

顧元編

高級中學
教科書
天文學

商務印書館發行

顧元編
竺可楨校

高級中學
教科書
天文學

商務印書館發行

中華民國二十一年三月初版
月國難後第一版

(二一五〇)

高級中學
教科書
天 文 學 一 冊

每冊定價大洋壹元壹角

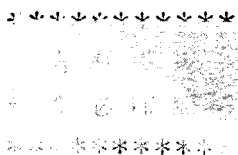
外埠酌加運費匯費

編 纂 者 顧 元

校 訂 者 竺 可 楨

發 行 兼 印 刷 者 商 務 印 書 館
上海河南路

發 行 所 商 務 印 書 館
上海及各埠



序

吾國天學，發明最早，著作相傳，當以甘石星經爲最古之恆星錄，淮南天文訓爲最古之天文學，迨司馬遷作史記，有曆與天官二書，於是歷代作史者，大半有天文曆律諸志，但其進甚遲，明史二志，有譯自歐西學說及引用回回法者，皆屬十六世紀以前之物，不能出都祿畝之範圍，至歌白尼行星繞日之說，中國天學諸書所未見也。十六世紀以來，歐西學者輩出，天學孟晉，而吾國士子方沾沾於八股詩賦，爲獵取功名之具，遂相去懸絕。直至同治初年，李善蘭藉偉力亞烈之口述，譯成談天一書，其原箸出自英國天文家侯失勒約翰，傳誦於世，李氏譯筆，又極詳明，於是中國始得見天學之全豹，明志以後，三百年中，惟此一書，雖李氏之後，亦有三五譯本，然皆無足稱道，甚矣譯箸之難也！李氏書去今已七十年，雖屬超超原著，究已不合時宜，况最近二十年中，歐美學者蠡起，測天之器，精益求精；學校教本，屢見迭出，近來國人之著作，亦日有所見，未嘗不足以介紹最新

學理，而合於教科用者，仍寂無所聞。吾友顧子勛伯，精研天算，在蘇校教授天文有年，以平日經感所得，出其餘緒，譯著天文學一書，深得楊西愛天文範本之氣息，而復博採羣書，蔚為巨著，至堪欽佩！今復以天學進步，日新月異，而謀所以增益之，再版在即，辱書囑序，因思此書出，而李氏不能專美於前矣，更望繼顧子而起者，接踵而來，開吾國天學界之新紀元，實以此書為之先聲。

民國二十一年元旦槃亭弟朱文鑫謹序

弁 言

吾國天文之學，開創最先，黃帝演蓋天之象，顓頊造渾天之儀，唐堯定四時，虞舜齊七政，伊古神聖，欽若昊天，敬天以勤民，承天以布化，所從來舊矣。降及後世，漢有天官書，以詳推步；晉有天文志，以紀星官。自炎漢以迄有清，遙遙數千載，歷歷數十朝，莫不司天有官，欽天有監，其餘散見於諸子百家者，尤難僂指數也。然而抵掌空談，不盡潛心實驗，求其精確完備，未有如近代歐美之天文學也。方今科學昌明，泰西哲士，極知天文之重要，不憚好學深思，精擊實理，測天有鏡，觀天有臺，成枕中鴻寶之書，開海外疇人之秘。本諸實測，迥異虛誇。既握靈蛇之珠，不吝荆山之璞。泛槳東渡，指示南鍼。吾國明智之士，知其學說之精且確也，於是大學及高中理科，俱列天文學程，法至善也。而議者不察，輒謂學理湛深，無裨實用。殊不知吾人生長宇宙之間，萬象森羅，皆當觀察，豈有蒼蒼者日臨吾上，乃可熟視無覩，不一研究之乎？且地理航海測量諸學，在在

與天文相關，爲用豈不廣乎？昔顧亭林曰：“三代以上，人人皆知天文，七月流火，農夫之辭也；三星在天，婦人之語也；月離於畢，戍卒之作也；龍尾伏辰，兒童之謠也。後世文人學士，有問之而茫然不知者。”旨哉斯言，有慨乎其言之矣！蓋天文爲吾人應有之常識，精言之，固可以贊化育，致中和。粗言之，亦可以知物候，祛迷信。卽所謂夫婦之愚，可以與知者。果能科別其條，茂明其說，有裨於教育前途匪尠也。著者之愚，以爲西文原本，初學不易索解。而吾國天文書之可供教科用者，絕不多觀。爰本一己夙昔所研究，兼采中西書籍數十種，鉤元提要，舍短取長，著成此書。書中既將歐西學識，網羅殆遍。而於吾國天文史，別敘一章，以彰國粹。將貢獻於學界，闡揚吾國絕詣，博綜東西之學，溝通中外之郵，此著者所期望也。至於所用恆星名詞，皆依中央觀象臺刊行之中西恆星對照錄；人名地名，皆依商務書館之外國人名地名表，以資劃一。其他小行星衛星等各種名詞，概由著者按照西文原意譯之。是書傾羣言之瀝液，經兩載之星霜；雖竭力於管窺，恐貽譏於牆面。儻有未盡美善之處，當代不少鴻碩之儒，尙希有以匡正之。

民國十五年八月吳縣顧元

目 錄

第一章 緒論

1. 天文學之發源及用途.....1
2. 天體.....2
3. 天體之遠度及運動.....3
4. 星座.....3
5. 天球.....4
6. 天體之視位.....4
7. 天頂天底及地平面.....5
8. 地平經線與天球子午線地平緯度與地平經度.....6
9. 天體之日週視轉.....7
10. 兩極之定義.....10
11. 天球赤道赤緯及時圈.....11
12. 天球子午線及方位主點.....11
13. 春分點.....13
14. 赤經.....14
15. 黃經黃緯.....15

16. 總結.....15

第二章 恒星圖說

17. 概說.....16
18. 星座表.....16
19. 天球儀與星圖.....20
20. 本書之星圖.....20
21. 星之等級.....21
22. 星之名稱.....22
23. 大熊星座與小熊星座.....22
24. 王后星座與國王星座.....23
25. 天龍星座與鹿豹星座.....24
26. 極圈星座中之銀河.....25
27. 永照圓.....25
28. 公主星座.....25
29. 雙魚星座與北三角星座.....26
30. 白羊星座與海怪星座.....27
31. 大將星座與御夫星座.....27
32. 金牛星座.....28
33. 獵戶星座.....29

-
34. 波江天兔天鴿三星座……………29
35. 天貓星座與雙子星座……………30
36. 小犬大犬麒麟三星座……………30
37. 天舟星座與巨蟹星座……………31
38. 獅子小獅六分儀三星座……………31
39. 長蛇星座……………32
40. 室女與后髮星座……………32
41. 獵犬與牧夫星座……………33
42. 北冕與天秤星座……………33
43. 抽氣機半人馬及豺狼三星座……………34
44. 天蠍矩尺及天壇三星座……………34
45. 巨蛇與持蛇夫星座……………35
46. 武仙與天琴星座……………35
47. 天鵝狐狸天鵝三星座……………36
48. 天箭與天鷹星座……………37
49. 弓手與山羊星座……………37
50. 海豚小馬蜥蜴三星座……………37
51. 飛馬星座……………38
52. 水夫南魚等星座……………38

第三章 經緯及時間

53. 緯度之定義.....40
54. 測緯度法.....41
55. 緯度與天體形勢之關係 垂直球.....41
56. 平行球.....42
57. 傾斜球.....42
58. 視太陽時.....43
59. 太陽平時.....44
60. 俗用日與天文日.....44
61. 恆星時.....45
62. 經度之定義.....45
63. 測經度法.....46
64. 地方時與標準時.....46
65. 一日之起算.....47

第四章 地球 日之視動

地球公轉 曆法

66. 地球概說.....48
67. 大地之形狀.....49

-
68. 地球直徑之測法.....49
69. 地球自轉.....50
70. 佛科氏擺之實驗.....51
71. 自轉與形狀之關係.....52
72. 測地球質量之法.....53
73. 地球構造.....55
74. 日之視動.....55
75. 黃道之附屬名詞.....56
76. 黃道帶與十二宮.....57
77. 地球軌道.....57
78. 地球軌道之附屬名詞.....59
79. 地球運動之定律.....59
80. 四季.....60
81. 氣候變化.....61
82. 分點歲差及章動.....63
83. 歲差之影響.....64
84. 年之記法.....64
85. 曆法.....65
86. 朱氏曆法.....65
87. 格氏曆法.....66

第五章 月

88. 月之視動及附屬名詞……………61
89. 恆星月及朔望月……………63
90. 月之軌道……………70
91. 視差……………70
92. 測月球視差之法……………71
93. 月之視差遠度等……………72
94. 月之自轉……………73
95. 月之天平動……………74
96. 月之位相……………74
97. 月面所受地球之光……………76
98. 月面無水與空氣……………76
99. 月之光熱……………76
100. 遠鏡中之月球……………78

第六章 日及分光器

101. 概說……………80
102. 日之遠度直徑等……………80
103. 日之自轉……………81

-
104. 日面之研究法.....82
105. 光輪.....83
106. 黑點之形性.....85
107. 黑點之廣袤及分佈.....86
108. 黑點之週期.....87
109. 分光器之效用.....88
110. 分光器之構造.....88
111. 分光景之種類.....89
112. 分光景之詮釋.....90
113. 吸收景之實驗.....90
114. 日中原質之分析法.....91
115. 日中已知之原質.....92
116. 煙輪.....94
117. 杜柏勒原理.....94
118. 色輪.....95
119. 日珥及其分光景.....96
120. 日珥之形狀.....96
121. 日暈.....97
122. 日暈之分光景.....98
123. 日暈之本性.....99

124. 日之光熱.....99
125. 日之壽命及年齡100
126. 鐳質供熱及滅物生熱說101

第七章 月食 日食 潮汐

127. 日月食概說103
128. 地影之長度103
129. 月食之種類105
130. 月全食之現象105
131. 月影之長度106
132. 全食及環食107
133. 半影與偏食之關係108
134. 月影速度及日食時間108
135. 日食現象109
136. 一年內食之次數109
137. 潮汐之成因110
138. 潮汐之種別111

第八章 行星

139. 行星概說113

-
140. 行星之常數114
141. 波得定律115
142. 刻卜勒氏三大定律115
143. 行星軌道116
144. 行星對於地球之視動117
145. 順行及逆行118
146. 行星之附屬名詞119
147. 會合週期121
148. 行星之會合運動121
149. 托勒密制與哥白尼制122
150. 行星之大小123
151. 行星之質量密度及比重124
152. 行星之自轉週期等124
153. 行星之衛星125
154. 行星之表解125
155. 水星概說127
156. 水星軌道127
157. 水星之廣袤質量等127
158. 水星之外觀及位相等128
159. 水星之自轉129

160.	水星之過渡	129
161.	金星概說	130
162.	金星之廣袤質量及密度等	130
163.	金星之外觀及位相等	131
164.	金星面之標記	132
165.	金星之過渡	132
166.	火星概說	133
167.	火星之廣袤及質量等	134
168.	火星之外觀及位相等	134
169.	火星之自轉等	135
170.	火星之標記及形勢等	136
171.	火星面之運河及其雙像	137
172.	火星之衛星	138
173.	火星上之生物	139

第九章 行星(續)

174.	小行星發現史	140
175.	小行星之軌道	141
176.	小行星之本體	142
177.	愛神星	143

-
178. 水星軌道內之行星144
179. 黃道光144
180. 木星概說145
181. 木星之廣袤質量及密度等145
182. 木星之外觀及反射率等146
183. 木星之大氣及分光景148
184. 木星之自轉148
185. 木星面之狀況148
186. 木星之衛星149
187. 木星之過渡及衛星食150
188. 土星概說150
189. 土星之廣袤及質量等151
190. 土星之表面狀況反射率及分光景151
191. 光環之組織152
192. 土星之衛星153
193. 天王星概說154
194. 天王星之衛星155
195. 海王星發現史155
196. 海王星之軌道156
197. 海王星之衛星156

198. 海王星上所見之太陽系157
199. 海王星軌道以外之行星157

第十章 彗星隕星及流星

200. 彗星形狀及顆數158
201. 彗星之名稱160
202. 彗星之現期及光度160
203. 彗星軌道160
204. 彗星與太陽之最近距離162
205. 拋物線彗星爲太陽之賓162
206. 週期彗星163
207. 羈留學說163
208. 彗星組織164
209. 彗星之廣袤164
210. 彗星質量166
211. 彗星密度166
212. 彗星之光167
213. 彗星趨近地球時之現象167
214. 尾之成因167
215. 尾之種類169

-
216. 離奇現象 170
217. 彗星之本質 171
218. 彗星之害 171
219. 著名之彗星 172
220. 1882年之大彗星 173
221. 嚇列彗星 176
222. 彗星之攝影 176
223. 隕星與隕石 177
224. 隕星之成分 178
225. 隕星之進路及速度 179
226. 隕星之光熱 179
227. 隕星之來源 180
228. 流星概說 180
229. 流星個數 181
230. 流星之進路及速度 181
231. 流星之光度成分及質量 181
232. 流星羣 182
233. 流星羣之現期 183
234. 流星羣之性質及軌道 184
235. 流星之來源 184

第十一章 恒星

236. 恆星顆數 187
237. 恆星錄 188
238. 恆星圖及恆星攝影 188
239. 恆星之正動 190
240. 恆星之速度 190
241. 太陽之正動 191
242. 視差 192
243. 遠度 193
244. 光比及遠鏡視力 193
245. 星光不同之原因 194
246. 輓近所知之大星 194
247. 變光星之分類 195
248. 第一類變光星 196
249. 第二類變光星 196
250. 第三類變光星 196
251. 大將座中之新星 197
252. 第四類變光星 198
253. 第五類變光星 198

-
254. 第六類變光星199
255. 變光星之解釋199
256. 第六類變光星之解釋201
257. 變光星之顆數名稱及變光範圍201
258. 概說202
259. 恆星分類法203
260. 恆星分光景之攝影204
261. 星之閃爍205

第十二章 恆星(續)

262. 雙星206
263. 雙星之性質207
264. 聯星207
265. 聯星之軌道208
266. 聯星之常數208
267. 恆星周圍亦有行星否209
268. 分光器的聯星210
269. 聚星211
270. 星團211
271. 星雲概說212

272.	星雲之繪圖及攝影	216
273.	星雲之分光景	217
274.	星雲之遠度及分佈	218
275.	銀河	218
276.	恆星之分佈	219
277.	恆星羅列之真相	219
278.	恆星亦成一系統否	220
279.	概說	221
280.	太陽系之產生問題	221
281.	拉普拉斯氏星雲假說	222
282.	羅挈氏流星假說	224
283.	微星假說	224
284.	宇宙之終	225

第十三章 天文儀器

285.	天球儀	226
286.	天球儀之用法	227
287.	遠鏡	228
288.	簡單屈折遠鏡	229
289.	倍率	229

-
290. 像之光度 230
291. 消色遠鏡 230
292. 消色不完全之弊 231
293. 迴折及虛圓面 231
294. 目鏡 232
295. 小網 233
296. 反射遠鏡 233
297. 兩種遠鏡之比較 234
298. 赤道儀 234
299. 測微器 236
300. 南高儀 237
301. 時計 238
302. 子午儀 238
303. 六分儀 240

第十四章 中國天文學史略

304. 導言 242
305. 天宇視動 242
306. 恆星 243
307. 行星 244

308.	隕星及流星	245
309.	歲差	246
310.	日月運行	247
311.	儀象	248
312.	占驗	248
313.	曆法	249
314.	言天三家	250
315.	四季及晝夜長短	251
316.	結論	252

附 錄

317.	時角與時間之關係	255
318.	薄明	256
319.	測緯度之又一法	256
320.	測海上經緯度之法	257
321.	光差及光差常數	258
322.	由光差常數求太陽遠度	259
323.	光行差	260
324.	由光行差求太陽遠度	261
325.	太陽視差之測法	261

326.	恆星視差之測法	262
327.	絕對法	263
328.	相差法	263
329.	分光法	265
	習題	266
第一表	天文常數	271
第二表	星座之位置及星數	272
第三表	太陽系之要素	274
第四表	衛星	276
第五表	主要變光星	278
第六表	恆星之正動及視差	280
第七表	西星專名一覽	282
	希臘字母	284
	各種符號	284
	名詞索引	

第一章

緒論

(1)“天文學”(Astronomy)之發源及用途 “天文學”者，研究“天體”(Heavenly bodies)之科學也。其在科學上之位置為最高，發達亦最早。昔太昊伏羲氏即位都丘，命其臣昊英作甲曆，曆成，乃鳩衆於傳教臺，^①告民示始。此實開曆法之先河。唐堯即位，命羲和欽若^②昊天，歷象日月星辰，敬授人時。年者禪舜，訓之曰，天之歷數在爾躬，舜亦以命禹，其重視天文也如此。故司馬遷作史記，而特闢天官書一門。歷代史家沿襲其制，類多詳載乾象，昭垂後世，誠盛事焉。夷考吾國天文上種種發明，遠在希臘埃及以前，東西洋談天者咸盛稱之，可謂無上光榮！

① 傳教臺者，傳佈政教之臺也。

② 欽若，即敬順之意。

迨夫近代，歐美學者研究天文，進步至速，用途愈廣。如地面各處之經緯度，皆可依此測定，使航海家與地理家得莫大之便利。大地測量中，如劃分國界洲界等，亦常採用天文學方法。世界各國長距離鐵路，每藉天文學以定各大站之正確時間。時間之觀念，本於天體之“視轉”（Apparent revolution）。

(2)“天體” “天體”之包羅甚廣：其一為“太陽系”(Solar system)即“太陽”，“行星”(Planets)及“衛星”(Satellites)是也。行星繞行於太陽；衛星繞行於行星。其二為“彗星”(Comets)與“流星”(Shooting star)，亦繞太陽而行，但其性質異於行星，軌道之形亦異。其三為“恆星”(Stars)及“星雲”(Nebulae)，範圍最廣，夜間閃爍於天上者，多屬之。吾人所居之地球，亦屬行星之一，月則地球之衛星也。恆星與太陽，種類相同，溫度相當。行星及衛星，既暗又冷，一如地球，須藉日光之反射，方能瞭見。彗星狀如雲霧，首部常有光明之核。行近太陽時，有輕微物質外泄成尾。星雲如雲之一團，或如縷烟，多見於遠鏡中，距地極遠。除能見之恆星外，其不可見者甚多，皆因溫度低，而光輝微弱之故。然其中偶有數顆，能改變他恆星之運動狀態，故可推測其存在。自遠鏡發明後，鏡中所見之恆星，共有數百萬顆。

