	夫
61	Ori	Orion	獵	戶
62	Pav	Pavo	孔雀	馬
63	Peg	Pegasus	飛	馬
64	Per	Persæus	英	仙

65	Phe	Phoenix	鳳	鳳
66	Pic	Pictor, Equuleus Pictoris	繪	架
67	Psc	Pisces	雙	魚
68	PsA	Pisces Australis	南	魚
69	Pyx	Pyxis	羅	盤
70	Ret	Reticulum, Reticulum Rhomboidalis	網	宮
71	Sge	Sagitta	天	箭
72	Sgr	Sagittarius	人	馬
73	Scor	Scorpio	天	蝎
74	Scl	Sculptor, Apparatus Sculptoris	天	夫
75	Set	Scutum, Clypeus Sobieskii	玉	牌
76	Ser	Serpens	盾	蛇
77	Sex	Sextans	巨	儀
78	Tau	Taurus	六	牛
79	Tel	Telescopium	分	鏡
80	Tuc	Toucan	全	鵝
81	Tri	Triangulum	遠	三
82	TrA	Triangulum Australe	杜	角
83	UMa	Ursa Major	三	角
84	UMi	Ursa Minor	南	熊
85	Vel	Vela	大	熊
86	Vir	Virgo	小	航
87	Vol	Volans, Piscis Volans	船	女
88	Vul	Vulpecula, (with Auser)	室	魚
			飛	狸
			狐	

恆星的名稱，是
 以所在星座的名稱，
 附以字母或數碼等
 符號；重要的星，都
 是用希臘文字的符號，
 不足的時候，則用羅
 馬字母 A, B, C, … 等
 符號，例如 α Bootis,
 Rulha 等等。又有用
 數字來表示星體赤
 經赤緯，作為星名。希
 臘字母的讀法如後。

座列表於下。

我國古代的二十八宿，也是星座的意義，現在把各宿的名稱和相當的星

字 母	名 稱	讀 音
A, α.	Alpha	Υカ□Υ
B, β.	Beta.	ウセ去Υ
Γ, γ.	Gamma.	クΥ□Υ
Δ, δ.	Delta.	クセカ去Υ
E, ε.	Epsilon.	セ文△ カ
Z, ζ.	Zeta	ムセ去Υ
H, η.	Eta.	セ去Υ
Θ, θ, ϑ.	Theta.	ムセ去Υ
I, ι.	Iota	！正去Υ
K, κ.	Kappa.	クΥ文Υ
Λ, λ.	Lambda	カカクΥ
M, μ.	Mu	□□
N, ν.	Nu.	ク□
Ξ, ξ.	Xi	ク△
O, ο.	Omicron.	正□ ク儿
Π, π.	Pi.	文！
Ρ, ρ.	Rho.	□正
Σ, σ, ς.	Sigma.	△ ク□Υ
T, τ.	Tau.	去么
Υ, υ.	Upsilon.	□文△ カ
Φ, φ.	Phi.	□
Χ, χ.	Chi.	く！
Ψ, ψ.	Psi.	文△
Ω, ω.	Omega.	正□せクΥ

二十八宿

號數	宿	星座	主要星
1	角亢	室女	α, ϵ
2	房心	室女	$\gamma, \delta, \phi, \lambda$
3	尾箕	天蠍	$\alpha, \delta, \gamma, \beta$
4	心尾	天蠍	β, δ, π, ρ
5	尾箕	天蠍	α, γ, τ
6	星張	天蠍	$\nu, \epsilon, \zeta, \eta$
7	井鬼	人馬	$\gamma, \delta, \epsilon, \eta$
8	鬼井	人馬	$\lambda, \nu, \sigma, \tau, \rho$
9	斗牛	摩羯	$\alpha, \delta, \pi, \rho$
10	女虛	寶瓶	ϵ, ν
11	虛危	寶瓶	δ, ϵ
12	危室	小馬	α, ϵ, ρ
13	室奎	寶瓶	α, ϵ
14	雙轸	仙女	α, γ
15	奎雙	仙女	δ, β, γ
16	胃昂	雙魚	σ, τ, γ
17	昂胃	白羊	α, β, γ
18	畢星	白羊	$\delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta$
19	星參	金牛	α, γ, δ
20	參井	金牛	λ
21	井鬼	獵犬	$\delta, \epsilon, \zeta, \alpha, \beta$
22	鬼井	雙子	$\delta, \epsilon, \zeta, \nu, \lambda$
23	井鬼	巨蛇	$\gamma, \delta, \eta, \zeta$
24	鬼井	長蛇	$\delta, \sigma, \eta, \zeta, \rho$
25	星張	長蛇	α, τ, ι
26	張星	長蛇	$\alpha, \nu, \gamma, \rho$
27	星張	巨鳥	$\alpha, \beta, \delta, \gamma$
28	張星	鳥	$\beta, \lambda, \gamma, \epsilon$

問題

- 1 什麼叫做周年視差?
- 2 俄斯特荷夫用數字代表星色的方法如何?
- 3 波克松定律是什麼?
- 4 什麼叫做色指數?
- 5 說明哈佛光譜分類法。

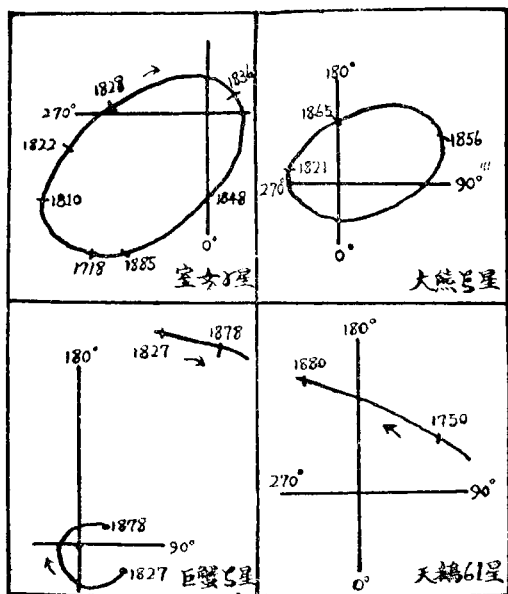
6. 什麼叫做自行？
7. 什麼叫做視綫運動？

第十二章 雙星和變星

54. 雙星 非常接近的兩個恆星，叫做雙星 (Double star)。往往肉眼看見它是只有一個星，但用遠鏡看它，則爲兩個星；有時用小遠鏡看爲一個星，用大遠鏡看它則爲兩個星。有時不只兩個星，而係三個星四個星乃至於四個以上的星密集在一塊，這叫做三合星 (Triple star)、四合星 (Quadruple star) 和聚星 (Multiple stars)。

雙星有兩種。一種是兩個恆星於天空中，在同一的方向，所以看去好像是非常的接近，這叫做視雙星 (Optical double stars)。一種是有力學關係的雙星，就是兩個恆星實際距離非常接近，且有公共的自行，或因爲彼此引力作用，成爲軌道運動，這叫做真雙星 (Physical double star)；成軌道運動的雙星又特稱爲聯星 (Binary stars)，普通所稱的雙星，多指聯星而言。由長年的觀測，可