(3) 天體之遠度及運動 晴夜仰觀天空，恆星密布，與觀察點之距離既極遠，而遠度又各異，較之地面上任二處之距離，相去不可以道里計。例如紐約 (New York) 與利物浦 (Liverpool) 相距三千餘哩；月地之距離，八十倍之；日地之距離，三萬二千倍之；最近恆星與地球之距離，一千萬倍之；最遠恆星與地球之距離，則數百萬萬倍之。

今再論天體之運動，大多數之天體，吾人覺其靜止，間有呈升降之象者，則以地球自轉故耳。雖然，凡屬天體，無不運動，其速度之大，出於意想之外。以礮彈速度，與天體運動中之最緩者相較，宛如蝸牛蠕動與吾人步行之比耳。考地球繞行太陽之速度，為每秒十八哩半，約抵礮彈最大速度之五十倍。但吾人毫不覺地球運動者，以其進程平穩，且地面空氣圈以外，完全真空，絕無阻力之故。

(4) “星座”(Constellation) 天體之運動，與距地之遠近，經數百年之研究，始行測定。晦夜出觀衆星，疏密分合，照耀成羣，歐西天文家區分每羣為一星座，我國先儒則分之為三垣二十八宿。往時西人描繪星座，多取人物鳥獸器用等，以象其形。迄於今日，則天上諸星座，概以虛設之曲線劃分之，如地圖上之劃分國界然。至於星座之疆界，及其

個數多少，議論紛紜，尙未一致。自大天文家托勒密氏① (Ptolemy) 相傳至今，凡四十八座。氏之前，已有多數星座劃分而冠以名稱矣。

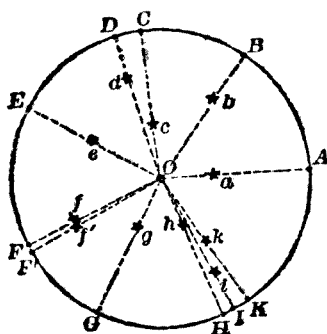
近世天文家，又增設星座二十左右，爲一般學者所公認。此外擬設而未經公認者，如其數，今已棄置。

(5)“天球”(Celestial sphere) 蒼蒼者天，形如球頂；歷歷星辰，羅列其內。天人距離，遠至無可臆測。今爲便利計，假定爲處處相等，無所短長。如是設想，則天形如球，廣大無垠，是曰天球。地球居其中心，相形之下，微小如同一點。數十百萬之天體，俱在天球內部，作拱衛地球之狀。

天球既大而無當，天體亦距地甚遠，則自天體所來之光線，達於地面，就一地方言之，可視爲平行。

(6)天體之“視位”(Apparent place) 觀察點與某天體間，假作一直線，引長之，交天球面於一點，則稱此點爲該天體之視位，視位與天體之方位有關，而與遠度無涉。如第一圖，O 爲觀測點，A, B, C 爲 a, b, c 諸星之視位。又 h, i, k 三星，幾在一直線上，相隔甚遠，人目望之，儼若

① 托勒密氏以西曆一百三十年生於埃及亞歷山大利亞 (Alexandria)



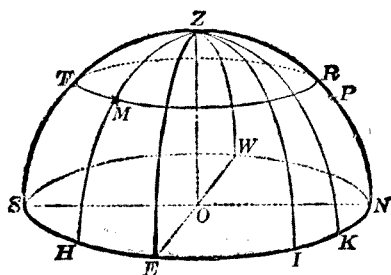
第一圖 星之視位

H, I, K三點之相接。常見月旁有一光明恆星，離月頗近，實則甚遠，即其例也。

表示二天體間距離之法，非用角度不可。角度之單位為度，分，秒。一圓周為三百六十度，一度六十分，一分六十秒。例如北斗星之斗柄長 16° ，斗身長 10° ，日月直徑各長 $30'$ 。

(7)“天頂”(Zenith)“天底”(Nadir)及“地平面”(Horizon)自觀測者之頭部，垂直向上，所遇天球之一點，謂之天頂；垂直向下，所遇天球之一點，謂之天底。地平面者，環繞天球之大圓，居天頂與天底之中央，與之相距各為 90° 。易言之，經過觀測點作一平面，與鉛直線垂直，且與天球相割，成一大圓，此之謂地平面。

(8)“地平經線”(Vertical circles)與“天球子午線”(Celestial meridian) “地平緯度”(Altitude) 與“地平經度”(Azimuth) 經天頂天底兩點並與地平面垂直之諸圓，謂之地平經線。任一恆星在任一瞬間，必居於一定之地平經線上。地平經線之通過南北二點^①者，謂之天球子午線。與天球子午線成直角之地平經線，謂之“卯酉線”(Prime vertical)。凡與地平面平行之諸小圓，謂之“地平緯線”(Almucars)。藉以上諸名詞，可定天體之視位，見第二圖。



第二圖 水平圓與垂直圓

- | | |
|--------------------|-------------|
| ○ 爲觀測點 | OZ 爲觀測點之鉛直線 |
| Z 爲天頂 | P 爲極 |
| SWNE 爲地平面 | SZPN 爲子午線 |
| EZW 爲卯酉線 | M 爲星 |
| ZMH 爲星之地平經線 | TMR 爲星之地平緯線 |
| TZM 角或 SH 弧爲星之地平經度 | |
| HM 弧爲星之地平緯度 | ZM 弧爲星之天頂距離 |

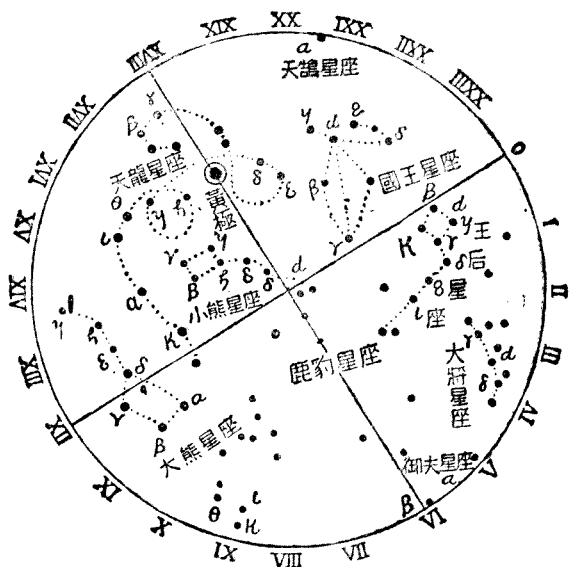
① 南北點之定義，見第十二節。

天體對於地平面之仰角，謂之地平緯度。換言之，即該天體自地平經線上之原位置起，至地平面止，所量得之圓弧也。如圖，地平經線 ZMH 通過 M 點， MH 弧之度數，即表 M 之緯度。 ZM 弧表“天頂距離”(Zenith distance)。

天文中之地平經度，與測量中之方位角略同；所異者，前者以天球子午線為根據，後者以磁性子午線為根據耳。自地平面之南點起，至該天體之地平經線之足為止，由其間圓弧之度數，以表天體之地平經度。

地平經度之算法有二：有仿照測量中之方位角，以東，或南，或北偏西幾度等，表示者。如圖， M 之地平經度約為南偏東 50° ，又以南為起點，順鐘針方向旋轉，經西北二方，而達原位，以計算其度數者。如圖， M 之地平經度為 310° ，即 $SWNEH$ 之圓弧。後法較為明晰，故通用之。

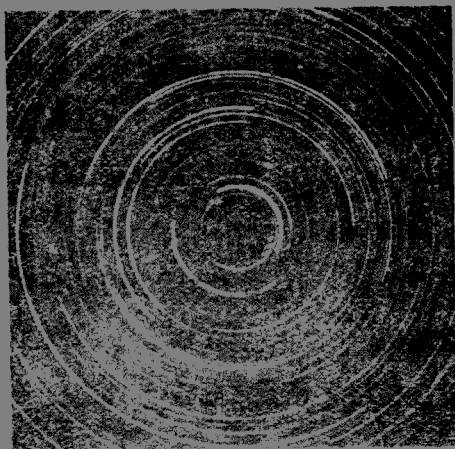
(9) 天體之“日週視轉”(Apparent Diurnal rotation) 早秋之夜，(例如九月二十二號下午八時) 北望諸恆星，則其形如第三圖。北方有“大熊星座”(Ursa major)，其中最重要者，為“北斗七星”(Great dipper)，斗柄向上而斜指西方；其他四星中之偏東二星，與“極星”(Pole star 或 Polaris) 幾成一直線，故稱曰“指極星”(Pointers)。極星孤立，光度與指極星略同，在北平觀之，殆位於地平面與天頂之中央。



第三圖 極圈星座

自極星起，更向東方觀之，則有五星，其聯線甚曲折，光度與極星相等。此五星屬於“王后座” (Cassiopeia)，與大熊座遙遙相對，而極星居中。今若注視諸星，至數小時之久，將見星座之形雖不變，而在天球之位置，漸覺移動。大熊座向下轉移，至夜間十一點鐘時，其指極星適在極星之下。王后座仍與大熊座處極星兩旁，而向天頂上升。苟終夜注視之，則見諸星似繞極星之近傍一點，而為等速圓運動，其方向與鐘針相反，約經一晝夜（實數為23小時56分4.1秒）

而旋轉一次，復其原位，若是之旋轉，謂之日週視轉。如用



第四圖 恆星之週圖

攝影法以測之，自較目測爲便。其法將攝影器對準極星，固定不動，使諸星之運動途徑，映於乾片，待顯影後觀之，皆成弧形軌道，見第四圖。

欲知九月二十二號半夜時恆星之位置，須將圖邊 (XII) 之號碼，轉至底面始可。欲知翌日上午四點鐘時恆星之位置，須將圖邊 (XVI) 之號碼，轉至底面始可。至翌日下午八時，諸星又復原位。

吾人如再向南而望，則見南方諸星，亦復如是旋轉。凡離極星較遠之恆星，先自地平面之東方上升，次依斜線升至

子午線上，次又向西方下降，迨至翌日，仍見升降如前。其運動必依圓弧進行，謂之恆星之“週圓”(diurnal circle)。週圓之大小，與距離極星之遠近成正比例，且諸圓皆同心。

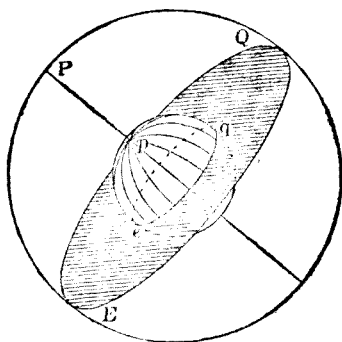
昔人爲說明此種現象起見，乃假定恆星固定於天球上，而與天球共轉，無時或息。據此，則球面上必有相對二點，始終靜止者，稱曰“兩極”(poles)。

(10)兩極之定義 兩極者，天球上固定不動之兩點也。欲知任一極之位置，須用適當之儀器，以測該極附近一星（例如極星）旋轉時，所繞之圓心，此圓心即爲該極之位置。

以上定義，根據直觀，實則天體未嘗旋轉，祇因地球自轉，乃呈此天體之動象。故將兩極定義，易詞言之曰：兩極者，地球自轉軸無限引長時，所遇天球之兩點也。兩極居天球直徑之兩端，赤道以外，無論何地，僅見其一。在北半球見北極，南半球見南極。

學者當知極與極星，不占同一位置。極爲臆想之一點；極星乃肉眼易見之恆星中離極最近者，今與極相距約 14° 。設想極星與大熊座之 ζ (Mizar 中名開陽) 間，作一聯線，則此線必通過北極。北極與極星之距離，等於指極二星相距之四分之一。

(11)“天球赤道”(Celestial equator 或 Equinoctical)“赤緯”(Declination) 及“時圈”(Hour circles) 在天球兩極中間，所作之大圓，謂之天球赤道。實即地球赤道面無限展開時，所與天球相割而成之大圓也。天球赤道與兩極相距各為 90° 。如第五圖 eq 為地球赤道，EQ 為天球赤道，P 為北極。



第五圖 地球赤道面與天球相割之形

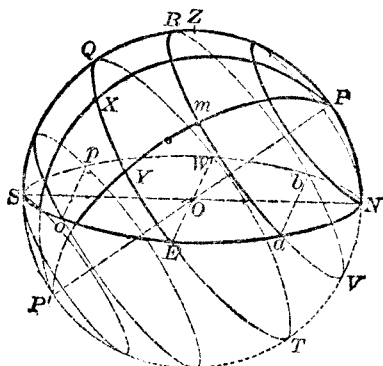
與天球赤道平行之諸小圓，謂之“赤緯線”(Parallels of declination)。赤緯線與赤道相距之度數，謂之赤緯。赤緯有南北之分，在北者以正號表之，在南者以負號表之，與地理學中之南北緯相若。恆星之赤緯線，即係該星之週圓也。

經過兩極所作之天球大圓，謂之時圈。時圈必與天球赤道相垂直，其通過天頂者，即為天球子午線。

(12)天球子午線及“方位主點”(Cardinal points) 天球

子午線者，經過天頂及兩極之大圓也。此定義較 8 節所述者為佳。天球子午線與地平圓相交於兩點，謂之南點北點。介於地平圓上南北二點之中間者，謂之東點西點。總此四點，謂之方位主點。學者慎毋以北點誤為北極，蓋北點位於地平圓之上，北極則高懸天際。

如第六圖， P 為天球北極， P' 為南極， Z 為天頂， SQZ PN 為天球子午線， PmP' 為 m 之時圈， $amRbV$ 為赤緯線，一稱週圓， N 與 S 為南北二點， mY 為 m 之赤緯， mP 為 m 之“極距”(Polar distance)。



第六圖 天球赤道及時圈等

- O 為觀測點， Z 為天頂。
- S W N E 為地平面。
- P O P' 為與地軸平行之線。
- P 與 P' 為天球兩極。

$EQWT$ 爲天球赤道。

X 爲春分點。

PXP' 爲二分圈，一稱零時圈。

m 爲星。

Ym 爲星之赤緯。

Pm 爲北極距離。

mPR 角爲星之東時角，亦即24小時減去星之西時角。

XPm 角或 XY 弧，爲星之赤經。

觀測點之恆星時，等於24小時減去 XPQ 角。

星之時圈，與天球子午線所成之角度，謂之“時角”(Hour angle)。時角自子午線起，向西計算，其單位不用角度，而用時間，一小時合 15° ，一分鐘合 $15'$ 。故星之時角，乃以當地子午線爲起點，向西計算，迄於現位置之時間表示之。

(13)“春分點”(Vernal equinox 或 First of aries) 欲藉縱橫之天球大圓爲坐標，以指示恆星在天際之位置，非先定一時圈爲起點不可。猶諸地面上之測算經度，當以格林維基(Greenwich)子午線爲依據者，理實相同。考天上之格林維基，已經天文家公共認定，即太陽在春季時，掠過天球赤道上之一點也。吾人須知日月行星三者，常在天球赤道之兩側，徐徐蠕動，而變更其位置，非若恆星之固定於天球，僅

僅隨天球爲旋轉者也。是以冬季太陽，移至赤道以南；夏季太陽，移至赤道以北；每年橫過赤道二次。此一年內移動之徑路，成爲“黃道”(Ecliptic)。太陽自南向北，橫過赤道之時，約在三月二十一號。此時太陽居於黃道與赤道相交之一點，是謂春分點。關於天文學之計算，皆依此點爲標準，所謂天上之格林維基是也。所引爲缺憾者，春分點附近，未有顯著之恆星，足以明示其位置。但如極星與王后座之 β 間，假作一聯線，復引長之，至距極星 90° 之處，則春分點之位置，庶幾近矣。如第六圖，X爲春分點，通常以符號 Υ 表之。

(14)“赤經”(Right ascension) 恆星之赤經者，乃春分點之時圈，與該星之時圈間，所成之角度也。係由春分點沿天球赤道，向東計算，迄於星之時圈，其間距離，以角度或小時表之。例如春分點以西一度之恆星，其赤經爲 359° ，或23小時56分。恆星之赤經，不因日週視轉而改變，但以歲差(Precession)影響，百年後改變甚著。如第六圖，m爲恆星之位置，X爲春分點，由X沿赤道向東，測算至Y之弧距，即爲m之赤經。

(15)“黃經”(Celestial longitude)“黃緯”(Celestial latitude) 依據吾人之直觀，知太陽在恆星間漸次移動，一

年內所行之軌跡，謂之“黃道”(Ecliptic)，實即地球軌道面無限展開，所與天球相割而成之大圓，天球赤道與黃道，在二點相遇，其一即春分點，他一為“秋分點”(Autumnal equinox)。鐘錶未發明以前，黃道之用，較天球赤道為便，古天文家皆宗之。凡與黃道垂直之天球大圓，謂之黃經；與黃道平行之天球小圓，謂之黃緯。所當明辨者，黃經與赤經，黃緯與赤緯，皆相交成角($23^{\circ}.5$)，所指各異。黃經之計算，不用時而用角，亦與赤經有別。

(16)總結 總合 7 節至 15 節所述，恆星在天球上之位置，可依三法決定之。其一以觀測點之鉛直線為根據，而用地平緯線及地平經線為坐標。其二以天球北極為根據，而用赤經赤緯為坐標。其三以黃道為根據，而用黃經黃緯為坐標。就中以第二法為最佳，應用亦最廣，雖經數年之久，無須加以修訂。恆星圖說及恆星目錄中皆宗之。

第二章

恆星圖說

(17)概說 “恆星圖說”(Uranography)者，專研究星座形狀及位置之學也。雖於天文學上，不占重要位置，而學習甚易，尤饒興趣。讀者如能熟習諸星座，及其主星，則凡天體之視動，及天球上之主點主圓，皆可瞭如指掌。故於研究天文學之始，宜於晚間觀察星座，描繪成圖，無論四季，不可間斷。彙集一年中之成績而聯絡之，即可製成簡單“恆星圖”(Star map)矣。

(18)星座表 茲將星座名稱，列成一表，旁註節數，以便對照。

星座西名	譯名	節數
Andrómēda	公主星座	28
Anser	天鵝星座	47
Antlia	抽氣機星座	43

Aquarius	水夫星座	52
Aquila	天鷹星座	48
Ara	天壇星座	44
Argo Navis	天舟星座	37
Aries	白羊星座	30
Auriga	御夫星座	31
Boötes	牧夫星座	41
Camelopárdalis	鹿豹星座	25
Cancer	巨蟹星座	37
Canes Venatici	獵犬星座	41
Canis major	大犬星座	36
Canis minor	小犬星座	36
Capricornus	山羊星座	49
Cassiópéia	王后星座	24
Centaurus	半人馬星座	43
Cepheus	國王星座	24
Cetus	海怪星座	30
Columba	天鴿星座	34
Coma Berēnices	后髮星座	40
Corōna Australis	南冕星座	52

Corōna Borealis	北冕星座	42
Corvus	烏鴉星座	39
Crater	巨爵星座	39
Cygnus	天鵝星座	47
Delphīnus	海豚星座	50
Draco	天龍星座	25
Equūleus	小馬星座	50
Eridānus	波江星座	34
Gemini	雙子星座	35
Grus	天鶴星座	52
Hércūles	武仙星座	46
Hydra	長蛇星座	39
Lacerta	蜥蜴星座	50
Leo	獅子星座	38
Leo minor	小獅星座	38
Lepus	天兔星座	34
Libra	天秤星座	42
Lupus	豺狼星座	43
Lynx	天貓星座	35
Lyra	天琴星座	46

Microscopium	顯微鏡星座	52
Monóceros	麒麟星座	36
Norma	矩尺星座	44
Ophiūchus	持蛇夫星座	45
Orion	獵戶星座	33
Pégāsus	飛馬星座	51
Perseus	大將星座	31
Phœnix	鳳凰星座	30
Pisces	雙魚星座	29
Piscis Australis	南魚星座	52
(Pleiades)	七姊妹星座	32
Sagitta	天箭星座	48
Sagittarius	弓手星座	49
Scorpio	天蠍星座	44
Sculptor	玉夫星座	30
Serpens	巨蛇星座	45
Sextans	六分儀星座	38
Taurus	金牛星座	32
Taurus Poniatovii	小牛星座	45
Telescopium	遠鏡星座	52

Triángŭlum	北三角星座	29
Ursa Major	大熊星座	23
Ursa Minor	小熊星座	23
Virgo	室女星座	40
Vulpécŭla	狐狸星座	47

(19)“天球儀”(Celestial globe) 與星圖 爲研究星座，識別恆星起見，須備一天球儀或星圖，以資考證。天球儀較星圖爲佳，體積愈大，則愈正確，不過價值稍貴，攜帶不便耳。普通應用，只需星圖，然其上所繪之恆星，限於局部，且在圖之邊緣處，往往將直線形繪成曲線形，此爲缺點。星圖式樣不一，各得其用。

(20)本書之星圖 本書之星圖有四，尺幅頗小，未能將恆星記載完全，而在研究上已覺敷用。凡星座之形狀，及其主星之所在，不難一覽而知。第一星圖爲圓形，所載者，概爲極圈星座，北極居於中心，各圓周分爲24等份，每份合一小時，以表恆星之赤經。相鄰兩圓周間之弧距爲 10° ，以表恆星之赤緯。

其他三圖爲長方形，凡在天球赤道兩旁 50° 以內之恆星，大都列入，其赤緯皆成水平線，時圈則成鉛直線。圖形上下沿邊處之星座形狀，未免與原形稍異，是因時圈繪成平

行，致有此誤。本圖中時圈最正確之處，係在 35° 左近，漸向北極，則較原形爲大，漸向赤道，則較原形爲小。圖中央橫互之曲線，即係黃道。圖之上部爲北方，下部爲南方，左爲東方，右爲西方，與地圖之東西方向相反，故欲藉長方形星圖，以知星座之位置，須將是圖高舉，對向北方，人則面南而立，仰首以觀之，則在子午線附近之星座，與直觀所得者無異。

圖之中央水平線上，（即天球赤道上）註赤經；圖頂註月份。例如九月中夜間九時，子午線附近之一切恆星，概在圖中所註九月之下。

(21)“星之等級” (Magnitudes) 星之等級，由光度之強弱而判。依喜帕卡斯氏 (Hipparchus 紀元前125年) 及托勒密氏之主張，可分星光爲六等。光度最強者，計有十六至二十顆，謂之一等星。光度遞減，則等級隨之遞降，至肉眼所見之最暗者，謂之六等星。

英國赫瑟爾爵士 (Sir John Herschel) 研究一等星所發之光輝，平均約爲六等星之100倍。100之五次根爲2.51。故一等星之光度，爲二等星之2.51倍；二等星之光度，爲三等星之2.51倍；餘類推。

本書星圖，備載一等至五等之星，凡一千顆，月夜概可

瞭見。尚有六等以下之星數顆，形象特殊，足資研究，故一併列入。星號下註一變字者爲“變光星”(Variable star)；小圈旁註 M 第幾號者，爲星團 (Clusters)，或星雲。西曆 1784 年，米西亞氏(Messier) 首編星團星雲錄，爲數共一百有三，載入本書者，係屬少數。

(22) 星之“名稱”(Designation) 明星之名稱不一，本書所載，爲其最通用者。然肉眼所見之恆星，往往以希臘字母表之，是爲西曆 1603 年德國拜厄氏 (Bayer) 所創。後人沿用此法，按光度之強弱，順次表以字母： α 最強， β 次之，依次類推。然字母之用，亦有按照星之位置而排列者： α 最先， β 次之，依次類推。倘星座之星數衆多，希臘字母不敷共用，則用羅馬字母表之。再不敷用，則以百年前夫蘭斯提氏 (Flamsteed) 所用之數目表之。迨至今日，凡肉眼所見之星，無一不可以字母或數目表示矣。

吾人研究恆星圖說，宜以“極圈星座” (Circumpolar constellations) 爲起點。所謂極圈星座者，其位置皆在赤緯 $+40^\circ$ 以內，如第一星圖所示。北平之緯度爲 $39^\circ 54'$ ，故極圈星座恆在其地平面之上，終夜可以瞭見。

(23) 大熊星座與小熊星座 (第一星圖) 極圈星座中之最易認識者，莫如大熊座。設想觀測之時，在九月二十二號

下午八時，則見大熊座位於極星之下，而偏於西。如將圖中(VIII)之號碼，轉至底面，即得其位置。就中最著名之星，為北斗七星。除 δ 為三等星外，餘皆二等星。惟頭部尚有小星一羣，佔域甚廣，距 α 與 β 約 15° 。

ζ 為“雙星”(Double star)，可用小遠鏡分析之，輒近由分光器之觀察，乃知其中之大者，尚可分為二星，故 ζ 為“三連星”(Triple star)所成。 ϵ 為“聯星”(Binary star)，其中二小星，俱繞公共重心旋轉，凡六十一年而一週，聯星軌道之推算，實自此星始。

小熊座之主星有七，尾端為極星。尾形與大熊尾異。其中 β 為二等星， γ 為三等星，與北斗中之指極星相稱，名曰“護極星”(Guardians of pole)。

極星為雙星，大小各一，可用直徑二三寸之遠鏡分析之。

(24) 王后星座與國王星座(第一星圖) 王后座與大熊座遙對，極星居中。明星有五，為 β ， α ， γ ， δ ，及 ϵ ，以線聯之，形如W。 α 之光度，稍有變動。在 α 與 γ 之中間，為美麗聯星；大者橙色，小者紫色，連環旋轉，凡二百零六年而一周。

西曆1572年，在 γ 與 π 之引長線上，發現“暫星”

(Temporary star) 一顆，其與 κ 之距離，等於 κ 與 γ 距離之半。經丹麥泰古布刺氏 (Tycho Brahe) 詳細觀察後，知其光輝明而復晦，最明時，曾於晝間見之，今不復見。

國王座區域雖廣，而星光強者頗少。九月二十二號下午八時觀之，位於王后座之上，而偏於西。其中 α , β , γ 皆為三等星， α 與王后座之 α 及 β 幾在一直線上，且距王后座之 β 為 20° ，距本座之 β 為 8° 。 β 為美麗雙星，與 γ 相距 12° 。 δ 為變光星，變化之週期為 $5\frac{1}{3}$ 日；其近旁尚有小變光星數顆，光度太弱，未載於圖。

(25) **天龍星座與鹿豹星座** (第一星圖) 天龍座區域甚廣，約佔赤經 180° ，為大熊座與小熊座之分界。其星大都微小，以線聯之，蜿蜒如龍。首部有四星成一四邊形，其中 γ 為二等半星， β 為三等星，相距約四度。 γ 逐日視轉，每經過格林維基之天頂，“光行差” (Aberration of light) 即藉此星而發明者也。(詳後) α (西名 Thuban, 中名右樞。) 居大熊座 ζ 與小熊座 γ 之間，四千七百年前，離天球北極不過 $\frac{1}{2}$ 度，儼然一極星也。當是時，光度甚強，故天文學家列之為二等星。近二百年來，光度銳減，今已降為三等半星矣。

與黃道上任何點相距 90° 之處，謂之“黃極” (Pole of the ecliptic)。黃極在本座界線以內，地軸繞之旋轉，凡 25300

年而一週，故地軸方向漸次變動，由是而生歲差

鹿豹座爲極圈星座中之末一座，係波蘭赫微力阿斯氏 (Hevelius) 所設，星光概在四等以下。

(26) **極圈星座中之銀河** 銀河橫亙於國王座與王后座之間，九月二十二號下午八時觀之，適自天頂附近之天鵝座起，漸趨而下，經國王王后大將三座，而落於御夫座中之東北方地平線上。在王后座 β 以北數度處，有一明亮之光紋。在王后座 δ 與大將座 γ 之間，有一光明之星團，甚爲美麗，如用小遠鏡分析之，則變而爲二。

(27) “**永照圓**”(Circle of perpetual apparition) 第一星圖中之星座，大多可於吾國北部終夜見之。如在南部，則圖邊附近之諸星，時或見於地平面上，時或隱於地平面下。蓋天極之高度，即係觀測點之赤緯，星座與北極之距離，必須小於觀測點之赤緯，始能終夜瞭見。換言之，以極爲心，以極與地平面之距離爲半徑，假作一圓，則凡圓內之星座，恆在地平面上，此圓謂之永照圓，例如上海之緯度爲北緯三十一度半，則以北極爲心，以三十一度半爲半徑，所作之圓，謂之上海永照圓。

(28) **公主星座**(第二第四星圖) 本座在第二星圖之西北角，十一月中旬下午九時觀之，適在當頭。自 α (西名 Alph-

eratz, 中名壁宿二·) 趨向東北, 經 β 而至 γ , 皆爲二等星, 且在一直線上。 α 又佔飛馬座“大正方”(Great square)之東北角, 故一稱曰飛馬座 δ 。設想自極星作線至王后座之 β , 復引長一倍距離, 即得 α 之位置。 β 之西北 10° 爲“大星雲”(Great nebula), 肉眼觀之, 狀如浮雲, 與 ν 及一六等星構成鈍角三角形。

本座之 γ , 初爲美麗雙星, 大者橙黃色, 小者葉綠色, 可用小遠鏡分析之, 更窺以極大遠鏡, 則小者亦爲雙星, 故知 γ 爲三連星也。

(29)雙魚星座與北三角星座(第二第四星圖) 星座之在黃道上者, 凡十有二, 除天秤星座外, 概以動物命名, 總稱“黃道十二宮”(Zodical signs)。雙魚座爲黃道第一宮, 位於公主座之南。黃道橫過其中, 日月行星之視動, 概經過本座界內。本座以歲差之故, 佔有昔日白羊宮之位置。其中諸星, 皆不顯著。所當注意者, 春分點在南方邊界無星之處。苟自公主座 α 作線, 通過飛馬座 γ , 再經一倍之長, 則距春分點之東, 僅有二度。

北三角座區域甚小, 無關重要, 爲托勒密氏四十八星座之一, 介於公主座 ν 與白羊座首部之間。其主星有三, 皆爲三四等星, 而構成三角形。

(30) 白羊星座與海怪星座(第二星圖) 白羊座在北三角座與大將座之南，為黃道第二宮，今則佔有金牛宮之位置。其主星為 α , β , γ , 約在公主座 γ 以南 20° 。 α 為二等半星，瞭見甚易，與公主座之 β , γ 構成等腰三角形。

γ 為美麗雙星，相距約 $9''$ ，是為雙星中之最先發現者，發現人為虎克 (Hooke)，時在西曆1664年。

41號為三等半星，與 α 及北三角座之 γ ，構成等邊三角形，合附近之星二三顆，稱曰“北蠅星座” (Musca Borealis) 今已廢置。

海怪座在白羊雙魚二座之南，其首部在白羊座 α 之東南 20° ，衆星列成五邊形，邊長五六度不等， α 與 γ 居形之南部。 α 為二等半星； β 為二等星，在 α 之西南 40° 。 γ 為美麗雙星，一黃一青，相距僅 $2.5''$ ，宜用大遠鏡分析之。

海怪座之南為玉夫星座，無關緊要。再南為鳳凰星座，幾與地平面相齊，其中有明星數顆，吾國不易見之。

(31) 大將星座與御夫星座(第一第二星圖) 大將座在第二星圖之北端，主星為 α ，較二等星之光度稍強，與公主座之 α , β , γ 幾成一直線。 β 為變光星，在 α 以南 9° ，而稍偏於西，與 α 及公主座之 γ 構成直角三角形。西曆 1901 年，在 α , β , ϵ 所成三角形之中央，發現暫星一顆，明而復滅。

三百年來，所見類於此者固多，當以該星之光爲最強。（詳 251 節）

ϵ 爲美麗雙星，相距 $80''$ ， γ 與王后座 δ 之中點，用小遠鏡窺之，見有星團一對，形體最小，肉眼觀之，則合爲光斑，自銀河中透出。

御夫座在大將座之東，光度最強者爲 α ，微帶黃色，與天琴座 α 之光度相埒，而較牧夫座 α 減弱 $\frac{1}{2}$ 等。就吾國北部所見之恆星而論，除大犬座 α 及牧夫座 α 外，此星光度最強。用分光器觀之，知其性質酷似太陽，而體積更大，輓近又從分光器知其爲聯星。其東 10° 爲 β ，係二等星， ϵ ， ζ ， γ 構成三角形，在 α 以南四五度。

(32) 金牛星座(第二星圖) 本座爲黃道第三宮，居大將座與御夫座之正南，獵戶座之北，其中有“七姊妹星團”(Pleiades)，及 V 字形之“牛面星團”(Hyades)，爲本座之特徵。 α (西名 Aldebaran，中名畢宿五) 爲牛目，係一等星，色紅，牛角甚長，角尖爲二等星 β 及三等星 ζ 。姊妹星團中，有六星易於瞭見，晦夜則得見九星，用三吋徑之遠鏡窺之，知其中含有小星百顆，密集一處，光度最強者爲“昴宿六”(Alcyone)，米得勒氏 (Maedler) 稱爲“中心太陽”(Central sun)。

ζ 以西 1° 偏北，有一星雲，（即米西亞一號 M. 1）初學者以小遠鏡窺之，往往誤認為彗星。

(33) 獵戶星座(第二星圖) 星座中之最可觀者，莫如本座。β（西名 Rigel，中名參宿七·）為零等星，色白。α（西名 Betelgeuse，中名參宿四·）為一等星，光度稍有變化。γ（西名 Bellatrix，中名參宿五·）為二等星，其西部有小星聯成曲線，中名參旗，北部有 λ 等三小星，列成小三角形，中名觜宿。南部有二等星三顆，共長不過三度。方向斜指東南，其北端一星曰 δ，最近天球赤道。此三星之南，又有三小星，指南北向，中間一顆為 θ。θ 之周圍為大星雲，用小遠鏡窺之，已甚美觀，推為星雲中第一。綜 α，γ，β，κ 四星列成四邊形，而 δ，ε，ζ 三星居對角線上，詩云三星在天，蓋即指此。

β 為美麗雙星，大小各一，相距 $10''$ ，δ 與 ζ 皆為雙星。

(34) 波江天兔天鶴三星座(第二星圖) 波江座介於海怪座與獵戶座之間，其南方界線，遠在地平面以下。在天球南極附近，有明星一對，吾國各部，不易見之。β 為三等星，在獵戶座 β 以北 3° ，略偏於西。由此西行，折而南，復折而西南，其間蜿蜒曲折，迄於地平面而止，其全形未能載入圖內。

天兔座位於獵戶座之南，形如正方形，邊長 15° ，界內有四星成四邊形，星光列三四等。

天鴿座爲近代所增設，在天兔座以南，吾國北部，不易見之。主星 α （西名 Phact，中名丈人一。）爲二等半星。由小犬座 α 作線至大犬座 α ，復延長一倍距離，即得本座 α 之位置。又由獵戶座 α 作線至大犬座 α ，更引長至天舟座 ζ ，以上所作二線，相交爲 X 形。

(35) 天貓星座與雙子星座(第二星圖) 天貓座亦爲近代所增設，位於北極附近，西界御夫座，其星皆屬四等以下，無關重要。

雙子座爲黃道第四宮，上古時巨蟹宮之位置，今爲本座所佔。“夏至點”(Summer solstitial point) 即在界線之內，(太陽在夏季由北回南之點，曰夏至點。)而在 η 以西 2° ，略偏於北。其最顯著之星爲 α 與 β ，相距 $4\frac{1}{2}$ 。 α (西名 Castor，中名北河二。)爲雙星，可用小遠鏡分析之，其光度較 β (西名 Pollux，中名北河三。)稍弱。

(36) 小犬大犬麒麟三星座(第二星圖) 小犬座在雙子座 α 與 β 以南 20° 。其最顯著之星爲 α (西名 Procyon，中名南河三。)與大犬座 α 及獵戶座 α 構成等邊三角形，邊長約 25° 。

大犬座之 α （西名 Sirius，中名天狼。）光度最強，莫與倫比，此星雖係近地之一，而距地尚有八“光年”（Light years），即自天狼發光，達於地面，需八年之久。此星與獵戶座 δ 等三星幾成一直線。其西為 β ，係二等星；其東南尚有二等星數顆。就歐西舊星圖觀之，似覺大犬侍於獵戶之旁，隻眼睜睜，有欲吞天兔之概。