還有一種雙星是兩個恆星非常接近，用遠鏡來看，還不能分別為二星，但



第六十四圖 雙星的軌道

以知道雙星系中，伴星 (Companion) 繞主星 (Primary) 周圍連行的軌道。

它的光譜綫是周期的示杜拍那變位；這種雙星叫做分光雙星 (Spectroscopic binary)。光譜綫有時看為兩重，並係有周期的變動，所以顯係二種不同光譜恰星雙星的相互運動。這種變星自1828年發見以來，現今已達四千個以上。由光譜綫變位的形態，可以知道雙星系的軌道根數。周期長短不一，有僅二小時餘，例如小熊座 γ 星，有長至十五年，例如長蛇座 ϵ 星。

55. 變星

光的強弱有變動的恆星，總稱曰變星。全天一切恆星的總數，約有百分之五是變星。恆星有變光的事實，在新星 (Novae)方面來講，知道固然還早（即在紀元前137年）；但加以研究的注意，則自第谷始。至於發見變光有周期者，則自1572年起。

變星普通分為五類：

(1) 新星

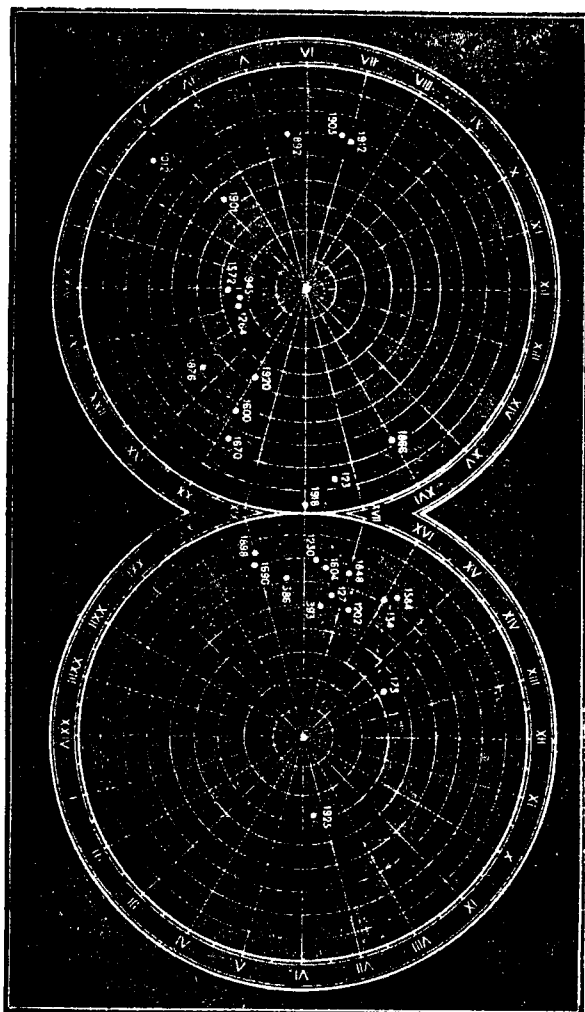
(2) 長期變星 (Long period variable)

- (3) 短期變星 (Short period variable)
- (4) 不規則變星 (Irregular variable)
- (5) 食變星 (Eclipsing variable)

天空中以前沒有看見恆星存在的位置，忽然有一個強光的恆星出現，或從前是一個微光恆星，短時期內急激增加光度，變為明亮的星，不久又徐徐的減光，以至於消失；這樣的恆星叫做新星；這也是變星的一種。

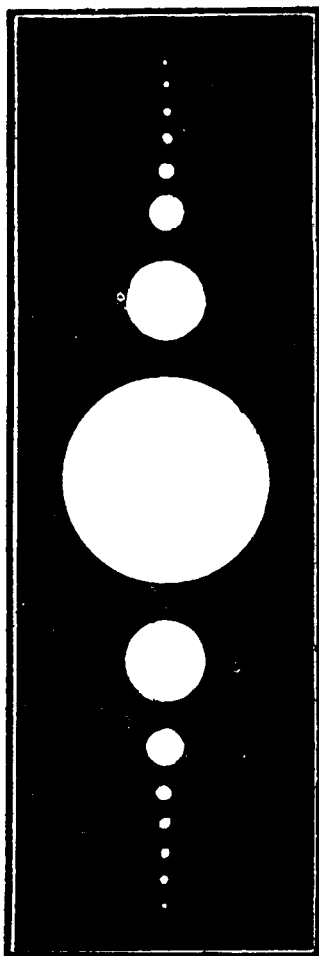
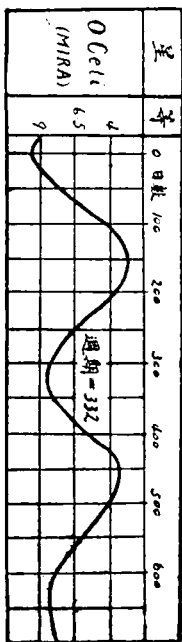
新星增光的時候，大概是自B型乃至F型的白色星；過了極大光度以後，急變為紅星。光譜是於淡薄連續帶上，有輝綫和暗綫的特殊形式，以氫、氦、電離鈣、氮、氧等綫為主。

新星多在銀河附近，近來在星雲中發見新星也不少。它的成因，還沒有一定的確論。有人說是兩個星的衝突；又有說是暗星或微光度忽然侵入星雲質中，由摩擦而發光。

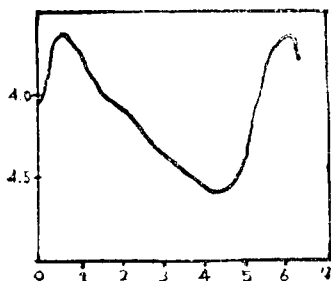


第六十五圖 新星出現的區域

光度變動有周期的變星，叫做周期變星 (Periodic Variable) 大概又可分爲長期變星和短期變星兩種。



第六十六圖 長周期變星的一例——鯨魚座 α 星
上圖示光度變化的曲線，下圖示光度大小的比例。



第六十七圖 造父變星的光度曲綫

變光周期約在三十日以上乃至數百日的變星，叫做長期變星。周期以一百日以上，六百日以下的居多；精確的周期多不能確定。變光範圍比他類變星大，多達四等以上。有時極大極小的光度相差到八九等；極大極小多不正確。變光曲綫變動頗多。此類變星以鯨魚座 δ 星即鵝藁增二(Mira)為代表。

此類變星大部分是和鯨魚座 δ 星一樣；變光範圍自三等至九等，周期平均三百三十日。均係紅星，光譜以M型為主，其他還有N, R, S等型；光譜中多有輝綫。

有輝綫。

變光周期約在一個月以內的變星，叫做短期變星；此類以仙王座 δ 星即造父一星為代表，所以又叫做造父變星(Cepheid variable)。大概又可細分為下列幾種：

- (1) 造父變星 周期三十日以內，一日以上。

(2) 雙子座 δ 星型

(3) 天琴座 π 星型 逆大陵變星。

(4) 天鵝座 γ 星型 周期甚短。

(5) 大犬座 β 星型 變光範圍甚小。

(6) 星團變星 周期一日以內，多僅數小時。

這類變星的變光範圍甚小，約一等內外；普通增光比減光速，光譜隨變光而變化；周期越短，光譜越在上位，順次自 A 以至於 G。變光原因，大概是天體表面的物理狀態的變化。

短期變星中，除了造父變星以外，還有二種。一個是以天琴座 β 星爲代表；這星以 12 日 21 時餘的周期，極大極小各兩次，屬於此類的變星約四十個。還有一種，叫做大陵變星 (Alder variable)，以大陵五即英仙座 β 星爲代表；這星平常係二等星，到了某時期，急激減光，但爲時甚短，屬於這類的星，約二百個。

變光形式沒有一定的法則，叫做不規則變星。光譜以 M 或 N 爲主，係紅色星；變光範圍達二等以上者甚少。例如金牛座 ϵ 星，北冕座 R 星，雙子座 U 星等等，都屬於此類。

上面所說的大陵變星和天琴座 β 星型變星，又叫做食變星；它們的變光原因，可以認做是分光雙星的食現象，是由雙星軌道面附近方向觀測所得的結果。大陵變星因爲伴星是微光星，所以光度曲綫是以正確的間隔，呈兩種的極小。天琴座 β 星的主星和伴星都是輝星，所以光度曲綫是有兩個相等的極大和兩個略有差異的極小。若知道它們的光度曲綫，就可以決定它們的軌道根數。

食變星約有 300 個，它們的周期自 6 時乃至 29 年。食變星以外的變星界限不甚分明。變星總數已達六千餘個。

問題

1. 雙星共有幾種？
2. 變星共分幾種？
3. 什麼叫做新星？
4. 鯨魚座 α 星是屬於何類變星？變光情形如何？
5. 造父變星的變光情形如何？
6. 大陵變星和天琴座 β 星型變星是屬於何類變星？它們有什麼不同？

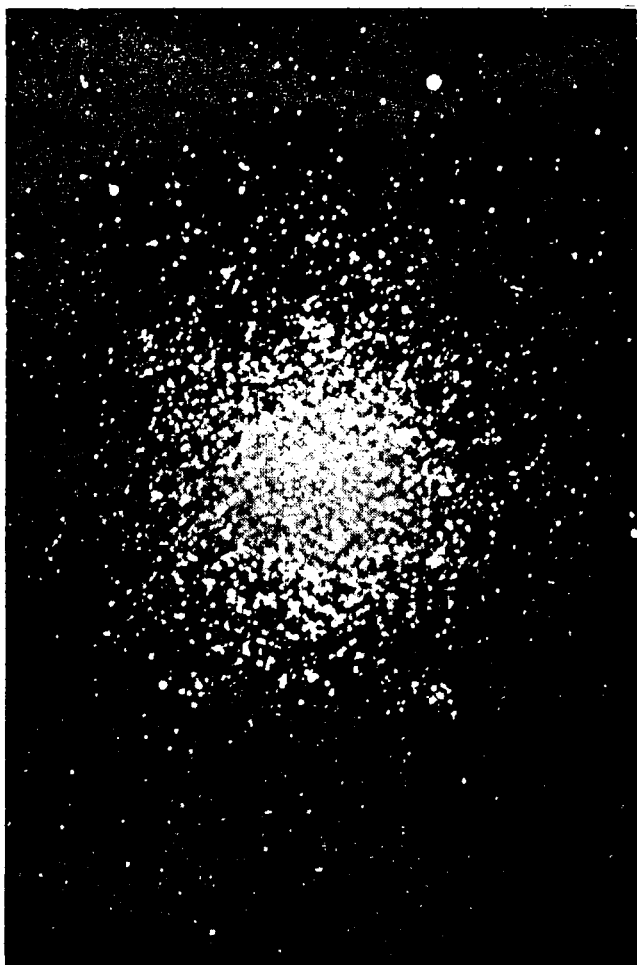
第十三章 星團和星雲

56. 星團 多數恆星密集的集團，叫做星團。星團可以分爲兩種，一種叫做疏散星團(Open cluster)，一種叫做球狀星團(Globular cluster)。

疏散星團沒有一定的形狀，是恆星的不規則集合；光度強弱不同，星數多寡也不一律。多散在銀河面附近，光譜和恆星光譜相似。普通在同一星團的恆星有公共的自行。現在已經知道的這類星團約二百個；主要的如下表所示：

主要的疏散星團

赤經	赤緯	星座	直徑	特殊名稱
時 2 分 13	+56° 40'	英仙	36'	二重星團
3	+23 48	金牛	120	昴星團(Pleiades)
4	+15 23	金牛	200	畢星團(Hyades)
6	+24 21	雙子	40	
8	+20 20	蟹	60	積尸增三(Praesepe)



第六十八圖 人馬座的一個星團

球狀星團是爲球狀，向中心密集；有二三個肉眼也可以看見，它的分布是偏着人馬座中某點的附近。星數普通約五千左右。球狀星團中，有許多變星發見，差不多都是造父變星；這些叫做星團變星（*Cluster variable*）。由星團變星，可以知道星團的距離。

球狀星團的直徑約 500 光年，其中輝星的光譜多 F 型，亦有爲 G 型。視綫速度各有不同，但以接近居多。

57. 星雲 天空中還有一種天體，呈渾茫的光，沒有正確的輪廓，呈種種的形狀，叫做星雲。除了二三個大的星雲，肉眼可以看見以外，差不多都要用遠鏡來窺測。自十七世紀初葉最初發見仙女座星雲和獵戶座星雲以來，現在已達一萬二千以上。星雲。

由星雲的視差和分布的研究結果，可以分爲銀河星雲（*Galactic nebula*）和河外星雲（*Extra-galactic nebula*）兩種。銀河星雲又分爲瀟漫星雲（*Diffu-*