麒麟座在小犬座之南，為近代所增設，銀河橫互其間，燦爛可觀。惟界內無明星，故無可記述，僅知 β （即11號星）為三連星耳。

(37)天舟星座與巨蟹星座(第二第三星圖) 天舟座在大犬座之東南，區域甚廣。其中以 α （西名 Canopus，中名老人。）之光度為最強，位於天狼之次，吾國南部可以見之。本座分四部：即“桅”（Malus），“帆”（Vela），“艙”（Puppis），“龍骨”（Carina），而無船首也。

巨蟹座為黃道第五宮，位於小犬座之東北，星光皆弱。晦夜見一星團（Praesepe 中名積尸。）稱曰“飼槽”（Manger），附近有 γ 與 δ ，稱曰“二驢”（Aselli），意謂驢飼於槽也。星團之光度列七八等，可用觀劇鏡分析之。

☾ 為美麗三連星，用小遠鏡窺之，則為雙星。

(38)獅子小獅六分儀三星座(第三星圖) 獅子座在巨蟹

座之東，爲黃道第六宮，古代室女宮之位置，今爲其所佔。其主星 α （西名 Regulus，中名軒轅十四）爲一等星， β （西名 Denebola，中名五帝座一）與 γ 爲二等星，此三者合 δ 而成四邊形。十一月中所見流星羣之出發點，恆在 ζ 與 ϵ 之間。 γ 爲美麗聯星，旋轉週期約四百年。

小獅座與六分儀座爲近代所增設，皆有小星數顆，無關重要。

(39) **長蛇星座** (第三星圖) 本座星光雖不甚強，而區域廣大，頗爲重要。有四五等星五六顆，在巨蟹座之星團以南 15° 。由此斜趨東南，則爲 α （西名 Alphard，中名星宿一）孑然獨照，光度列二等半。長蛇之中部，爲“巨爵星座” (Crater)。其東爲“烏鴉星座” (Corvus)，區域較巨爵座更小，而星光較明，有二等星二顆，三四等星四顆。其中 β ， δ ， γ ， ϵ 列成四邊形，是爲特徵。星之等級，與字母順序毫不相稱，恐星光已變動矣。

長蛇座 ϵ 與烏鴉座 δ 俱爲美麗雙星，後者可用小遠鏡分析之，其色一黃一紫。

(40) **室女與后髮星座** (第三星圖) 室女座在獅子座之東南，爲黃道第七宮，古時天秤宮之位置，今爲其所佔。其中 α （西名 Spica，中名角宿一）爲一等半星，勢同孤立，

與西北方獅子座 β ，及東北方牧夫座 α ，列成等邊三角形。

γ 爲著名聯星，可用小遠鏡分析之，其周期爲一百八十五年，自發現迄今，已將一周期。 γ 以北數度，有一著名星雲，中含微小星雲數百，光輝甚弱，須用大遠鏡見之。

后髮座位於室女座之北，其中以五六等星爲多，雙星亦殊不少。

(41) 獵犬與牧夫星座 (第三星圖) 獵犬座中之星光皆弱，僅 α 爲二等半星。與牧夫座 α 及獅子座 β 構成等邊三角形。

獵犬座爲近代波蘭人赫微力阿斯 (Hevelius) 所設。其中有著名之漩渦星雲 (或螺形星雲)，在大熊座 η 以西 3° ，而略偏於南，用大遠鏡窺之，可稱奇觀。(第八十三圖)

牧夫座之主星爲 α (西名 Arcturus，中名大角) 色赤，就吾國北部而論，除天狼外，星光最強，其東北 10° 爲 ϵ ， ϵ 之東北 10° 爲 δ 。合 ϵ ， δ ， β ， γ ， ρ 五星，構成五邊形。 ϵ 爲雙星，其色一橙黃，一青綠，相距約 $3''$ 。

(42) 北冕與天秤星座 (第三星圖) 北冕座在牧夫座之東，區域甚小。六星列成半圓形，爲其特徵。此形極北一星爲 θ ，依次而下，則爲 β ， α ， γ ， δ ， ϵ 。就中 α 爲二等星，餘皆四等或四等以下。 δ 以北一度，有小星一顆，可用觀劇鏡

見之。然在西曆1866年，其光度驟然變強，一時較 α 為明。 η 為聯星，有時可用小遠鏡分析之，其周期不出42年。

天秤座為黃道第八宮，西界室女座，星光皆弱。 α ， ϵ ， γ ， β 四星構成梯形，為本座特徵。 δ 為變光星，最明時列四等半或五等，漸次暗弱，降為六七等，遂不能見，凡 $2\frac{1}{2}$ 日而一變。

本座北邊有一星團(M.5)，其中多變光星。

(43)抽氣機半人馬及豺狼三星座(第三星圖) 此三座在長蛇天秤二座之南。抽氣機座為近代星座之一，星光暗淡，不易瞭見，最明者僅為四等半星。半人馬座歷史甚古，疆域甚廣。其中 α 與 β 為一等星，居天球南極附近，吾國各部，不獲見之。 α 之光度，在天狼與老人以次，就目今所知之恆星而論，當以此星與地球之距離為最近。 α 與 β 以外，星光皆不甚強。

豺狼座為托勒密氏四十八星座之一，中有三四等星甚多，吾國北部，以其過近地平，不易細觀。

(44)天蠍矩尺及天壇三星座(第三星圖) 天蠍座在天秤座之東南，為黃道第九宮，光輝居十二宮之冠。其中有一特徵，狀如風箏，箏尾指向東南，延綫甚長，有成對之星數組。主星為 α (西名 Antares，中名心宿二。)係一等星，

顏色深紅，一如火星，詩云七月流火，即指此也。其他主星，詳見圖中。

α 為美麗雙星，小者綠色，在大者之西，可用大遠鏡分析之。 μ 為聯星，其相對速度為每秒 300 哩，周期為一日又十小時。

矩尺與天壇二座，皆為近代所設，區域極小，無關重要。

(45) 巨蛇與持蛇夫星座(第三第四星圖) 巨蛇座頭部有小星一羣，在北冕座之正南，其中最光明之星為 β 與 γ 。 β 係三等半星； γ 係四等星。 β 之西南 6° 為 δ ，由此折向東南，經 α 與 ϵ ，至持蛇夫座之 ϵ ，以上四星，聯成直線，上指牧夫座 ϵ ，下指持蛇夫座 ζ 。其垂直平分線，西南經巨蛇座之 μ ，東北經持蛇夫座之 λ ，以此二線為對角線，繪成斜方形，夏夜望之，最為觸目。

持蛇夫座 α 之東南 9° 為 β 。 β 之東 5° 有小星五顆，點綴於銀河中，形如 ∇ 字，尖頭向南，與金牛座之牛面星羣相若。西曆 1777 年，將 ∇ 字形劃出，別設小牛星座。其中 70 號為聯星，周期 93 年，須用大遠鏡分析之。

(46) 武仙與天琴星座(第一第三第四星圖) 武仙座介於天龍座與持蛇夫座之間，其中以三等星為多，一二等星付諸

闕如。ε, ζ, η, π四星構成四邊形，爲本座之特徵。其東爲六邊形，星光較弱。

西邊附近有一星團 (M. 13)，在 η 與 ζ 之聯線上，爲北半天球中最美觀之星團，晦夜可以肉眼見之。α 爲美麗雙星，其色一橙一青，相距 5"，且爲變光星，其“分光景”(Spectrum)中有黑帶甚多。

天琴座在武仙座之東，α (Vega 中名織女一) 爲一等星，作青白色，體積大於太陽數倍。其東 ε 與 ζ 爲四等星，與 α 構成等邊之小三角形，ε 爲“四合星”(Quadruple star)，惟肉眼所見，僅有二星。β 爲變光星。

β 至 γ 之三分之一處，爲環狀星雲 (Messier 57)，可用小遠鏡隱約見之。(第八十一圖)

(47) 天鵝狐狸天鵝三星座(第一第四星圖) 天鵝座位於天琴座之東，中有十字線，爲其特徵。α 爲一等半星，與 δ 居二線之上端。β 爲三等星，與 ζ 居二線之下端。γ 在二線之交點附近。銀河自東北方起，沿 α 與 β 之聯線，而斜趨西南。β 爲美麗雙星，一橙一深青，可用小遠鏡分析之。

狐狸星座與天鵝星座，併稱狐鵝星座，爲赫微力阿斯所增設，位於天鵝座之南，星光皆弱。窺以遠鏡，見一“啞鈴星雲”(Dumb-bell Nebula, M. 27)。

(48)天箭與天鷹星座(第四星圖) 天箭座為古代四十八星座之一，位於狐鵝座之西南，星光甚弱。β為美麗雙星，居箭桿中央，大小二者距離8"。大者亦為雙星，相距極近。

天鷹座居天球赤道之上，位於天箭座之南。α(西名Altair，中名河鼓二。)在β與γ之中央，三星(中名牽牛)幾成一直線，是為本座之特徵。天文中之一等星，概以河鼓二為標準。天狼與“織女一”雖與之同等，而光度較強，其餘之一等星則較弱。

(49)弓手與山羊星座(第四星圖) 弓手座為黃道第十宮，無一等星，而多為二三等星。中有一形，如倒置之乳勺，係λ，φ，σ，τ，ζ等五星所成。所可異者，字母順序，與星之等級或星之位置，皆不相稱。α為四等星，而σ反為二等星，故疑σ或為變光星。就事實而論，本座變光星確係特多。本座中之銀河，光輝強盛，內容特殊，光斑光紋等密佈其中，至為美觀。

山羊座為黃道第十一宮，位於弓手座之東，星光皆不甚明。中有特殊之星為α₁與α₂，相距甚近，肉眼觀之，即知為雙星無疑。

(50)海豚小馬蜥蜴三星座(第四星圖) 海豚座為古代四十八星座之一。區域甚小，中有斜方形一，形如敗棺，是為

本座之特徵·

γ 爲雙星，居斜方形之東北角· β 爲聯星，須用大遠鏡分析之·

小馬座亦爲古代四十八星座之一，區域較海豚座更小，星光更弱·

蜥蜴座介於天鵝座與公主座之間，爲赫微力阿斯氏所增設，星光皆在四等半以下，無關重要·

(51) **飛馬星座**(第四星圖) 本座區域甚廣，其最著名之圖形爲大正方 (Great square)，由 α (西名 Markob，中名室宿一·) β ， γ 及公主座 α 所成·前二星屬中國室宿，後二星屬中國壁宿·西北部有星二對：一爲 η 與 π ；一爲 ϵ 與 κ ，此外尚有一星團 (M. 15)，光度較武仙座之星團稍弱·

(52) **水夫南魚等星座**(第四星圖) 水夫座爲黃道第十二宮，在飛馬座之南，區域甚廣·其中有三四等星數顆，列成 Y 字形， α 與 γ 二星幾在天球赤道上·Y 形之中點爲 β ，係美麗雙星，相距 $4''$ ·又 ν 以西 $1\frac{1}{2}^\circ$ 處，有一“綠色星雲”(Green Nebula)，鮮妍異常·

水夫座之南爲南魚座，區域甚小·其中 α (西名 Fomalhaut，中名北落師門·) 爲一等半星，與室宿二星幾在同一時圈上，而孑然獨照，周圍 15° 以內，竟無一星在四等以

上·

南魚座以南爲“顯微鏡星座”(Microscopium)及“天鶴星座”(Grus).前者無關重要；後者有 α 與 β 爲二等星，北緯 38° 以南各地，皆得見之·

南冕座及遠鏡座在弓手座之西，無關重要·

第 三 章

經 緯 及 時 間

(一) 緯度

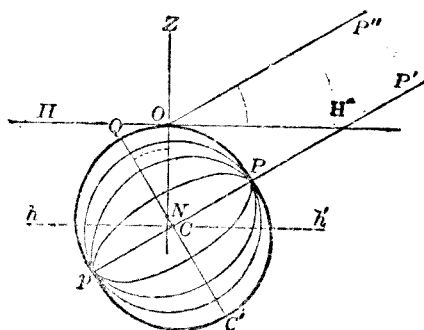
(53) “緯度”(Latitude)之定義 地理學上所稱某地之緯度，係指該地與赤道相距之度數而言，而其測定之法，未嘗說明。若地球果為球形，則其測法不難。但按諸實際，地球為橢圓體，每度之距離，長短不一，因地而異。故天文學上所謂緯度者，係取觀測點之鉛直線，與赤道面所成之角度。而此角度，即為該地所測天極之地平緯度，或仰角。今以幾何理證明之：如圖，O 為觀測點，Q Q' 為地球直徑，O N Q 角為 O 點之緯度，H H' 為地平線，O Z 為鉛直線，O P'' 與地軸 C P' 平行，其相遇之點，在無限之天球面上，此點即係天球北極。H' O P'' 角為 O 點所測天球北極之地平緯度。

$$\therefore \angle H' O P'' = \angle O H' C = \angle H' C h' = \angle h C p$$

$$\text{但 } \angle h C p = \angle O N Q$$

$$\therefore \angle H'OP'' = \angle ONQ$$

故知緯度與天球北極之地平緯度相等。



第七圖 緯度與北極地平緯度之關係

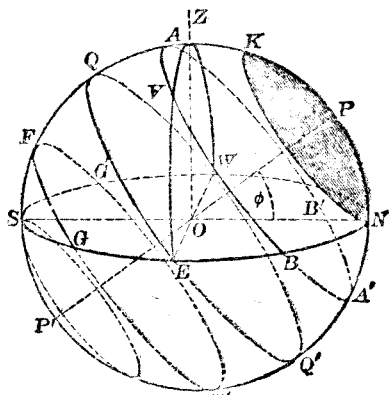
(54) 測緯度法 緯度之測法甚多，茲述其最簡明者如下：當北極附近一星，來至觀測點之子午線上，且位於天極上面之頃，測其仰角為若干度。十二小時後，此星必回至子午線上，而居天極之下，復測其仰角為若干度。次將兩次所測，依光之屈折率修正，而後平均之，即得觀測點之緯度。此法所用之儀器為“子午儀”(Meridian circle)。

(55) 緯度與天體形勢之關係 “垂直球”(Right sphere) 設想觀測者位於地球赤道上，(赤道之緯度為 0°) 則見天球兩極，必與地平面相齊；天球赤道，必通過天頂，而與卯酉線相合；日月星辰，必取垂直於地平面之方向而升降。各天體之週圓，適為地平面所平分，十二小時在地平面上，又十

二小時在其下，故晝夜之長相等，無有參差。如此，在天球赤道上所見天體之形勢，謂之垂直球。

(56)“平行球”(Parallel sphere) 設想觀測者位於地球北極，(兩極之緯度為 90°) 則見天球北極，必與天頂相合。天球赤道，必與地平面相合；天球赤道以北之恆星，皆繞天球北極，而為平行之圓運動，永久可見，並無升降。惟因日月之運動，半時期在赤道北，又半時期在赤道南，換言之即半時期在地平面之上，人目所能見，其他半時期在地平面之下，人目所不能見，(兩語不甚正確，蓋光線能屈折也，是以北極附近，全年內約見太陽半年，全月內約見太陽一月。如此，在天球兩極所見天體之形勢，謂之平行球。

(57)“傾斜球”(Oblique sphere) 設想觀測者位於地球



第八圖 傾斜球

北極與赤道之間，則見天球北極之位置，必較地平線為高；恆星之升降，必取傾斜於地平面之方向。

如圖， PON 角為觀測點之緯度。凡恆星與天球北極之距離，短於 PN 弧者，永久可見。今以 P 為圓心， PN 為半徑，作一圓，則此圓即為該地之永照圓。緯度愈大，永照圓亦愈大。反之，以 P' 為圓心，與 PN 等長之 $P'S$ 為半徑，作一圓，則此圓以內之恆星，永不可見，故謂之永隱圓。又天球赤道上之恆星，其週圓為 $EQWQ'$ ，適為地平面所平分，故恆星前十二小時可見者，後十二小時必不可見。凡在天球赤道以北之恆星，(例如 A) 一日所見不止十二小時，蓋 A 之週圓為地平面所割，其上部大於半圓故也。如此在地球北極與赤道間，所見天體之形勢，謂之傾斜球。

(二) 時間

(58) “視太陽時”(Apparent solar time) 人類生活之調節，皆以太陽為準繩，蓋太陽出沒相間，為一天然時計，當其來至子午線之頃，謂之正午。自正午復至正午之期間，謂之一日。日分為二十四小時，小時復分為分秒。藉此法以計時，謂之視太陽時，可用“日晷”(Sundial) 測定之。然一年內太陽在天際漸向東方移動，其速度有遲速之不同，(此因地球軌道橢圓，且與赤道傾斜之故。) 所以逐日之長，不能

相等。例如十二月 22 號正午至 23 號正午之時間，較九月 15 號正午至 16 號正午，約多一分鐘。故欲使鐘錶所記時刻，與日晷一致，則其機件將異常複雜，難於製就。即或能之，反不適於俗用。是以文明各國，皆捨此日晷之計時法矣。

(59)“太陽平時”(Mean solar time) 爲日用上便利起見，將一年內視太陽日之時間平均之，使其長短折衷，謂之“太陽平日”(Mean solar day)。照此標準所計之時，謂之太陽平時。現今精細之時計，皆與之一致。

視太陽時與太陽平時，每年相合四次：四月 15 號，六月 14 號，九月 1 號，十二月 24 號是也。相差最大者，爲十一月 2 號與二月 11 號。十一月 2 號，視太陽時較太陽平時快 16 分 20 秒。二月 11 號，視太陽時較太陽平時慢 14 分 30 秒。天文家稱此快慢之數曰“時差”(Equation of time)。時差逐日不同，歐美曆書中備載之。

(60)“俗用日”(Civil day)與“天文日”(Astronomical day) 天文日以午正爲起點，俗用日以子正爲起點，後者較前者提早十二小時。又天文日併二十四小時爲一系，俗用日歧之爲二，有上午下午之別。例如俗用日之八月 12 號上午八時，爲天文日之八月 11 號二十小時。翻閱歐美曆書者，必須知之。