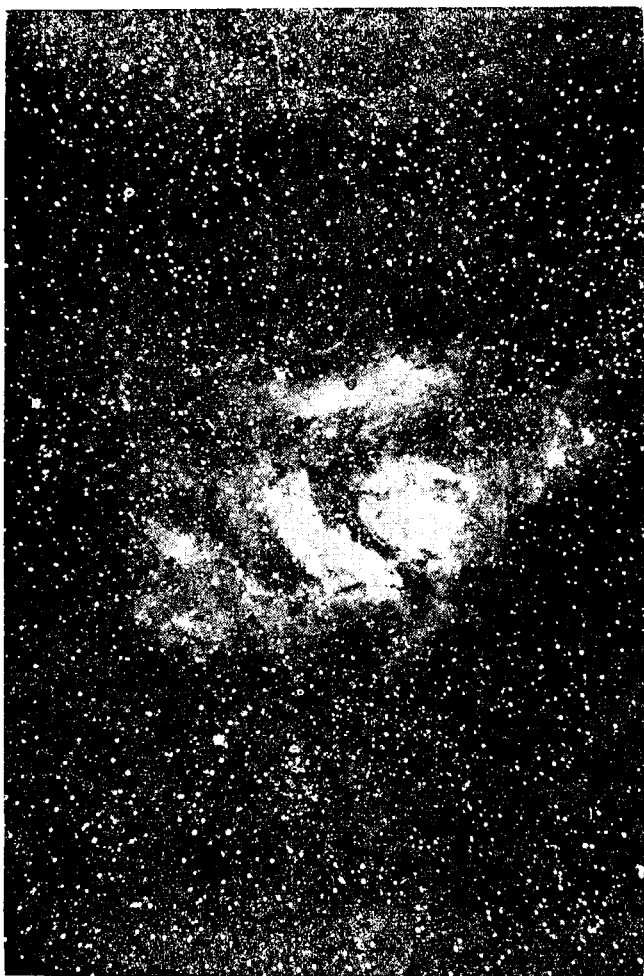
第六十九圖 狼戶座的瀰漫星雲

星雲 (Planetary nebula) 和行星狀星雲 (Spiral nebula) 核狀星雲 (Spindle nebula) 和橢圓星雲 (Elliptical nebula) 幾種。

瀰漫星雲的形狀是沒有一定的規則，所以又叫做不規則星雲 (Irregular nebula)。這類星雲是由氣體而成，氫、氦、氮 (Nebulium) 等綫特別顯著。獵戶座大星雲就是屬於此類，他如三葉星雲 (Trifid nebula) 也是此類。

獵戶座大星雲是包圍該座 δ 星周圍的星雲，用遠鏡看它，好像大魚開口的形狀，長時間攝影的結果，得直徑三度，距離一百八十秒差距，所以實際直徑當爲十光年，而總質量則不過和幾個乃至數十個恆星相當，因爲非常稀薄的原故，視綫速度平均每秒遠離 25 公里，但各部分顯有不同，由光譜察之，可以知道是氫氣照中心星而發輝。

對這發光的瀰漫星雲來說，天空中還有一種自己不發光的星雲，散在銀



第七十圖 半人馬座的三葉星雲



第七十一圖 獵月座的暗星雲

河附近，這叫做暗星雲(Dark nebula)。這是由細塵而成，這細塵吸收背後的星光，所以甚為暗黑。

普通看為圓板狀的星雲，叫做行星狀星雲；它的標準形式是像以一個恆星為中心核的氣球，這個恆星普通是像佛累星(Wolf-Rayet Star)的早期星。氫、氦等綫甚為顯著。它們的著名形狀如天琴座的環狀星雲(Ring nebula)、啞鈴星雲(Dumb-bell nebula)等，總數約一百個。大概是中心星照氣體而發光。

天琴座的環狀星雲，赤經為十八時五十分，即在該座 β 和 λ 二星的綫上，稍近於 λ 星方面；赤緯為北三十二度五十四分。用遠鏡看它，稍為橢圓形，長徑約七十秒角，中央星為十三等。啞鈴星雲以狐狸座的一個星雲為有名，位在赤經十九時五十五分，赤緯北二十二度二十七分。

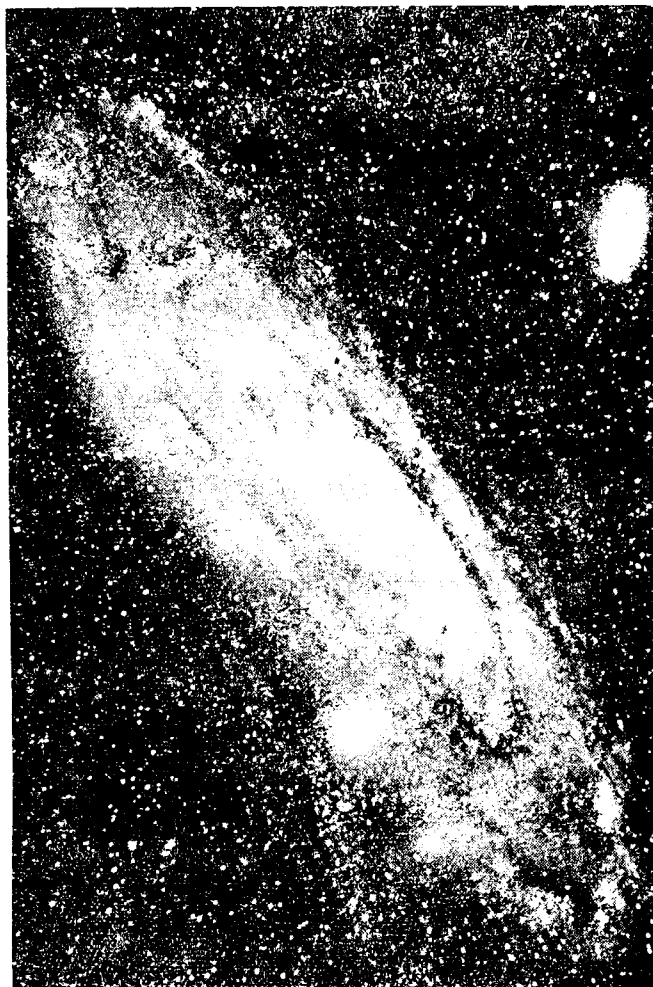
旋渦星雲是有稍亮的中心核，由中心向左右分支，成旋渦的形狀；旋渦差不多沒有到三周以上。光譜為連續，差不多沒有氣體綫。它們的距離，都是非常



第七十二圖 天琴座的環狀星雲



第七十三圖 大熊座的旋渦星雲



第七十四圖 仙后座的昴星雲

的大，它們的分布是密集於銀河的兩極，所以是在銀河外側的天體。每一旋渦星雲是由各別恆星的集團而成，都是和銀河系相比敵的大宇宙，總數當在百萬以上；以仙女座和獵犬座的星雲爲代表。

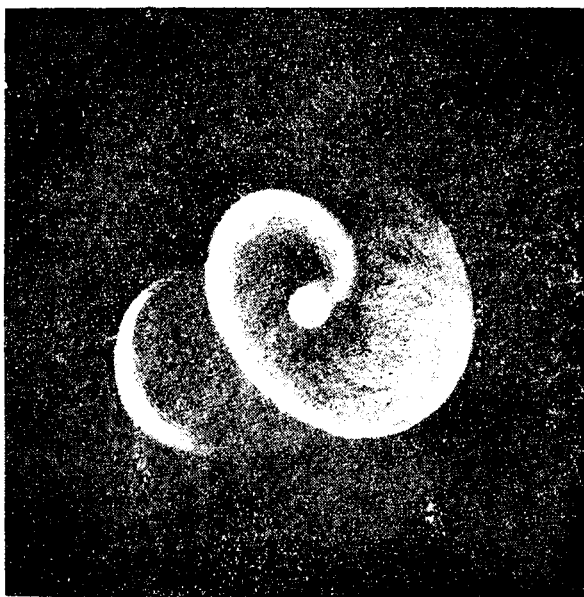
仙女座的旋渦星雲，肉眼也可以看見。在該座 γ 星附近，赤經零時三十七分，赤緯北四十度四十四分，直徑爲月亮的五倍，以每秒二百公里的速度向我們接近，距離約九十萬光年，直徑約三萬光年。

梭狀星雲的分布，距離，光譜等等和旋渦星雲都是一樣；不過形狀是爲梭狀，所以大概是從側面所看的旋渦星雲。

橢圓星雲，是呈透鏡形狀，中央部分最明，愈向外側愈漸暗淡；所以於長時間的攝影下，面積頗大。梭狀星雲，有時和這類星雲一樣。例如 $N. G. C. 4621$, $NGC 5078$ 等星雲，就是屬於這類。



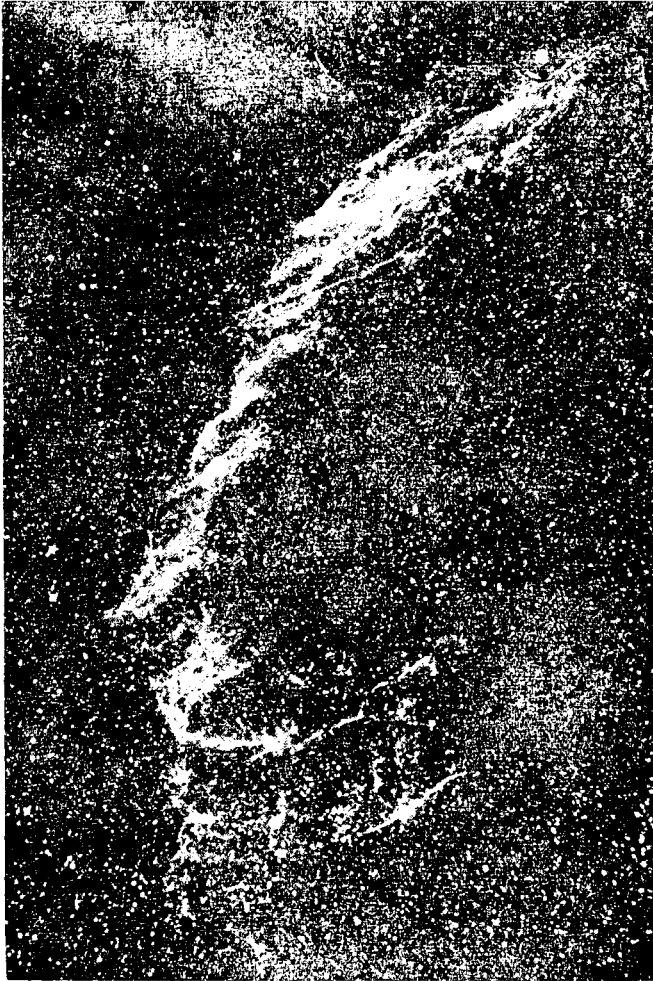
第七十五圖 大熊座的旋渦星雲



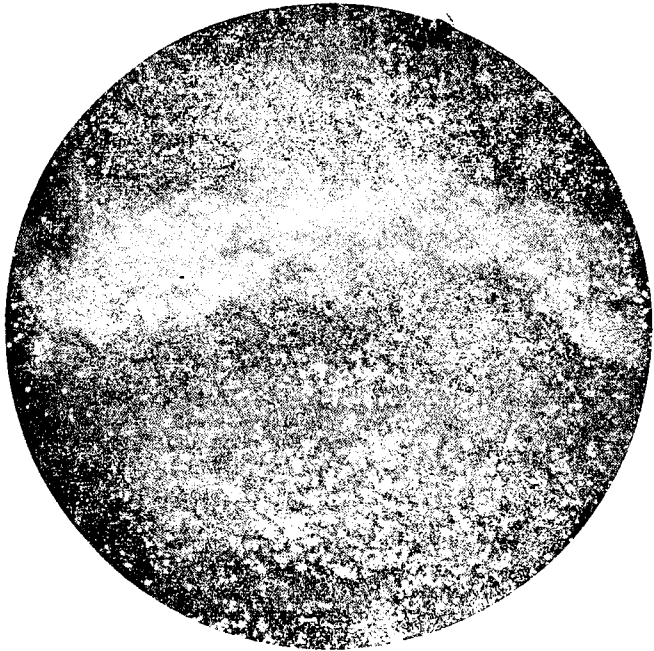
第七十六圖 黃極附近的雙枝星雲

第七十八圖 后髮座的旋狀星雲





第七十八圖 天鵝座的不規則星雲



第七十九圖 A 全天星團星雲的分佈



第七十九圖B 全天星團星雲的分布
圖A係北半球·圖B爲南半球·圖中小十字
爲星團·小圓點爲星雲，橫亘者爲銀河。

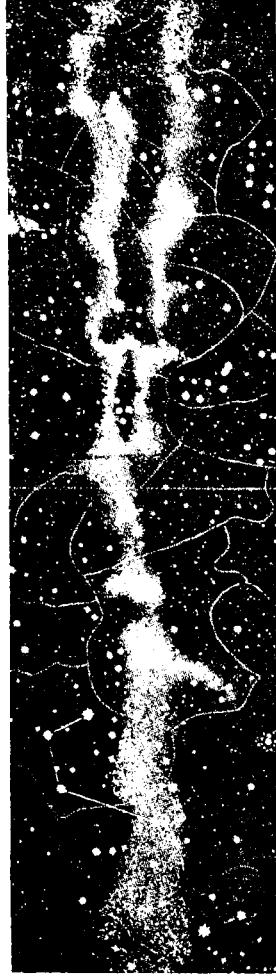
58. 銀河

環繞地球上的一條大光帶，叫做銀河（MILKY WAY）。肉眼看過去，好像是一片片的白雲，遠鏡發明以後才知道是無數的微小星體的密集，大概是一個大圈，各處寬窄不同；自天鷹座以至半人馬座附近分為兩支，各種天體多密集在銀河附近。由種種的研究，可以知道銀河是和旋渦星雲相類似。

以銀河為邊界的宇宙，叫做銀河系（GALAXY），成兩個凸透鏡的形狀，直徑約二十萬光年，厚約五萬光年；我們的太陽系就是銀河系的一部分。

南半球的天空，有一種肉眼能夠看見的雲霧狀的東西，含有微光星、氣體星雲、星團、變星等等，叫做墨氏臘尼雲（Magellanic clouds）；這可以認為是銀河的分支。

墨氏臘尼雲分大小兩個。大者在劍魚座，赤經 5 時 26 分，赤緯南 69 度，距離銀河赤道 33 度；直徑約 7 度，距離約三萬五千秒差距，所以實際的大，約為四三千三百秒差距。小墨氏臘尼雲在杜鵑座，赤經 0 時 56 分，赤緯南 73 度；直徑約 3 度。