(61) “恆星時”(Sidereal time) 太陽在恆星間，每日東行約一度，故自今日正午以至翌日正午之時間，與恆星在天球上，視轉一次之時間，決不相等。任何恆星，自經過觀測點子午線，迄於再達子午線之期間，謂之“恆星日”(Sidereal day)。恆星日較平均太陽日短去 3 分 56.9 秒；“恆星年”(Sidereal year) 較“太陽年”(Solar year) 短去一日。天文學上計時之法，每以恆星日為依據。然恆星衆多，選擇難以一致。通例，以春分點為標準。春分點經過子午線之頃，謂之“恆星午”(Sidereal noon)。時鐘報十二點之時，如與恆星午一致者，謂之“恆星鐘”(Sidereal clock)。恆星時不適用於俗用，蓋恆星午與太陽午每年僅相合一次，由此漸離漸遠，半年之後，恆星午將在半夜子時矣。歐美曆書中，備載恆星時與太陽平時改算之法。

(三) 經度

(62) “經度”(Longitude) 之定義 任何地方之經度云者，乃該地子午線與標準子午線，在赤道上所夾之圓弧也。(各國所採標準子午線不同，通例以英之格林維基為標準。)考地球恆以等速度繞軸自轉，故某地子午線與標準子午線在赤道上所夾之圓弧，可以任一恆星，經過該二子午線，所需之時間表之；又以太陽經過該二子午線，所需之太陽平時

表之。於是經度定義，可以易詞言之曰：某地之經度云者，乃即該地太陽時或恆星時，與格林維基太陽時或恆星時，相差之數也。是以天文學中表示經度之法，不以角度而以時間。觀測者祇須知當地之時刻，同時知格林維基之時刻，則其差即為該地之經度。

(63)測經度法 凡欲測定一地方之經度，宜用電報詢問經度已知地方之時刻，同時用南高儀測定當地之時刻。由兩數之差，即可求得經度。自無線電報發明以來，時刻之報告，至為靈便。美國華盛頓對岸阿臨吞 (Arlington, Va.) 地方，逐日發一無線電，報告該地之正確時刻，以應外埠之需要。而該地時刻，恆較格林維基遲五小時。又有用“時辰儀”(Chronometer) 以測定經度者，時辰儀之構造，同於時錶，而較為精緻。用時，先將時辰儀之時刻，按照當地經度修正之，使與“格林時”(Greenwich time) 一致。然後攜至經度未知之地方，一方面用南高儀測定地方時，一方面用時辰儀以知格林時，其差即為該地經度矣。

(34)“地方時”(Local time)與“標準時”(Standard time) 某地方之時刻，以太陽經過子午線為起點，由是而算一時二時，若是者，謂之地方時。然此種計時之法，殊不便利。在同一瞬間，而經度各異之地方，時刻不同。古時交通阻塞，各溝

一方，此法尚可適用。近今鐵路電線，密佈全球，非有標準時之設，不足以利交通。標準時者，一定之區域內，採用同一之時刻也，吾國中央觀象臺，劃分全國為五大標準時區：即昆侖區，回藏區，隴蜀區，中原區，長白區，是也。昆侖區較格林維基早五小時半，回藏區早六小時，隴蜀區早七小時，中原區早八小時，長白區早八小時半。

(65)一日之起算 假想有人於星期日正午，自格林維基啟程，依地球自轉之速度，向西進行，途中所見太陽，必常在子午線上，而永為正午。二十四小時後，回抵倫敦，已屆星期一正午矣。此星期日與星期一之交替，將以何地為界線乎？是不可以不察。經航海家協議，採取格林維基西經 180° ，為二日交替之界線。西行舟船，經過界線，刪除一日。例如星期日下午經此界線，則在航海日記簿上，改書為星期一下午。反之，東行舟船，經過界線，重複一日。考西經 180° 之線，適在太平洋海面上，故太平洋羣島所用之日曆，殊不一致。昔者，俄屬亞拉斯加 (Alaska) 改隸美國版圖時，當地人民所用曆書，皆重複一日。

第四章

地球 日之視動 地球公轉 曆法

(66) **地球概說** 天文學為研究天體之科學，察其定義，似地球不在研究之列，然地球為八大行星之一，如不加以研究，則其他行星之狀況無所依據，更無所比較。譬之行遠者必自邇，登高者必自卑，苟欲研究天體，自當以地球為發軔之始。茲將天文學中所載地球之緊要事項，列舉如下：

(一) 地球之直徑為 7920 哩。

(二) 地球繞軸自轉一次，需恆星時二十四小時。

(三) 地球非完全球形，赤道膨脹，兩極扁平，短徑較長徑少 $\frac{1}{300}$ ，即二十七哩。

(四) 地球對於水之比重，平均為 5.53。其質量為 $6 \times (10)^{21}$ 噸。

(五) 地球繞太陽運行，其速度為每秒十八哩半，約抵礮彈射速之七十五倍。

(67)大地之形狀 大地略如球形，其證如下：

(一)航海家由某地出發東行或西行，若干時期後，可回抵該地。

(二)海上觀來船，先見桅頂，後見船身，藉知海面係凸形。

(三)自赤道向北行，頻測天球北極之仰角，漸次增大。

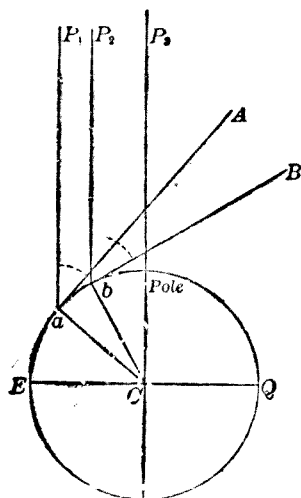
(四)月蝕時所見地球之黑影，確係圓形。

地球之體積雖大，而以天球比擬之，不過滄海一粟。假想地球之直徑，縮小為十八吋，則峨峨高山僅出海面八十分之一吋；茫茫平野，直與海面一膜之隔而已。由是地球表面，頓改其凹凸不平之態，一變而為平滑光潤。以視滾球場中之大球，其平滑有過之無不及。

(68)地球直徑之測法 測地球直徑之法，原理簡單，了解甚易。要而言之，先於經度相同之二地，求其緯度各若干，次求其弧距若干，然後用除法求緯度一度之弧距若干。因一圓周為 360° ，故以 360 乘一度之弧距，即得地球之圓周。復以 3.1416 除之，乃得地球之直徑。如圖，a 與 b 為經度相同之二地， $\angle ECa$ 角為 a 之緯度， $\angle ECb$ 角為 b 之緯度。兩角之差，等於 a b 弧之度數。次用大地測量法，求得

a b 弧之長，則地球之直徑可知矣。

世界同經度之地，其弧距之已測者甚多。由是而推算每度之弧距，不無參差，（此以地球橢圓之故）其平均值為六十九哩強。因知地球之平均直徑，約為 7918 哩。

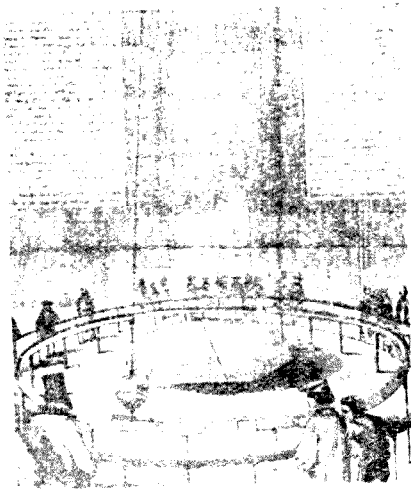


第九圖 地球直徑之測法

(69)地球自轉 托勒密氏信地球為球形，而以地球自轉之說，頗多非難，未敢深信。迨波蘭人歌白尼氏（Copernicus, 1473年—1543年）出，創為太陽系學說，假定地球繞軸“自轉”（Rotation），一反從來天體自轉之說，清辯滔滔，言皆有理。就昔人觀之，天動地定與天定地動兩說，本無涇渭可分，一則以天體固定於天球之上，繞地旋轉，一則

以地球懸空於天球之中，繞軸自轉，對於現象之解釋，似相背而實相合也。自發明遠鏡後，天文家利用之，以研究日月行星之動象。因知三者之中，無一不自轉。於是山“類同律”(Law of analogy)而推測地球之動象，亦必如此。今科學大進，並可用實驗法，以證地球之自轉 ① 矣。

(70)佛科氏 (Foucault) 擺之實驗 西曆 1851 年佛科氏用長擺以證明地球之自轉。曾在巴黎萬神廟 (Pantheon) 圓屋頂上，以 200 呎長之細金屬線，懸一鐵製重擺，擺下四周，



第十圖 萬神廟中擺之實驗

① 近數年來，發現地球之自轉週期，漸次減少，大抵每百年自轉週期減少 $\frac{1}{1000}$ 秒。

敷設圓形鐵軌，軌上堆細砂，其形如脊，軌旁刻度數，以記擺之位置。實驗之先，用紗線繫擺於鐵軌一旁，待數小時後，完全靜止，乃持火燒斷紗線，放擺自動。少頃，見擺之振動面，漸次向右偏斜，畫新紋於砂上，歷經三十二小時左右，旋轉一周，但以摩擦力之故，往往未及一周，振動即形衰弱。故於鐵軌中央，置刻度圓板，以便振動衰弱後觀察之用。當佛科氏之行此試驗也，觀者塞途，盛極一時。近今尚屢試之，此種實驗，不難仿行。所當注意者，擺宜重，線宜長，懸掛宜在一點，而風力之阻撓，尤宜設法避免。如在北極，需 24 小時旋轉一次，在赤道絕不轉動，在北極與赤道間，旋轉週期不等，概因緯度而異。

(71) **自轉與形狀之關係** 地球非完全球形，前已言之，溯其原因，不外地球自轉所致。蓋赤道距地軸遠，離心力大；兩極距地軸近，離心力小。故赤道膨脹，而兩極扁平。此理並可用物理學中離心環之實驗，以證明者也。天文家測得同經異緯各地，緯度每差一度，弧距不相等。茲將所測各數，記載如下：

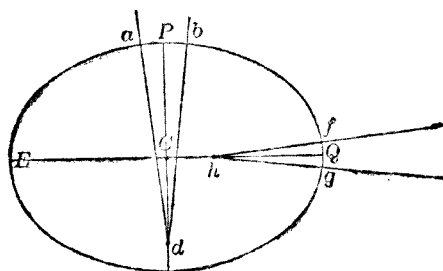
赤道至緯度 1° 之弧距	………68.704 哩
緯度 20° 至 21° 之弧距	………68.786 哩
緯度 40° 至 41° 之弧距	………68.993 哩

緯度 60° 至 61° 之弧距……………69.230 哩

緯度 80° 至 81° 之弧距……………69.386 哩

緯度 89° 至 90° 之弧距……………69.407 哩

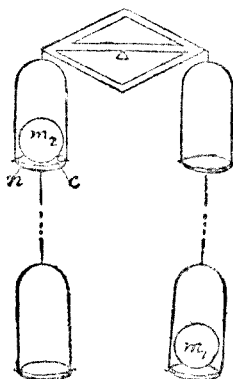
由上表，可推算地球兩極距離為 7899.74 哩，赤道直徑為 7926.61 哩。兩數相差 26.87 哩，約抵赤道直徑之 $\frac{1}{300}$ ，此分數謂之地球“橢率” (Oblateness 或 Ellipticity)。



第十一圖 弧距因緯度而異之理

(ab 弧大於 fg 弧)

(72)測地球質量之法 用精良天平一具，每端各懸二盤，上下盤以長線連之，如第十二圖。今以質量相等之圓球 m_1 與 m_2 ，分置於上盤中衡之，其量必等；分置於下盤中亦然。若將 m_2 置於左端之上盤， m_1 置於右端之下盤，則 m_1 將重於 m_2 ，因 m_1 較 m_2 近於地心，故引力較大也。但左盤中如加一小法碼 c ，即可使之平衡。今更在天平右端之下，置一大鉛球 M ，則因 M 與 m_1 之間，亦有引力，故天平復失



第十二圖 測地球質量之法

其平衡。而 M 與 m_2 相距甚遠，其間引力可以略去不計。此時又在左盤中添加一更小之法碼 n ，即可代表 M 與 m_1 間之引力。

按諸萬有引力定律， M 與 m_1 間之引力 $= G \frac{Mm_1}{d^2}$ 。

式中 d 為 M 與 m_1 之中心距離， G 為引力常數。

又 n 與地球間之引力 $= G \frac{En}{R^2}$ 。

式中 E 為地球質量， R 為地球半徑。

以上二式相等，故 $G \frac{Mm_1}{d^2} = G \frac{En}{R^2}$ 。

即 $E = \frac{Mm_1R^2}{nd^2}$ 。

上式右端皆為已知之數。喬雷(Jolly)測得 $m_1 = 5.00$ 公斤 (kilogram)， $M = 5775.2$ 公斤， $n = 0.000589$ 公分 (gram)， $d = 56.86$ 公分 (centimeter)， $R = 6366$ 公里

(kilometer) · 故求得 $E = 6.15 \times 10^{27}$ 公分 (gram) ·

其後胡德瓦 (Woodward) 照前法精密測之，得地球質量之平均值如下：

$$E = (5.974 \pm 0.005) \times 10^{27} \text{ 公分}$$

此數合英制約 $6 \times (10)^{21}$ 噸 ·

(73) **地球構造** 地球密度為 5.53，係指平均數而言 · 實則地殼與地心之密度，相差甚大 · 天文家由精密之估計，而知地殼之密度為 3，地心之密度在 8 與 10 之間 · 故地心附近之物質，當係重金屬所成 ·

地球開創之初，本為流體，歷久凝固，其密度最大之物質，當然彙聚於中心，故地心為重金屬所成，了無疑義 · 所當研究者，重金屬現為流體抑固體歟？湯姆孫 (Thomson) 氏，由潮汐現象，推知地球全為固體，其平均硬度大於玻璃 · 並謂火山宛如瘡疤，一旦破裂，瘡疤溢出膿血，火山噴出岩漿云 · 西曆 1913 年，物理家邁克爾孫 (Michelson) 與蓋耳 (Gale) 二氏，證明湯氏之見解無誤 ·

(74) **日之“視動”** (Apparent motion) 太陽在恆星間之位置，逐日變遷，經年而復，彷彿巡行天球一周 · 此現象知之已久，最為重要 · 考太陽之視動，係合二種運動而成 · 第一，太陽自春分點起，其正午之位置，逐日北移，閱三月而

達夏至點，暫留數日，便循舊途，反向南移，閱三月而達秋分點，復前行，閱三月而達冬至點，由此反向北移，閱三月而復原位，乃成四季。

第二，太陽在恆星間向東進行，經年一復，此種發現，出於間接，蓋晝間日光炫耀，衆星爲之失色，太陽位置變動與否，無從窺見，其間接之法維何？即於日沒後，觀察東方恆星，有無更改是已，三月中日沒後，東方現獅子牧夫二座，次現室女座，夏季現持蛇夫天秤二座，次現天蠍座，至於冬季，則現獵戶金牛二座，由是知太陽在恆星間東行無疑，因太陽南北往返，而有赤緯之變，因太陽向東進行，而有赤經之變，綜此二變，繪爲軌跡，遂成黃道。

就現象言之，地繞日轉與日繞地轉，初無歧異，自遠鏡發明後，始得解決，而確知地繞日轉，其解決之法有二，一爲“光之行差”(Aberration of light)，一爲“星之視差”(Parallax of stars)，二者之解釋，必以地轉爲根據，否則窒礙難通。

(75)黃道之附屬名詞 黃道與赤道所成之角，謂之“黃道傾斜角”(Obliquity of the ecliptic)，西曆1920年，測其數值爲 $23^{\circ}26'59''$ ，此爲太陽與赤道之最大距離，亦即太陽之最大赤緯，太陽赤緯最大在六月與十二月中，此時太陽所

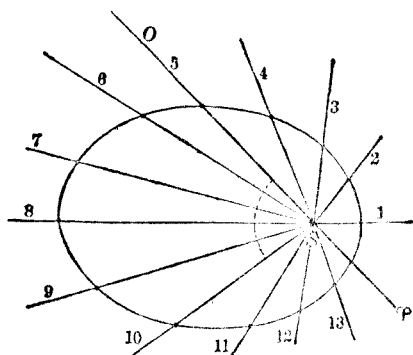
居之位置，曰“夏至點及冬至點”(Summer and winter solstices)，總稱“二至點”(Solstices)。二至點之中間，曰“二分點”(Equinoxes)。經二至點各作一圓，與赤道平行，曰“回歸線”(Tropics)。通過二至點之時圈，曰“二至圈”(Solstitial colure)。通過二分點之時圈，曰“二分圈”(Equinoctial colure)。距黃道 90° 之二點，曰黃極(Poles of the ecliptic)。北黃極居天龍座 δ 與 ζ 之中點，其與地球北極之距離，等於黃道傾斜角。

(76) “黃道帶”(Zodiac)與“十二宮”(Signs) 黃道帶跨於黃道兩側，闊 16° ，每側 8° 。中有十二宮，每宮長 30° 。除天秤宮外，餘皆以動物命名。日月及主要行星之途徑，概在黃道帶內。茲將宮之名稱符號，列表如下：

春季	$\left\{ \begin{array}{l} \text{白羊宮 } \Upsilon \\ \text{金牛宮 } \text{\textcircled{8}} \\ \text{雙子宮 } \text{\textcircled{II}} \end{array} \right.$	秋季	$\left\{ \begin{array}{l} \text{天秤宮 } \text{\textcircled{♎}} \\ \text{天蠍宮 } \text{\textcircled{m}} \\ \text{弓手宮 } \text{\textcircled{♏}} \end{array} \right.$				
				夏季	$\left\{ \begin{array}{l} \text{巨蟹宮 } \text{\textcircled{♋}} \\ \text{獅子宮 } \text{\textcircled{♌}} \\ \text{室女宮 } \text{\textcircled{♍}} \end{array} \right.$	冬季	$\left\{ \begin{array}{l} \text{山羊宮 } \text{\textcircled{♐}} \\ \text{水夫宮 } \text{\textcircled{♑}} \\ \text{雙魚宮 } \text{\textcircled{♒}} \end{array} \right.$

(77) 地球軌道 地球在空間繞日“公轉”(Revolution)之途徑，謂之地球軌道，今將其形狀考之。如第十三圖，S

爲太陽，經過 S 作直線 $OS\gamma$ ，使之對準春分點 γ ，又自 S 作 1, 2, 3, 4 等直線，與 $S\gamma$ 所成之角，各等於觀測時地球之赤經。（按地球赤經 = 太陽赤經 + 180° ）此等直線，並可代表太陽上逐期所測地球之方位。