第八十圖 銀河 上圖爲其北部下圖爲其南部

餘，距離約三萬二千秒差距，所以實大約二千秒差距。大小兩雲的視線速度每秒約以一百七十二公里遠離我們。

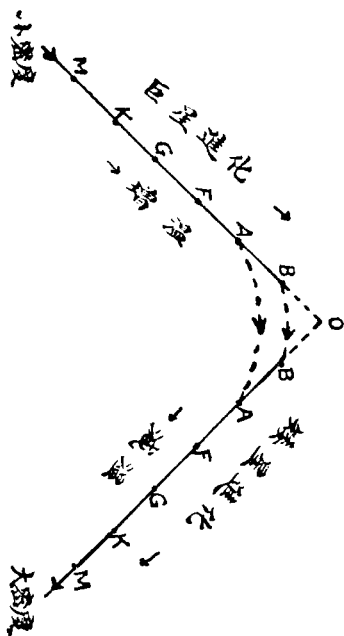
問題

1. 星團和星雲有何區別？
2. 星團有幾種？
3. 星雲的分類如何？
4. 略述旋渦星雲的性狀。
5. 什麼叫做銀河？
6. 銀河系的大小形狀如何？
7. 什麼叫做墨氏臘尼雲？

第十四章 宇宙論

59. 恆星演化

自十九世紀以至二十世紀的初葉，關於恆星演化 (Stellar evolution) 的學說，都認為恆星是由白色高溫星漸次冷卻，變為紅色星，後來又認為恆星最初係紅色低溫星，經過白色高溫星以後，又變為紅色星；



第八十一圖 羅素的恆星演化論

這學說到了1913年曾由羅素(Russell)證實之。

恆星大概最初是紅色巨星(Giant star)漸漸收縮，溫度增高，達到某程度止，轉爲矮星(Dwarf star)，復歸到紅星。檢查恆星絕對星等的結果，知道恆星可以分爲兩羣，一羣是各型光譜的絕對星等都在零等左右，一羣是光度隨光譜F—M型經過F, G, K, M而漸漸變暗；前者叫做巨星，後者叫做矮星。在B和A型的星這兩羣混合存在，甚難區別，F和G型星已能分別，到了K和M型則更爲分明；就是絕對星等在零等左右是爲巨星，在八等乃至十等內外是爲矮星。

巨星羣中，星的密度甚爲稀薄，中心溫度以及各部分的溫度，都是漸漸的增高。但是達到某密度的時候，忽然變更情形，以未知的直接輻射放散物質而走冷却的路。有時又於中途以某未知的方法，變爲密度極大的白色星，這叫做白矮星(White Dwarf)。現在已經確定的這類星非常的少，天狼的伴星

就是這類星的一個。

60. 宇宙論 在哲學方面來說，宇宙 (Universe) 是空間和時間無限連續的意義；在自然科學方面來說，宇宙是物質世界的總體。

關於宇宙的原始論是隨時代的智識而不同。從前以地球爲宇宙中心的時代，多以神話來說明宇宙的成因。到了牛頓發見天體力學以後，以太陽系爲宇宙的本體；於是對於太陽系的起源就有兩個學說。一個叫做星雲假說 (Nebular hypothesis)，一個叫做微星假說 (Planetsimal hypothesis)。這些假說，都不能謂爲正確。

從前以宇宙是無限無形的東西，到了十八世紀末，威廉侯失勒才論及宇宙的形狀，他以透鏡狀的銀河系爲宇宙。二十世紀天體物理學發達以後，宇宙的研究，漸漸進步，知道旋渦星雲是在銀河系外的天體，我們的宇宙觀念遂更爲擴大。

最初卡普泰因 (Kapteyn) 認爲河外星雲是散在銀河系附近的東西，這和大陸附近的島嶼一樣，就是所謂島宇宙 (Island universe) 的學說；現在已經知道這些星雲都是和銀河系相匹敵的東西，並且彼此間有很遠的距離。所以宇宙是指多數旋渦星雲的集團而言，我們的銀河系不過是旋渦星雲中的一個而已。所以銀河系不過是大宇宙中的一小宇宙。

宇宙雖然是無數旋渦星雲的集團，但在空間的分布不是均勻，雲集於各處，形成恆星雲 (Star cloud)；其中以後髮室女恆星雲 (Coma-Triangulum star cloud) 爲最著名。銀河系可以認爲不是相當於單一的旋渦星雲，是一個恆星雲。

用目前的遠鏡所能看見的宇宙約二萬五千萬光年，其中含有數千萬個的星雲；但這不過是全宇宙中的極小部分而已。根據愛因斯坦的理論的計算，宇宙的平均直徑爲一千八百萬萬光年，約含有千兆個的旋渦星雲。又由旋渦

星雲光譜綫的紅色偏位，知道它們是以極大的速度，遠離我們；所以宇宙是以甚大的速度向外側膨脹。

問題

1. 什麼叫做巨星？什麼叫做矮星？
2. 試述羅素的恆星演化論。
3. 關於太陽系的起源，有幾種學說？
4. 什麼叫做島宇宙？
5. 試述大宇宙的系统。

參考書目

- 1 Russell, Dugan, Stewart,——Astronomy, Vol I, II.
- 2 Campbell——Practical Astronomy
- 3 Morgan——Introduction to Celestial Mechanics
- 4 Berry——History of Astronomy
- 5 Norton——Star charts
- 6 B. D. Chrats and Catalogue
- 7 張雲——普通天文學 廣州中山大學出版
- 8 張雲——高等天文學 商務印書館出版
- 9 陳遵媯——宇宙壯觀 商務印書館出版
- 10 陳遵媯——星體圖說 商務印書館出版
- 11 陳遵媯——天文學概論 商務印書館出版

- 12 陳遵媯——恆星圖表 商務印書館出版
- 13 宇宙月刊 中國天文學會出版
- 14 國立中山大學天文臺兩月刊

中西名詞對照表

A

Abbot 阿普特.....	53
Aberration of light 光行差	38
Absolute magnitude 絕對 星等	154
Absolute radial velocity 絕 對視線速度.....	161
Adams 阿丹斯	133
Albedo 反照率.....	57
Algol variable 大陵變星 ...	175
Almagest 多祿某天文集.....	161
Altazimuth mounting 地平 經緯式裝置.....	18
Altitude 地平緯度.....	10
Annual parallax 周年視差	151
Annular eclipse 環食.....	74
Anomalistic year 近點年...	83
Aphelion 遠日點.....	38
Apparent solar day 視太陽 日	82
Apparent time 視時.....	82
Ascending node 升交點.....	104
Asteroids 小行星	98
Astronomy 位置天文學... ..	2
Astronomical clock 天文時 鐘	27
Astronomical latitude 天文 緯度	32
Astronomical telescope 天 文遠鏡.....	18