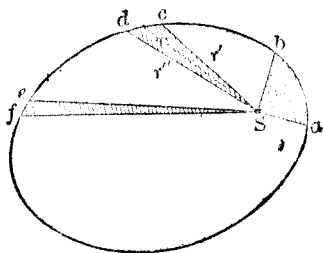


第十三圖 地球軌道之測定

地球之方位既定，乃測日地距離。惟日地之真正距離，須從太陽視直徑及真直徑推算之，頗費周章。今爲便利計，只求其相對距離。太陽之視直徑大，則相對距離小；視直徑小，則相對距離大。故相對距離與太陽視直徑成反比例。如太陽視直徑之比爲 7 : 8 : 9，則相對距離之比爲 $\frac{1}{7} : \frac{1}{8} : \frac{1}{9}$ 。乃在各線上尋得地球之位置，而以曲線聯之，由曲線之形狀，審知地球軌道爲橢圓形，太陽恰在二焦點之一，“偏心率” (Eccentricity) 爲六十分之一。

(78) **地球軌道之附屬名詞** 十二月三十一號，地球之位置，最近太陽，故稱曰“近日點”(Perihelion)。六月三十號，地球之位置，最遠太陽，故稱曰“遠日點”(Aphelion)。兩點之聯線，為軌道長徑。長徑兩端無限引長之線，曰“遠近線”(Line of Ap-sides)。由太陽向地球所作之直線，曰地球之“向量半徑”(Radius vector)。三月二十號，太陽在春分點，九月二十二號，太陽在秋分點，其間相隔 186 日，由秋分點回至春分點，僅相隔 179 日。可知太陽視動之速度，頗有參差。紀元前 120 年，喜帕卡斯氏為解釋此種現象起見，假定地球之位置，非在太陽圓形軌道之中心。自遠鏡發明後，測得太陽之視直徑，漸次變更，於是益信日地之距離無定矣。

(79) **地球運動之定律** 地球向量半徑所畫扇形之面積，與所需時間成正比例，此為西曆 1609 年刻卜勒氏所發明。如圖， ab ， cd ， ef 為每星期中地球所行之弧距，則 aSb ， cSd ， eSf 三扇形之面積必相等。且地球在近日點之運動速度，必較遠日點之速度為大。刻卜勒之發明，概以經驗為憑。其後牛頓研究地球之旋轉，對太陽必有向心力，乃證明此定律為力學上當然之結果，任何行星之橢圓運動，皆可適用此律也。



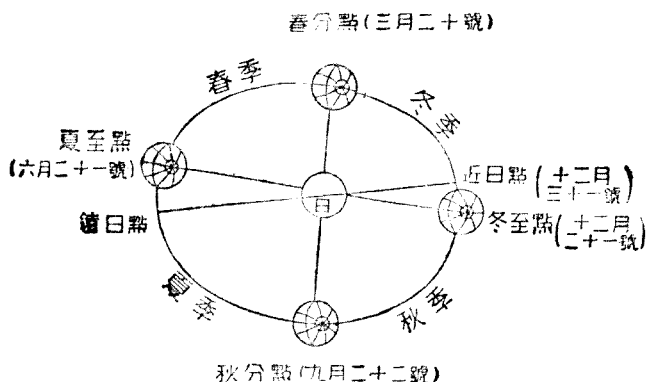
第十四圖 等期內向量半徑所畫面積

(80)四季 當“盤旋機”(Gyroscope)旋轉之時，如無外力作用，則其軸之方向不變。因知地球自轉之軸，必取平行方向，行於空間。如第十五圖，即根據此實驗，以表示地球北極在四季中傾斜之狀。今說明於下：

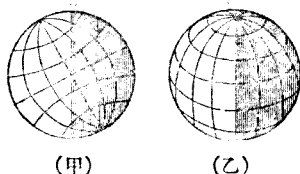
三月二十號，太陽位於春分點，地球赤道面適通過太陽中心，日光照至南北兩極，見第十六圖乙，地面各處，晝夜等長。九月二十二號，太陽在秋分點，情形同前。六月二十一號左近，地球北極向太陽傾斜 $23\frac{1}{2}^\circ$ ，見第十六圖甲，北極永晝不夜，北半球各地晝長夜短①；同時南極永夜無晝，南半球各地晝短夜長，時屆冬至，情形反是，南極見日光長照，北極則暗無天日。

①唐貞觀中，史官載骨利陀居迴紇北方，滄海之北，去京師萬里，草多百藥，地出名馬，駿者日行數百里。既日沒後，天色正曠，煮一羊胛，纔熟而東方已曙，蓋晝長夜短之顯例也。

赤道之晝夜等長，全年皆然，且無四季可分。赤道以外各地，除太陽在兩分點之外，晝夜每不等長。高緯度各地，



第十五圖 四季

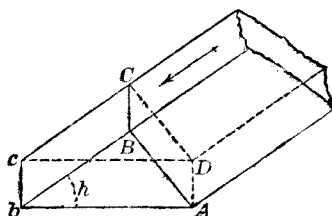


第十六圖 北極位置 (夏至與春分)

冬夏晝長，相差甚大。在北極圈以內，冬季長為黑夜，夏季長為白晝，所謂“半夜太陽”(Midnight sun)者，蓋即指此。在南北兩極，則半年為晝，半年為夜。

(81)氣候變化 一地方之氣候，年中總有多少變化，其

原因有二：其一，由於日光照射之久暫，久則地面吸熱多，氣候暖；暫則吸熱少，氣候冷，此理之所當然也。其二，由於太陽高度之大小，大則日光近於直射，溫度高；小則斜射，溫度低，證之如下：

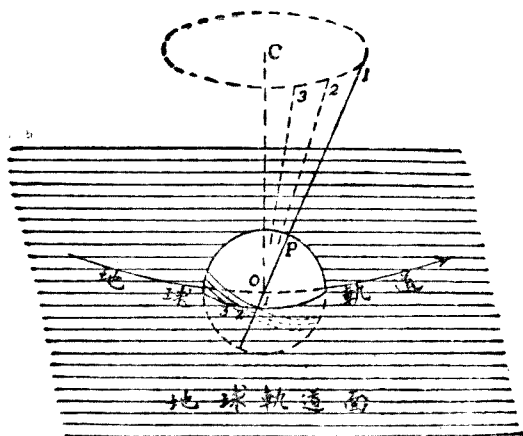


第十七圖 日光之直射斜射

如圖，太陽光束取垂直方向，射於 AC 面；又取傾斜方向，射於 Ac 面。因 AC 面積小於 Ac，故 AC 單位面積上所受熱量，必較 Ac 單位面積上所受者為大。以三角學計算之，前者為後者之 $\frac{1}{\sin h}$ 。況日光直射之時，通過空氣層薄，熱量散失較小，益足徵直射之溫度，高於斜射矣。

當太陽由天球赤道漸向北移，北半球各地，日光照射之時久，且近於直射，故覺天氣漸熱。迨太陽達於夏至點，吾國各地，日光近於直射，吸熱亦最多，然溫度尚未達於最高點者，何耶？良以夏至而後，地球每日，仍吸熱多而散熱少，故溫度尚繼續增高也。概言之，溫度最高在八月一號左右，最低在二月一號左右。

(82) “分點歲差” (Precession of the equinoxes) 及 “章動” (Nutation) 地球之軸，每依平行線進行，方向不變，前已言之。然年代經久之後，方向之變化漸著。天文家詳考其故，乃因地球為橢球體，在赤道突出之環狀部份，受日月引力後，欲使地球之赤道面與軌道面相合。祇以地球旋轉甚速，有反抗日月引力之勢，是以赤道面與軌道面之傾斜角 ($23\frac{1}{2}^\circ$)，仍未改變，僅可使地軸繞軌道面之垂線而旋轉，畫



第十八圖 分點歲差

成圓錐形而已。如是則赤道面與軌道面相交之線，亦必向西旋轉，同時二分點亦在天球上漸向西行，年復一年，愈來愈早，此現象謂之分點歲差。據天文家實測，兩分點每年沿黃道西行約 $50''.2$ ，由是推算地軸旋轉之周期為 25800 年。

要而言之，歲差者，地軸在黃極周圍，以等速度畫一半徑二十三度半之圓也。惟是地球所受日月之引力，大小無常，故地軸旋轉之跡，非爲正圓，而爲屈曲之形，此現象名曰章動。

(83) 歲差之影響 現今極星之位置，距離天極約 14° 。喜帕卡斯時代，距極約 12° 。逆料二百年後，將變爲 $30'$ ，由是再行增加。若以黃極爲心， $23\frac{1}{2}^{\circ}$ 之距離爲半徑，作圓於天球之上，則天極在恆星間所行之軌道，差可以此表之。

今之極星，與“織女一”遙對，黃極居中。逆料 12,000 年後，“織女一”將爲極星。追維四千年前，天龍座 α 距天球北極僅 $3\frac{1}{2}^{\circ}$ ，是亦當爲極星。

星座所佔黃道十二宮之位置，今昔不同。金牛宮今爲白羊座所據，白羊宮今爲雙魚座所據，一言蔽之，各宮恆沿黃道向西漸移而已。蓋宮之分，以分點爲標準，而座則以星爲根據，分點既在恆星間西移，故宮亦必西移也。

(84) 年之記法 年有三種記法：卽“恆星年”(Sidereal year)，“回歸年”(Tropical year)，及“近點年”(Anomalistic year) 是也。恆星年者，太陽自黃道上某星之視位起，迄於復歸該點之期也。其周期爲 365 日 6 小時 9 分 9 秒。回歸年者，太陽取一定方向，兩次通過春分點，所需之期間也。如

genes) 之議，改建新曆，號曰朱氏曆法。頒行於紀元前 45 年，一反從來陰曆之法，而以太陽爲中心。分年爲二種：其一有 365 日，其一有 366 日。前者稱曰常年，後者稱曰“閏年”(Leap year)。索氏信一年有 $365\frac{1}{4}$ 日，故每隔三常年後，置一閏年。凡第四年二月二十五號，重複一日。且舊曆以陽曆 March 爲正月，索氏提早兩月，改以 January 爲正月。此種曆法，希臘教堂與天文計算中，至今尚有用之者。

朱氏改舊五月 (Quintilis) 爲七月 (July)，以己名命名也。奧古斯都 (Augustus) 卽位後，又改舊六月 (Sextilis) 爲八月 (August)，並移二月之末一日於八月之後，使與七月之日數相同，用示帝王尊嚴。

(87) “格氏曆法”(Gregorian calendar) 一回歸年較 $365\frac{1}{4}$ 日稍弱，而實爲 365 日 5 小時 48 分 46 秒。兩數相差 11 分 14 秒，積四百年之久，相差約有三日餘。如不加以補正，春分點將愈來愈早。例如西曆 325 年之春分點爲三月 21 號，1582 年之春分點爲三月 11 號，較前提早 10 日。羅馬法皇格列高里(Gregory) 有鑒及此，命其臣克拉微 (Clavius) 重修新曆，將 1582 年八月 15 號，改爲同月 5 號。嗣後置閏之法，與前稍異。前者凡世紀之數，能以四除盡者，

皆置閏；茲則世紀之數，不能以四除盡者，於其世紀之末年，不復置閏。例如1600年，2000年等皆置閏，而1700年，1800年，1900年，2100年等皆不置閏。當時此種曆法，凡信仰羅馬教諸國俱遵守之。信仰希臘教及耶穌新教諸國，則仍用朱氏曆法。迨至西曆1752年，英國首先採用，爾後推行日廣，幾遍全球。朱格二曆相較，格曆遲於朱曆十三日，因原遲10日，再加1700年，1800年，及1900年少閏三日之故也。

第五 章

月

(88) 月之視動及附屬名詞 月在太陽，恆星間向東運動，此現象發現甚早。例如月與某星在今夜相距最近，明夜必移至該星東首，後夜更向東而移。約計每日移動 13° 。凡月自某星附近出發，迄於再達該星附近，其期間約為 $27\frac{1}{2}$ 日。換言之，月常以此為周期，而繞行地球，並隨地球而繞行太陽。惟是太陽在恆星間東行一周，需時一年之久，而月之東行，較太陽速甚，唐代李吉甫曰：“日行一度，月行十三度有餘”。故月常追過太陽，每隔一定期間，追過一次。月光之所以盈虛者，即因對於太陽變位而起，此理容後述之。

月在太陽東首或西首時，其間之角距，稱曰“離角”(Elongation)。“新月”(New moon)之離角為 0° ，是為月朔，一稱曰“合”(Conjunction)。“滿月”(Full moon)之離角為 180° ，是為月望，一稱曰“衝”(Opposition)。合而

稱之，謂之“朔望”(Syzygy)·朔望之際，日月地三者，近於一直線·離角等於 90° 時，謂之“弦”(quadrature)·朔後七日，月在“上弦”(First quadrature)·望後七日，月在“下弦”(Last quadrature)·

(89) “恆星月”(Sidereal month) 及 “朔望月”(Synodic month) 月自某星之視位出發，迄於再達該星之期間，謂之恆星月·其周期為 27 日 7 小時 43 分 11.524 秒，約數為 $27\frac{1}{3}$ 日·以此數除 360° ，得商為 $13^\circ 11'$ ，是即一日內月在恆星間移動之弧距·恆星月因攝動而變，最大與最小，相差 3 小時許，以上所指 $27\frac{1}{3}$ 日，為其平均數·兩次新月或兩次滿月所隔之期間，謂之朔望月·其周期為 29 日 12 小時 44 分 2.841 秒，約數為 $29\frac{1}{2}$ 日·但月球軌道橢圓，周期不定，最大之差約為 13 小時，以上所指 $29\frac{1}{2}$ 日，為其平均數·

設 M 為恆星月之平均日數， E 為恆星年之日數， S 為朔望月之日數·則 $\frac{1}{M}$ 為月球每日所行之圓周部份， $\frac{1}{E}$ 為太陽每日所行之圓周部份·月球每經一朔望月(即 S 日)，較太陽多轉一次·故月球每日所行之圓周部份，較太陽每日所行多 $\frac{1}{S}$ ·由是得式如下：

$$\frac{1}{M} - \frac{1}{E} = \frac{1}{S}$$

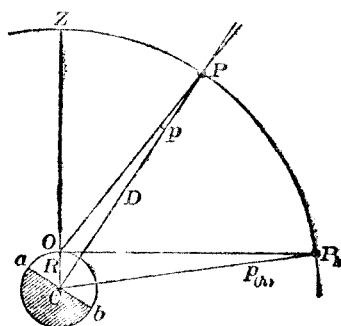
此爲“朔望運動之公式”(Equation of synodic motion)·一恆星年中，恆星月之月數，較朔望月之月數多一月·前者爲 13.369 月，而後者爲 12.369 月·

(90)月之軌道 用天文儀器，按日測得月球之赤經赤緯，一月後便可求其軌跡，是謂白道·白道與黃道同爲天球大圓，相交而成 $5^{\circ}8'$ 之角·其相交之線，謂之“交點線”(Line of nodes)·月球自黃道南趨北之點，曰“升交點”(Ascending node)·又一點曰“降交點”(Descending node)·前節所云一恆星月爲 $27\frac{1}{2}$ 日，蓋卽月循白道運行一周之期間也·月球受太陽引力，白道“攝動”(Perturbations)，故一恆星月後，不能復其原位·二交點在白道上向西逆行，一如分點歲差，惟周期甚短，約 19 年而一週·

測白道形狀，一如地球軌道，乃合月球視直徑及其位置之觀測而定·月球最近地球時，其視直徑爲 $33' 33''$ ；最遠時爲 $29' 24''$ ；故白道實爲橢圓形也·

(91)“視差”(Parallax) 任何天體中，所當最先研究者，厥爲遠度·旣知遠度，即可求軌道及體積質量等·然欲測定遠度，必先測定視差·視差者，觀測點所見天體方向，與另一標點所見天體方向之差也·視差分兩種：一爲“歲週視差”(Annual or heliocentric parallax)，乃由日地兩處，

所測恆星方向之視差也。一為“地心視差”(Diurnal or geocentric parallax)，乃由地心地面兩處，所測日月行星等方向之差也。換言之，地心視差為由某天體向地心地面兩處，所作直線之夾角；歲週視差為由恆星向日地兩處，所作直線之夾角。恆星距地極遠，其地心視差幾等於零。如圖，P 為天體，O 為觀測點，OPC 角為地心視差。天體移至天頂

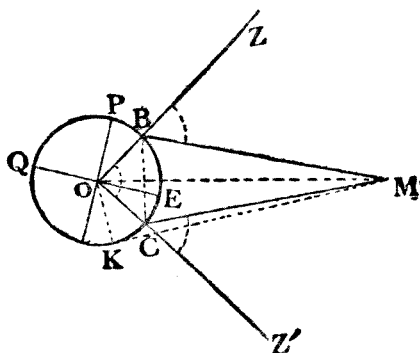


第 十 九 圖 視 差

Z，地心視差為零。天體移向地平面，地心視差漸大。迨至地平面上 P_h 處，地心視差最大，謂之“地平視差”(Horizontal parallax)。故地平視差者，即係天體上所測地球半徑之視角。例如月之地平視差為 $57'$ ，即謂月中所測地球直徑為 $114'$ ；日之地平視差為 $8''.8$ ，即謂日中所測地球直徑為 $17''.6$ 。

(92) 測月球視差之法 如第二十圖，B 與 C 為在同一

子午線上之二觀察點，相距甚遠，（例如柏林與好望角）兩處同時測得月球之天頂距離，一為 ZBM 角，一為 $Z'CM$



第二十圖 月球之視差

角。就四邊形 $BOCM$ 觀之， OBM 角與 OCM 角各為以上二角之補角，故可推算而知。且 BOC 角為兩處緯度之差，亦可求得。又四邊形之二邊 BO 與 CO 皆為地球半徑，其值業已測定。故用三角方法，可以求其對角線 OM 。於是月之地平視差，可用下式求之：

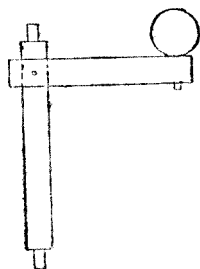
$$\sin P_h = \sin \text{OMK} = \frac{OK}{OM} = \frac{r}{R}$$

(93) 月之遠度視差等 奈孫氏 (Neison) 在地面各處，測月之地平視差為 $57'2''$ 。但以白道橢圓，視差無定，此為平均數。由此求得平均遠度約為 238,840 哩。月之平均運動速度

約爲每小時 2300 哩·直徑約爲 2163 哩·面積約爲地球之 $\frac{1}{14}$ ；體積約爲地球之 $\frac{1}{49}$ 。

月之質量，約爲地球之 $\frac{1}{80}$ ·測法困難，茲不具述·月之密度爲水之 3.4 倍；“表面重力” (Superficial gravity) 爲地球之 $\frac{1}{6}$ ·故六磅之物，移於月中，僅重一磅。

(94) **月之自轉** 曩時意大利天文家伽利略 (Galileo)，用自製遠鏡，窺察月面，記其狀況，與今日所見者，若合符節·乃知月球繞地旋轉之際，半面恆與地球相對，其他半面恆與地球相背·月球若不自轉，則一恆星月中，地球上當可順次窺見其全部，今則不然，足徵月球亦有自轉，而自轉周期與公轉周期，同爲一恆星月·月面上任何一點，經兩星期之白晝後，必繼以兩星期之黑夜。



第二十一圖 月球自轉之理

月球公轉及自轉之理，可以第二十一圖說明之·圖中圓形爲月球，位於橫桿一端·當其繞縱桿旋轉之際，恆以同一

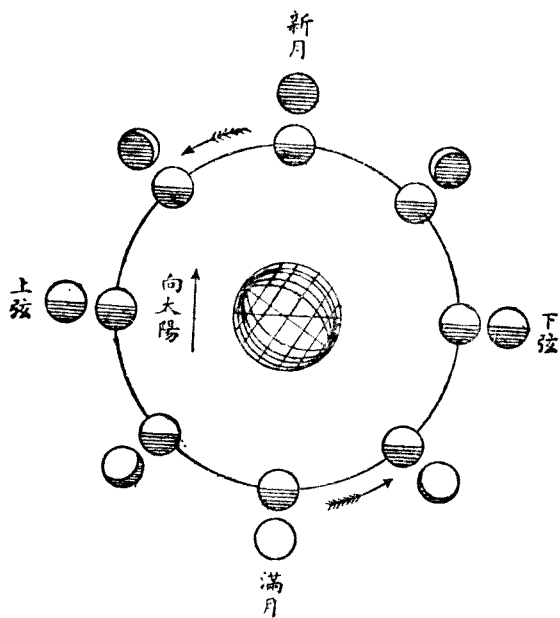
半面，與縱桿相對，驟觀之，似月球並不繞軸自轉。然依羅盤針律之，其半面所對方向，漸次變更，安得不謂之自轉乎。故知月繞地球旋轉一次，同時又自轉一次。

(95) 月之“天平動”(Librations) 月球除自轉及繞地旋轉外，尚有三種振動，如天平兩盤彼起此伏之狀，故稱曰天平動。其一，為南北二極，相間而映於吾人之眼簾，此種振動，謂之“緯天平動”(Libration in latitude)。其二，為東西兩側，更番為吾人所見，此種振動，謂之“經天平動”(Libration in longitude)。其三，為月球近地平時，上部之邊緣，逐日略有變更，此種振動，謂之“日週天平動”(Diurnal libration)。故月球對向地球之半面，要非絕對不變者，而吾人畢生所見，自必不止半面。據天文家報告，謂永見部份佔全面積百分之四十一；永蔽部份亦佔百分之四十一；其餘百分之十八，半見半蔽，因時而異。

(96) 月之“位相”(Phases) 月之光輝，都由日光之返照而成。日光不及之處，黑暗不能見。日光雖可及，而與地球相背者，亦不能見。當月球在日地之間，其對向地球之半面，黑暗無光，是謂“新月”(New moon)。約經一星期後，其受光之半面，半為吾人所見，是謂“半月”(Half moon)。介於新月與半月之間者，是謂“彎月”(Crescent moon)。自

半月起，約再經一星期後，其受光之半面，全為吾人所見，是為“滿月” (Full moon) 。介於半月與滿月之間者，是謂“凸月” (Gibbous moon) 。自滿月起，約再經二星期後，仍為新月。其間所呈位相，與前二星期相稱，次序相反。

月球上明暗交界之線，謂之“明暗線” (Terminator) 。月之二彎端，必與太陽相背。故無論何時，欲預知彎端之方向，可由太陽之所在以推求之。



第二十二圖 月之位相

(97)月面所受地球之光 新月左近，仰視天空 見有淡紅色一輪，隱約間知爲月光。但此光決非日光之返照。乃地球之光，達於月面，反射而回，兩次通過空氣層，故其色淡紅如夕陽耳。假想月中有人，則當此之時，彼之視吾，將以吾爲滿月。迨夫滿月之時，彼之視吾，將以吾爲新月。盈虛之象，彼此相左。且彼欲見吾，必移於向吾之半面。彼量計吾視直徑，必較吾所量彼者爲大。彼所感吾之光，必較吾所感彼者，大十數倍。彼之視吾，無升無沒，以爲吾固定於天空。加以地球上風雲變幻，靡有已時，草木榮枯，更番而至，果使月中有人，更堪供其賞鑑矣。

(98)月面無水與空氣 月面空氣，似有實無。藉令有之，亦極稀薄，其密度不過地球空氣之 $\frac{1}{750}$ 。月面無空氣之證有二：其一，以遠鏡窺之，陰影清晰，凹凸判然，明暗交界處，未嘗有朦朧不分之象。其二，恆星爲月球半掩之際，窺其星之顏色形狀，均未改變。月面如有空氣，必使星光屈折，而生變態。

月球自轉與公轉周期既相同，故其一晝夜之長，等於吾人之一月。方其晝也，太陽繼續映射十四日之久，其熱度可達沸點以上，無論冰雪與水，必皆已化汽而難存於月面之上。

(99)月之光熱 月光與日光之性質無異，從分光器中窺

之，二者之量一致。滿月之光輝，約抵日光六十萬分之一。

策爾涅氏 (Zollner) 測計月面反射率為 0.174。

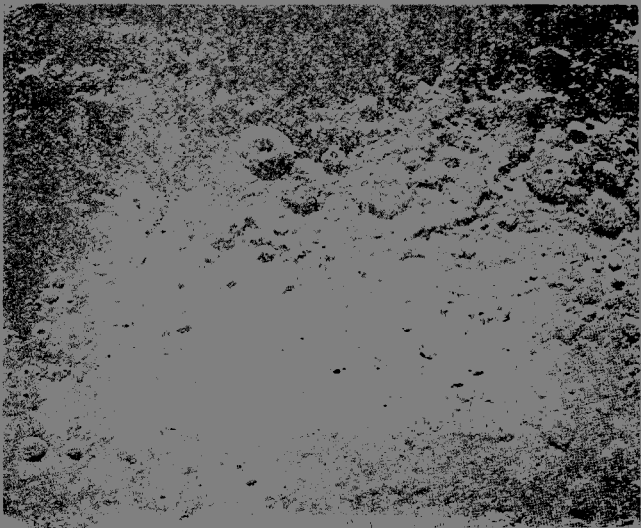
往時天文家，試用種種方法，以量計月球之輻射熱，概未成功。縱以大透鏡收集月光之焦點，而用精細之溫度計，以檢驗其溫度奚若，絲毫未有影響。輓近用特殊之儀器，困難之方法，始量得月球之輻射熱。其結果謂月球達於地球之輻射熱，約為太陽達於地面之 $\frac{1}{170,000}$ 。



第二十三圖 月球攝影

月面之溫度，尙未判定，大概言之，月中晦夜期內，（凡二星期之久）不過 -200 至 -300° 。過此期間，繼以二星期之白晝，其中岩石，感受長期之高溫，勢必劇熱異常，惜月面無空氣，故吸收之熱，易於放散。據味立氏 (Very)最近之觀測，謂月球背光之半面，暨明暗分界附近，溫度較零度低甚，或竟與液狀空氣之溫度相等。惟赤道上午後數小時內，溫度頗高，約在水之沸點以上。但赤道上之平均溫度，尙較水之冰點爲低。

(100) 遠鏡中之月球 晴夜仰視太陽，但見白光一輪中，綴以隱約之黑影。中西文人，競以古事稱道，引爲佳



第二十四圖 月面一部分攝影

話·然用遠鏡窺之，所見與前迥異·此隱約之黑影，實係無數凹凸不平之斑紋所成·使月中而有江河森林城池等類，當可見之於鏡中，今則不然，惟見高下參差，至不整齊，全係岩石所成·其上有山脈數支，延綿不遠，而環狀體特多，大



第二十五圖 正則之寰形口

小錯綜，遍處皆是，稱曰“寰形口”(Crater)·其形與火山口相似，直徑甚大·普通爲 50 至 60 哩，大者達 100 哩以上·地面火山口之直徑，僅六七哩而已·

寰形口之形狀，略近於圓·周圍有山岳環拱之，高達 1000 至 20000 呎·中間爲平原，深淺不等，與外界之平面相較，或高或低亦不等·寰形口之中央，往往有數峯突起，與周圍之山岳相齊·峯之頂端，並有缺口數處·

第六章

日及分光器

(101)概說 恆星之中，距吾人最近者，莫如太陽。太陽係一球體，自能發光，體積之大，遠過地球，然與其他恆星之體積相較，僅居中等。凡屬太陽系內之行星，皆受太陽引力，繞之旋轉。地球上之動植物，皆藉太陽之熱能，始得生存。故太陽為最要之天體也。

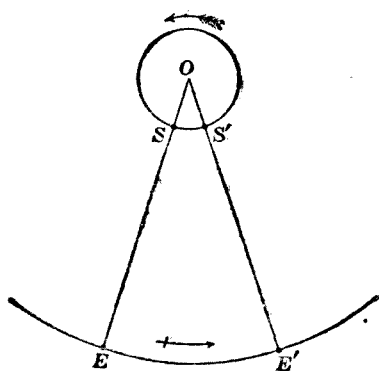
(102)日之遠度直徑等 測定太陽遠度之法，不外二種：有利用光之速度者，有利用太陽之地平視差者（均詳附錄）。根據第二法，可測得太陽地平視差之平均值為 $8.8''$ 。由是求其平均遠度約為 93,000,000 哩。據此以求地球軌道之周長，復以一年中之秒數除之，即得地球公轉之速度，為每秒 18.5 哩。地球在一秒間所行之途徑，較直線稍行彎曲，但祇 $\frac{1}{8}$ 吋。

日之遠度，出人意想以外，茲舉數例以譬之：假如日地

間有直線形之鐵軌銜接，火車以每小時四十二哩之速度，向太陽而行，中途毫無停頓，約歷 254 $\frac{1}{2}$ 年而始到達；又設音之速度，無論在空氣或真空中，俱不變者，則自太陽所發之音，須經十四年後，始可入於吾人之耳；光之速度雖大，而欲通過此距離，亦需 499 秒鐘。太陽之平均視直徑為 31'59''，故其直徑為 864,100 哩。質量為地球之 332,000 倍，密度為地球之四分之一強。

(103) 日之自轉 以遠鏡窺視日面，常有“黑點”(Spots)向西運動，漸變位置。故知太陽亦有自轉。惟歷來所測之自轉周期，頗有參差，平均為 27.25 日。蓋以黑點常移動於日面，而非絕對附麗者也。

以上所測自轉周期，乃得之於直觀，非真正之周期也。



第二十六圖 太陽之自轉

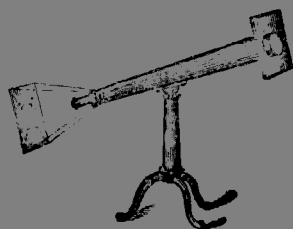
真正之周期應較所測者為小，可用第二十六圖說明之：E 為地面之觀測點，S 為日面上居中之黑點。太陽自轉一次後，黑點雖仍在 S 附近，而觀測點業已移動，故覺黑點未復原位。欲復原位，非俟太陽多轉 SS' 之弧不可。今設 S 為太陽自轉之外觀周期，T 為太陽自轉之真正周期，E 為地球之公轉週期，則得式如下：

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E}$$

由此式，可求得 T 之值為 25.35 日。

日面黑點之自轉速度，頗不一致。在太陽之赤道附近，其旋轉也速；離赤道漸遠，其旋轉也漸遲。例如赤道附近之黑點，其旋轉周期為 25 日；緯度 30° 之處，其周期為 26.5 日；緯度 45° 之處，其周期為 27.5 日。

(104) 日面之研究法 太陽光度極強，縱以遠鏡窺之，亦覺炫耀難辨。故欲明察太陽之表面，宜將遠鏡中之“目鏡”(Eyepiece)，配以毛玻璃，俾得分其光度。或用光屏以受其映像。(見第二十七圖)或藉照相鏡以攝取太陽之影。此種照相鏡，與遠鏡構造相似，但其“物鏡”(Object-glass)為特種透鏡所製，且受光時間，宜極短促，方為明晰。底片之直徑，多係二吋至十吋者，如欲擴大之，則以四十吋為限，否則模糊不分明矣。



第二十七圖 望遠鏡及光屏

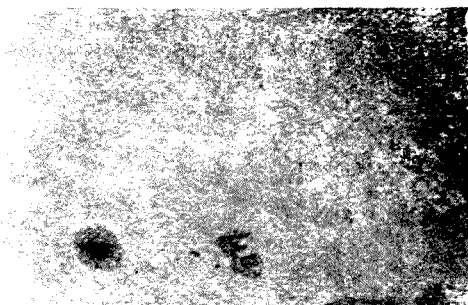
(105)“光輪”(Photosphere) 太陽表面，以倍率適中之遠鏡觀之，其組織似均勻，但透綠稍暗，各處略有黑點。以



第二十八圖 日面之米粒及米粒

高倍數之遠鏡窺之，其表面絕不均勻，乃係強光之微粒，與較暗之底部，組織而成。天文家合稱之曰光輪，微粒曰“米粒” (Rice grains)。蘭格力氏 (Langley) 比之於灰色衣上所沾之雪片，良然。米粒長闊相仿，約為四百哩至六百哩。細觀之，則又分裂為無數微點，稱曰“米糶” (Granules)。米粒在黑點附近者，往往牽長而成條紋，天文學語上，所謂“細線” (Filaments) “柳葉” (Willow leaves) 或“茅草” (Thatch straws) 是也。

又有所謂“白紋” (Facula) 者，散見於太陽表面。其在太陽之邊緣者，較在中部者為顯著。最著者，在邊緣黑點



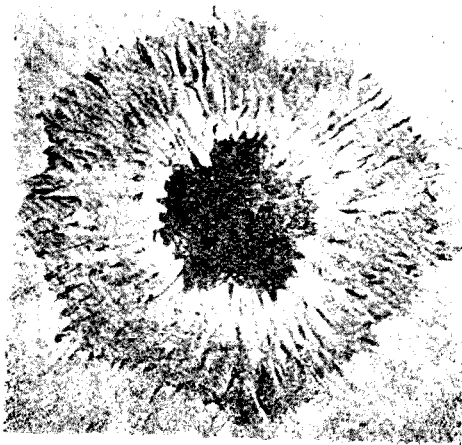
第二十九圖 黑點及白紋

之附近。其中物質，與他部相同。因其高出表面，光度特強。當其經過太陽邊緣時，成一微小之凸出物。以分光器檢視之，顯有鈣蒸氣之輝線，想係鈣原質飄浮於光輪上層所

成。

(106) **黑點之形性** 黑點之有規則者，中央爲“本影”(Umbra)，周圍爲“半影”(Penumbra)。本影之內，尚有微點一羣，形圓而色深黑，爲多茲氏 (Dawes) 發明，故稱曰“多氏深穴”(Dawes's holes)。

近人謂黑點爲光輪中之窟穴，中含許多蒸氣及氣體，溫度較他部爲低，故覺其暗。然由分光器之觀察，知黑點之上層及四周，全係氫與鈣蒸氣之迴旋運動。因此推想黑點之組成，與海洋中之龍卷相類。半影似龍卷之頂，本影似龍卷之



第三十圖 正則之黑點

幹。西曆 1917 年，美國威爾遜山 (Mt. Wilson) 天文臺，攝得黑點之影，極爲精細，黑點周圍爲氫之迴旋運動，見第

三十一圖。

(107)黑點之廣袤及分佈 黑點本影之直徑，最小五百哩，最大五萬哩。黑點羣周圍之半影，其徑達十五萬哩，但不多見。黑點之大者，可以肉眼見之，日沒時或迷霧中，更爲明顯，或以顏色玻片隙而觀之，亦可。



第三十一圖 黑點周圍之氣

黑點壽命，頗有長短。以天文眼光觀之，爲時極促，自

數日以至一二月不等。壽命特長者，曾有一滯留十八月之黑點羣。

黑點之部位，極有限制，總在太陽南北緯 5° 至 40° 之間。 45° 以外，竟無一見。赤道近旁，偶見一二。

(108)黑點之週期 西曆1843年，德人許華勃(Schwabe)發表其二十年中觀察黑點之結果，大意謂黑點時多時少，約經十年或十一年而一復，故知黑點或有周期性云。後數年，其說成立。瑞士人倭爾夫(Wolf)，將前人黑點記錄，盡行搜羅，自西曆 1610 年伽利略氏發現黑點為始，迄於當日為止，彙而考之，乃知其平均周期為 11.1 年。但每期中黑點何時最多，並不一定，上期最多在西曆 1917 年。

黑點最多時，約有二十五至五十顆。最少時，雖歷數星期或數月之久，尚無一見。此種周期性之原因何在？猶待研究焉。

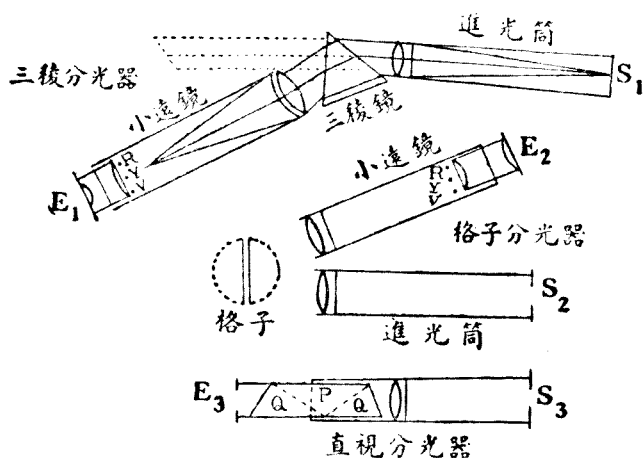
黑點衆多之時，地面之平均氣溫，略微降低；地磁且擾亂，電信不通，磁針易向，“極光”(Aurora)亦同時出現。如西曆 1859 年及 1883 年之北極光，其顯例也。惟考地磁之擾亂，係自太陽中遞嬗而來，太陽中先有磁場之擾亂，乃取一定方向，播及地面。所謂一定方向者，有向地背地之別。背地則地面不受其影響矣。