Astronomical time 天文時	87
Astronomical unit 天文單位	41
Astronomy 天文學.....	1
Astrophotography 天體攝 影學	3
Astrophotometry 天體測光 學	3
Astrophysics 天體物理學...	2
Astrospectroscopy 天體分 光學	3
Atmosphere 大氣, 蒙氣.....	31
Atmospheric refraction 蒙 氣差	31
Autumnal equinox 秋分點	13
Azimuth 地平經度.....	11

B

Barnard 巴納.....	122
Barnard's star 巴納星	151
Bela 比拉	148
Binary stars 聯星.....	168
Bode's law 波特定律.....	99
Bolometer 電阻測輻射熱器	154
Bolometric magnitude 測 熱星等.....	154
Brorsen 布羅孫	134

C

C. P. Bond 蓬得	127
Calendar 曆	87

Calorie 卡 53
 Canals 運河.....117
 Cannon 康倫156
 Cardinal points 四方點..... 10
 Cassegrainian's reflecting telescope 蓋賽林式返光遠鏡..... 20
 Cassini's division 卡西尼環縫127
 Celestial axis 天軸..... 9
 Celestial equator 天球赤道 9
 Celestial globe 天球儀 6
 Celestial mechanics 天體力學 2
 Celestial meridian 天球子午圈 9
 Celestial poles 天極 8
 Celestial sphere 天球..... 6
 Cepheid variable 造父變星 174
 Ceres 小行星 (1).....120
 Chromosphere 色球 46
 Chronograph 記時儀..... 27
 Chronometer 計時錶..... 27
 Circumpolar stars 拱極星... 95
 Civil time 民用時 87
 Cluster variable 星團變星...180
 Color index 色指數.....153
 Coma (of a comet) 彗髮...137
 Coma-Virgo star cloud 后髮室女恆星雲202
 Comets 彗星 1
 Companion 伴星.....169
 Conjunction 合.....102
 Constellations 星座161
 Corona 日冕 46

Coronium 氦..... 51
 Cosmogony 宇宙原始論..... 3
 Cosmology 宇宙論.....201
 Counterglow 對日照... 98, 134
 Crape ring 土星暗環127
 Crater (of the moon) 月面之
 隕形山..... 59
 Crescent moon 蛾眉月..... 61

D

Dark nebula 暗星雲.....183
 Date line 日界綫..... 87
 Day 日 82
 Declination 赤緯 12
 Declination axis 赤緯軸 ... 22
 Descending node 降交點...104
 Descriptive astronomy 敘述天文學..... 3
 Diffuse nebula 瀰漫星雲 ...180
 Dip of horizon 地平俯角 ... 9
 Direct motion 順行102
 Diurnal motion 周日運動... 36
 Doppler's effect 杜柏那效應 52
 Double star 雙星168
 Driving clock 轉儀鐘..... 22
 Dumb-bell nebula 啞鈴星雲.....185
 Dwarf star 矮星.....200

E

Earth 地球..... 28
 Earth-shine 地球反照..... 63
 Eccentricity 偏心率.....104

Eclipse year 食年..... 79

Eclipsing variable 食變星...171

Ecliptic 黃道..... 13

Ecliptic coordinates 黃道
坐標..... 16

Ecliptic poles 黃極..... 15

Effective temperature 有
效溫度..... 52

Einstein 愛因斯坦..... 77

Elements of the orbit 軌道
根數..... 104

Elliptical nebula 橢圓星雲 182

Equation of time 時差..... 83

Equatorial telescope 赤道儀 22

Equatorial coordinates 赤
道坐標..... 14

Equatorial mounting 赤道
式裝置..... 18

Equatorial parallax 赤緯
視差..... 41

Eros 小行星 (433)..... 122

Eruptive prominences 耀
發日珥..... 49

Extra-galactic nebula 河
外星雲..... 180

Eye-piece 目鏡..... 20

F

Faculae 光斑..... 44

Family of comets 彗星族...143

Finder 尋星鏡..... 25

Fire ball 火流星..... 145

First contact 初觸..... 72

First quarter (of moon) 上

弦..... 61

Fixed stars 恆星..... 1

Flash spectrum 閃光光譜... 47

Flocculi 譜斑..... 49

Foucault's pendulum 佛科
氏擺..... 35

Fourth contact 復圓..... 72

Full moon 望月..... 61

Fundamental stars 基本星 25

G

Galactic coordinates 銀河
坐標..... 16

Galactic nebula 銀河星雲..180

Galactic plane 銀河面..... 16

Galaxy 銀河系..... 196

Galle 加爾..... 133

Gegenschein 對日照...98, 134

Geocentric latitude 地心緯
度..... 33

Geo-coronium 氫氣..... 31

Geographical latitude 地理
緯度..... 33

Geoid 平均面..... 33

Georgium Sidus 喬治星...131

Giant star 巨星..... 200

Globular cluster 球狀星團 178

Grating 迴折光柵..... 155

Great circle 大圓..... 8

Greatest eastern elongation
東大距..... 102

Greatest western elonga-
tion 西大距..... 101

Greenwich 格林維基..... 32

Gregorian's reflecting telescope 格里式返光遠鏡..... 20
 Gregorian calendar 格里曆 89

H

Hale 黑爾 46
 Halley 哈雷 158
 Head 埠頭 137
 Heavenly bodies 天體..... 1
 Herschel's reflecting telescope 伏亥勒式返光遠鏡 ... 20
 High water 高潮 67
 Hilda group 希爾達羣 122
 Horizon 地平..... 7
 Horizontal coordinates 地
 平坐標..... 11
 Horizontal plane 地平面... 7
 Hour 小時 82
 Hour angle 時角 13
 Hour circle 時圈 9
 Hyades 畢星團 178

I

Inferior conjunction 下合 101
 Inferior planets 內行星 ... 98
 Irregular nebula 不規則星雲 182
 Irregular variable 不規則
 變星 171
 Island universe 島宇宙..... 202

J

Jaussen 雅孫 47
 Julian calendar 儒略曆..... 89
 Julian day 儒略日..... 93

Juno 小行星 (3)..... 122
 Jupiter 木星 98

K

Kapteyn 卡普泰因..... 202
 Kepler's laws 刻卜爾定律... 103
 Kirchhoff 奇霍夫 43

L

Lalande 拉隆德..... 152
 Latitude 黃緯, 緯度 16, 32
 Leverier 勒未和埃..... 133
 Libration in latitude 緯天
 平動 68
 Libration in longitude 經
 天平動..... 67
 Lick Observatory 立克天文
 臺 20
 Light year 光年..... 151
 Line of nodes 交點線 104
 Local time 地方時..... 83
 Long period variable 長期
 變星 170
 Longitude 黃經, 經度 ... 16, 32
 Lowell 洛威爾..... 117
 Lunar calendar 太陰曆..... 88
 Lunar eclipse 月食 71
 Lunar ecliptic limits 月食
 限 73-74

M

Magellanic clouds 墨氏臘尼
 雲 196

Magnifying power	放大率	20
Magnitude	星等	153
Mare	海	59
Mars	火星	98
Mean solar day	平太陽日	82
Mean sun	平太陽	83
Mean time	平時	82
Mercury	水星	98
Meridian observation	中天	
觀測		25
Meridian circle	子午儀	25
Meteor trail	流星餘跡	145
Meteor shower	流星羣	148
Meteorite	隕石	145
Meteorology	氣象學	4
Milky way	銀河	196
Minor planets	小行星	98
Minute	分	82
Mira	竒星增二	174
Month	月	88
Moon	太陰(月)	57
Moon's path	白道	63
Mt. Wilson Observatory	威爾遜山天文台	21
Multiple stars	聚星	168
N		
Nadir	天底	7
Nebula	星雲	1
Nebula hypothesis	星雲假說	201
Nebulium	氛	182
Neptune	海王星	98
New moon	朔, 新月	61

Newton	牛頓	2
Node	交點	63
North polar distance	北極距	13
North pole	北極	8
Novae	新星	170
Nucleus	彗核	137

O

Objective	物鏡	20
Obliquity of the ecliptic	黃赤交角	15
Occlusion	掩星	80
Open cluster	疏散星團	178
Oppolzer	俄波爾則	122
Opposition	衝	102
Optical double stars	視雙星	168
Osthoff	俄斯特荷夫	152

P

Pallas	小行星(2)	122
Parallax	視差	41
Parsec	秒差距	151
Partial eclipse	偏食	72
Penumbra	半影	44, 72
Perihelion	近日點	38
Periodic comet	周期彗星	137
Periodic variable	周期變星	173
Phases of the moon	月相	61
Photographic magnitude	攝影星等	153
Photosphere	光球	43

Photovisual magnitude 仿視星等.....	154
Physical libration 眞天平動.....	67
Physical double stars 物理雙星.....	168
Piazzi 彼阿齊.....	120
Pickering 彼刺林.....	117
Planetary nebula 行星狀星云.....	182
Planetary system 行星系.....	98
Planetesimal hypothesis 微星假說.....	201
Planets 行星.....	1
Pleiades 昴星團.....	178
Plumb line 鉛垂線.....	6
Pluto 冥王星.....	98
Pogson's Law 波克松定律.....	153
Polar axis 極軸.....	22
Polar caps 極冠.....	116
Praesepe 昴星團.....	178
Practical astronomy 實用天文學.....	2
Primary 主星.....	169
Prime vertical 卯酉圈.....	9
Prominences 日珥.....	47
Proper motion 自行.....	53, 158
Proxima 比隣星.....	151
Ptolemy 多祿某.....	153

Q

Quadrature 方照.....	102
Quadruple star 四合星.....	168
Quiescent prominences 寧靜日珥.....	49

R

Radial motion 視線運動.....	55, 160
Radial velocity 視線速度.....	160
Radiant 輻射點.....	118
Rational horizon 地心地平.....	8
Rays (of the moon) 月面輻射紋.....	59
Reflecting telescope 返光遠鏡.....	18
Refracting telescope 折光遠鏡.....	18
Retrograde motion 逆行.....	102
Reversing layer 反變層.....	46
Revolution 公轉.....	38
Ricegrain structure 米粒組織.....	43
Right ascension 赤經.....	14
Ring nebula 環狀星雲.....	185
Rings of saturn 土星光環.....	127
Rotation 自轉.....	35
Russell 羅素.....	199

S

Saros cycle 沙羅周期.....	79
Satellites 衛星.....	1
Saturn 土星.....	98
Schiaparelli 斯基阿巴里利.....	117
Scintillation 閃動.....	32
Secchi 塞基.....	155
Second 秒.....	82
Second contact 食既.....	72
Sensible horizon 日視地平.....	8
Shooting stars 流星.....	1

Short period variable 短期 變星	171	Sun 太陽.....	41
Sidereal month 恆星月.....	63	Sun-spot 太陽黑子.....	43
Sidereal time 恆星時.....	82	Superior conjunction 上合.....	101
Sidereal year 恆星年.....	88	Superior planets 外行星 ...	99
Solar apex 太陽頂點.....	53	Synodic month 朔望月.....	65
Solar calendar 太陽曆.....	88		
Solar constant 太陽常數... 53			
Solar eclipse 日食.....	74		
Solar ecliptic limits 日食限	77		
Solar system 太陽系.....	98		
Solar time 太陽時.....	83		
South pole 南極.....	9		
Spectra 光譜.....	155		
Spectroheliograph 分光攝 影儀.....	56		
Spectroscopic binary 分光 雙星	170		
Spectroscopic parallax 分 光法視差.....	151		
Spectrum 光譜	155		
Spherical astronomy 球面 天文學.....	2		
Spindle nebula 梭狀星雲... 182			
Spiral nebula 旋渦星雲.....	182		
Spörer's law 斯波按定律 ... 45			
St. John 聖約翰.....	46		
Standard time 標準時.....	83		
Star cloud 恆星雲.....	202		
Star cluster 星團	1		
Star drift 星流	161		
Stationary point 留.....	102		
Stefan's law 斯泰方定律 ... 52			
Stellar evolution 恆星演化	199		
Summer solstice 夏至	15		
		Tail 彗尾.....	137
		Telescope 遠鏡	18
		Theodolite 經緯儀.....	94
		Third contact 生光	72
		Third quarter(of moon) 下 弦.....	61
		Thule group 圖勒羣.....	122
		Tidal action 潮汐作用	67
		Tide-raising force 長潮力... 67	
		Time 時	82
		Tombough 托姆包	134
		Torsion balance 扭轉天秤... 39	
		Total eclipse 全食.....	72
		Transit of mercury 水星凌 日	113
		Transit of venus 金星凌日	116
		Transit instrument 中星儀	25
		Trifid nebula 三葉星雲.....	182
		Triple star 三合星.....	168
		Trojan group 脫羅央羣.....	122
		Tropical year 回歸年.....	88
		Twinkling of stars 星的閃動	32
		Tycho Brahe 第谷.....	59
		Umbra 本影	44, 72
		Universe 宇宙.....	201
		Uranus 天王星	98

V	
Variable star 變星.....	150
Variation of latitude 緯度 變移.....	33
Venus 金星.....	98
Vernal equinox 春分點.....	13
Vertical circle 地平經圈 ...	8
Vesta 小行星(4).....	122
Visual magnitude 目視星等	153
Vogel 福該爾.....	156
W	
White dwarf 白矮星.....	200
Winter solstice 冬至點.....	15
Wolf 佛爾夫.....	152
Wolf-Rayet star 佛累星	156, 185
Y	
Year 年.....	88
Yerkes Observatory 葉凱士 天文台.....	20
Z	
Zenith 天頂.....	7
Zenith distance 天頂距 ...	11
Zenith telescope 天頂儀 ...	96
Zodiacal light 黃道光.....	98

標商冊註



(30)
(12278)
2.20