(109) 分光器之效用 西曆 1860 年左右，天文臺中新增一得力之儀器，名“分光器”(Spectroscope) 者，向所未解決之難題，藉此乃多數解決之，其在天文上之價值，殆與遠鏡相埒，非虛語也。凡極遠天體所來之光，可以分光器研究其性質，從而天體之化學成分及物理狀態，皆可判定。無論一天體迎分光器而來，或背分光器而去，並可測算其速度。又太陽面之“日珥”(Prominence)，偶或一見者，用分光器則無不見之。此得力之分光器，助以攝影乾片，實開天文學之新紀元也。

(110) 分光器之構造 分光器之主要部份為“三稜鏡”(Prism)；或以數個三稜鏡綜合而成；或以一吋長之玻璃片，刻有 5000 至 20000 平行條紋，而成一“迴折格子”(Grating)；皆可適用。由是裝置，能將原光線分散，而呈種種之色彩。以遠處之光點考之，則分散而成線形，一端為紅色，次為橙黃綠青藍五色，他端為紫色。若光源為線形，則分散而成帶形，色彩同前。此等現象，謂之分光景。製帶形分光景之法，先在凸透鏡之主焦點上，置一光縫，外裹圓筒，光線通過透鏡之後，變成平行線，復投射於三稜鏡，屈折而出，分散為七色，人目不易辨之，故另裝一小遠鏡，以便明視。

分光器之構造，如第三十二圖：即“進光筒”(Collimator)“三稜鏡”(或用迴折格子)及“小遠鏡”是也。圖之下部為直視分光器，其構造較前二種少一遠鏡。

(11) 分光景之種類 今在光縫外置單純之黃色光體，



第三十二圖 各種之分光器

則見光縫之實像生於 Y 。同時置單純之紅色光體，則見第二實像生於 R 。再置單純之紫色光體，則見第三實像生於 V 。此種現象，謂之“輝線景”(Bright-line spectrum)。

次將三種光體移去，而以蠟燭光代之，則見無數光縫之像，銜接成帶。此種現象，謂之“連續景”(Continuous spectrum)。日光月光及恆星光之分光景則不然，其大體雖

似連續景，而其中有黑線數千，將各色光互為分離。此種現象，謂之“吸收景”(Absorption spectrum)。其黑線謂之“夫牢因和斐線”(Fraunhofer line)。

(112) **分光景之詮釋** 西曆 1858 年，克希荷夫氏 (Kirchhoff) 研究各種分光景之成因不同，今述之如下：

(甲) 凡密度較大之物體，其分子運動互相干涉，失其自由，故呈連續景。例如固體，液體，或壓力極大之氣體是也。

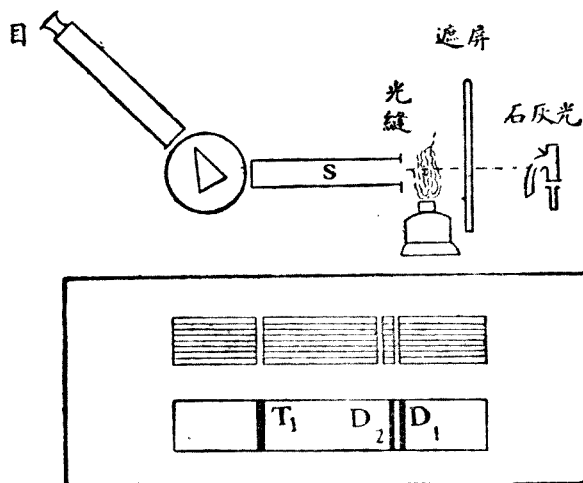
(乙) 凡在低溫度發光之氣體，其所呈之景為輝線景。輝線之粗細及顏色，視物質而異。同一物質在同一狀態之下，其景必同。狀態稍變，其景仍不變。狀態變化過甚，則其景或有更改耳。

(丙) 白光通過溫度較低之氣體或蒸氣後，即有一部份之顏色光，為其吸收而去。所吸收者，與氣體或蒸氣自身所發之色光相同。故景中見有若干黑線。黑線之部位，與氣體或蒸氣之輝線相當。此種吸收景，在天文上最為重要。

由是觀之，太陽分光景中之黑線，實因周圍之氣體，將光之一部吸收而起。此氣體包圍於光輪之上，溫度較光輪為低。

(113) **吸收景之實驗** 如第三十三圖，進光筒前置酒精

燈，燈蕊曾以硝酸鈉液及硝酸錫液浸潤者。人在遠鏡前窺之，有鈉之黃色輝線二，錫之綠色輝線一。次以石灰光置於燈後，則見輝線景立變為吸收景。其上現黑線三，適佔原輝線之位置。次以遮屏阻斷石灰光之進路，三輝線乃復舊觀。



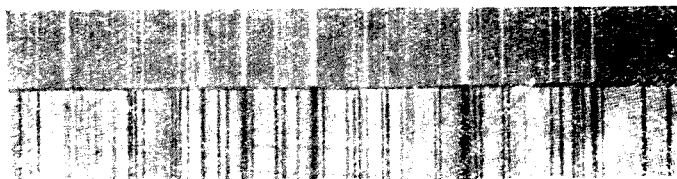
第三十三圖 吸收景

吾人所見為黑線者，係比較背地之光為暗，非絕對無光也。按諸實際，黑線光度反較原輝線增加百分之二三。祇因背地之光，增加數百倍，故覺背地明而黑線暗。例如太陽分光景之黑線，亦有光輝，可以攝取其影。只須將黑線兩旁之背地，一律阻斷，單使黑線通過光縫可矣。

(114) 日中原質之分析法 日之分光景中，黑線甚多，

用精良分光器觀之，爲數約有數千之譜。其主要者，用英國字母表之。例如在景端紅色最強之線爲 A，居中之紅線爲 C，黃色中之線爲 D，紫色中之線爲 H。

欲知日中之原質，須將其分光景之黑線，與地球上各種



第三十四圖 日景與鐵景之比較

原質所發之輝線，逐一比較。倘某黑線之部位，與某原質之輝線一致，即知日中含有該原質矣。實驗之時，在光縫下半部裝置“比較三稜鏡”(Comparison prism)，使日光反射而入進光筒內。光縫上半部，以任一原質所成之火焰或電花，直接射入。如用電花以驗鐵質者，陰陽二極皆以鐵質製成。裝置既妥，乃在遠鏡前窺之，見分光景有上下二部，下部爲日景，上部爲鐵景。鐵之輝線部位，與多數黑線一致，故知太陽中有鐵質無疑。

以上爲目測法，如用攝影術代之，尤爲便利。

(115) 日中已知之原質 依照上節之法，發現日中有原質三十六種，列表如下：

*鈣 11	*鈷 6	*銻 23	鉛 9	銅 30	銻 27
*鐵 1	矽 21	釩 8	銻 17	鋅 19	銀 31
*氫 22	鋁 25	*鉍 24	鋇 14	鎘 26	錫 34
*鈉 20	*鈦 3	炭 7	銻 16	*銻 10	鉛 35
*鎳 2	*鉻 5	鎳 12	鈹 18	鎘 33	銻 28
*鎂 19	*錳 4	鈦 15	鈉 13	鈹 32	鉀 36

以上原質，概以黑線濃度為序，濃度大者在左，如鈣鐵等，小者在右，如銻銀等。右邊號數，以黑線多少為序，多者列前號，少者列後號。右角標記，係指該原質在“色輪”(Chromosphere)之景中，常顯輝線。此外尚有氫原質，在光輪之景中，不顯黑線，在色輪之景中，則顯輝線數條。

太陽氣圈以內，原質皆化為蒸氣，溫度較光輪為低。且炭氫以外，俱為金屬。地球上之主要原質，多付缺如。氫，溴，碘，硫，磷等無論矣，即如地殼中佔一半成分之氫，亦極稀少，難於驗出。氫或存於日中，與炭化合。

雖然，日中之原質，或不止三十七種。蓋同一原質，狀態不同，分光景亦不同。日地中之原質，狀態未必相同。徒以實驗室中之狀態為憑，豈無掛漏。故欲將日中之原質，全數認識。洵非易事。

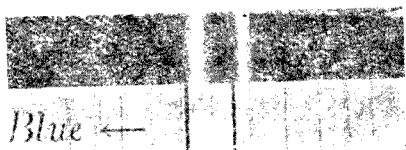
日景中之數千黑線，有從地面空氣吸收而成，如氫之黑線及水蒸氣之黑線是也。此種黑線，謂之“地上線”(Telluric lines)，日沒時最著，正午時最弱。且與空氣之溼度，大有關係，故易於識別。

(116)“煙輪”(Reversing layer) 就理論上考之，光輪上層之氣圈，若離光輪而獨立，則氣圈所發之光，應呈輝線景。欲以此施諸實驗，機會甚少。惟在日全食時，光輪為月球所掩，而氣圈尚在外緣，適為實驗之機會。觀測者豫將分光器對準氣圈，靜觀其變。及時，果見黑線一變而為輝線，光彩煥發，漸復消失，自始至終，約近二秒鐘。

由是觀之，黑線之成，由於光輪上層之氣圈。此氣圈名曰煙輪。月球在二秒間移動之途徑，相當於太陽面五百哩之厚。故知煙輪厚五百哩。

(117)“杜柏勒原理”(Doppler's principle) 西曆 1842 年，杜柏勒氏將黑線變位變形之理，加以說明。其辭曰：凡光體或音源，與吾人漸次迫近，則覺振動數變大，波長變小云。例如在車站上聞遠來火車汽笛之聲，調子較高；火車離站時，汽笛之調子較低。依理推之，天體如向地而行，其光波振動變速，屈折率變大，故景線位置必向紫色一端移動。杜柏勒原理在近世天文學中，應用頗廣，讀者當注意之。發

現景線移動者爲費佐氏 (Fizean)，故杜柏勒原理一稱“杜費



第三十五圖 杜費原理

原理”。如圖，上半爲鈉鹽景之黃色部，下半爲恆星景之黃色部。下半黑線之位置，略向青色一旁移動。應用杜費原理，求出該星趨向地球之速度，約爲每秒五十哩。

凡灼熱氣體之壓力增加，則其景線必向紅色一端移動，與氣體遠離時之景線，同一變化。但須壓力極大，方爲顯明。例如恆星中突起炸裂作用，壓力大增，景線之變位乃著。

(118) “色輪”(Chromosphere) 光輪之外爲煙輪，煙輪之外爲色輪。色輪溫度，較煙輪爲低。其中密度最大溫度最高之氣體，亦能吸收光輪之光線，而變爲黑線。原質以氫爲主，故發紅光。厚自五千至一萬哩。日食時以遠鏡窺之，宛如野火。其火非由氫之燃燒而生，乃固有之灼熱現象。

色輪之光，永爲光輪所奪，平常不能見之。即在日全食時，窺以遠鏡，亦僅見數秒鐘耳。

(119)“日珥”^①(Prominences)及其分光景 色輪之上，
 隆然突起者，曰日珥。日全食時，透出於月球之外，肉眼可
 以見之。其色深紅，狀如雲霧。成分以氫為主。西曆 1868
 年日食時，始將其分光景詳細研究。景中有輝線甚多，而以
 氫之輝線為最著。且在 D_1 及 D_2 線之旁，見有 D_3 之黃線。
 又有鈣之 H 線及 K 線。此外尚有數線，不甚明顯。惟當太
 陽熱力最盛之時，更見輝線數百，為鐵，鈦，鎂，鈉等原質
 所發。

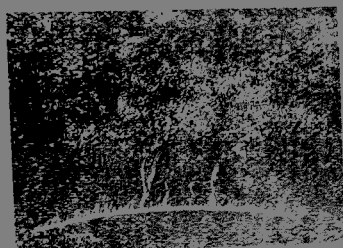
在當初 D_3 線之相當原質，無人識別，乃姑名之曰氘，
 (一作氦)意謂太陽中特有之氣體也。逮自西曆 1895 年，
 拉姆則博士 (Ramsay) 於“青礬石”(Uraninite)中發現一種
 新原質，其分光景示同樣之輝線。爾後在“隕鐵”(Meteoric
 iron)及他種礬物內，復發現此種原質。因知氘不僅存於太
 陽中，即地上亦有之。是為分光器所奏之大功！

(120)日珥之形狀 日珥之形狀，甚為美觀。所謂“寧靜
 日珥”(Quiet cent prominences)者，高達五萬至十萬哩。
 光度微弱，而甚瀾漫。其形狀經數日不變。所謂“爆發日珥”
 (Eruptive prominences)者，高達二十萬哩以上，光輝較
 強，且頗活動。在黑點附近者尤著，其形狀倏忽變化，有

① 有赤雲氣在日旁如冠耳，曰日珥；見周禮疏。

時可見其景象，其發每波五十哩至二百哩，體積較寧靜日耶為小，間有較大者。

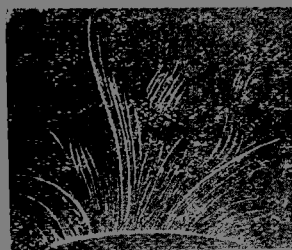
1



2



3



4



第三十圖 日 耶

(1)寧靜日耶

(2)寧靜日耶

(3)爆發日耶，狀如火焰

(4)爆發日耶，狀如噴泉及鐵判

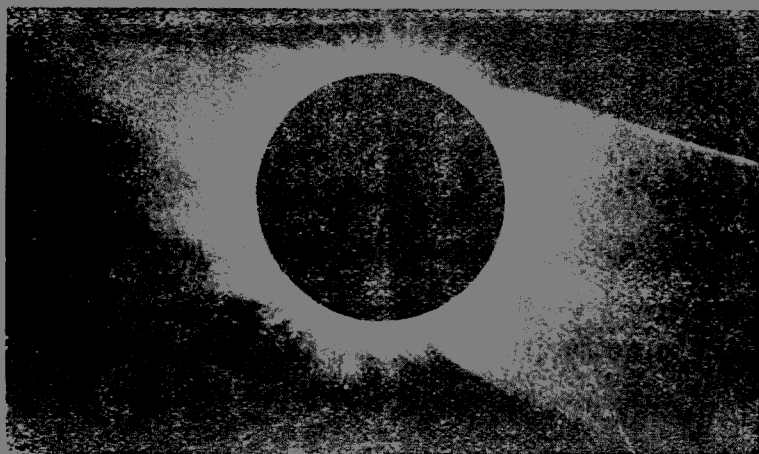
(121) “日暈”^① (Corona) 日全食時，太陽周圍白光四射，內圍模糊，與日耶之光相輝映，倍覺美麗，其現象謂之日暈，如第三十七圖。

① 日暈之現象何謂者日暈，見舊約書法。

● 日暈在太陽兩極附近，不甚開展，在赤道及黑點帶內，光線延長數度之多，每度約合一百五十萬哩。

日食時所見日暈之光度，各次不同，此因月球視直徑之大小而起，視直徑大，則日暈內圈之強光，全被掩蔽，故其光度變弱，視直徑小，則反是，光度最弱者，猶較滿月之光為強。

(122) 日暈之分光景 日暈分光景中，有顯著之綠色輝線一，其位置與克希荷夫氏分光景圖中 1474 號輝線相合，



第三十七圖 西曆 1900 年日全食時之日暈

因疑此線得毋為鐵質所生，但日暈位在色輪之上，色輪之成分，以氫為主，鐵重於氫，豈能駕而上之乎？迨至西曆

1896 年日食時，攝取日暈之分光景，悉心研究，乃知綠色輝線在 1474 號輝線附近，並不相合，且於紫色部及紫外部中，發現他種輝線，概為前所未見，故日暈中必有新原質在。此種原質，尤輕於氫，今暫名之曰“氫” (Coronium)。他日者，地球上或可發現同樣原質，以廣化學家之研究，且將與氫之發明史，後先媲美焉！

(123) 日暈之本性 據最近之研究，知日暈為太陽之附屬物質，茲舉二事以為佐證：其一，日暈之分光景，非日光屈折所生，乃係發光之氣體所生，其二，各地所攝日暈，全相一致。由是以觀，日暈為包圍於太陽最上層之氣圈，可無疑義。其中物質，大都為氣體，或含塵埃雲霧，亦未可知。日暈之性質，與地面空氣不同，蓋其光芒四溢，不受太陽引力支配。光線自身，又具偉大斥力，互相分離，而成帶形，恰與北極光彗星尾等相似，西曆 1882 年，彗星越過日暈之上，彗星光芒，依然明晰，不稍變動，足徵日暈極為稀薄，尤薄於抽氣機中之真空也。

(124) 日之光熱 日面之光度，頗不一致，中部最強，四週稍弱。迨至邊緣之上，光度頓弱，約為中心光度三分之一。依蘭格力氏 (Langley) 之見解，謂邊緣之光，一部份為低層氣體所吸收，故其光弱，而呈橙黃色。

日面之輻射熱，以工率表示之，每一平方米突抵十萬馬力，且源源不絕。

就今所知者言之，太陽輻射熱之中，僅有極小部份，爲他天體所受，餘均散於空中。地球所受者，約爲全部之 $\frac{1}{2,200,000,000}$ ，其他七行星所受者，視地球十倍或二十倍之。統計太陽系中所受之熱，不過一萬萬分之一。

太陽溫度甚高，以視地球上任何熱源，皆遠過之。法國物理家，估計光輪之溫度爲攝氏二千五百度。然據塞岐 (Seechi) 與厄立克孫 (Ericsson) 之推算，則有數百萬度之多。最近有英人威爾遜 (Wilson) 及格雷 (Gray) 二氏，測定太陽面之溫度，爲攝氏七千度。

(125) 日之壽命及年齡 太陽大部份爲氣體，漸次收縮，放散熱量，惟收縮極緩，觀測不易。一年內太陽直徑祇須收縮二百呎，則放散之熱，一如今日，而溫度決不降低。按諸此說，則年代愈久，體積愈小，其熱量終有告罄之一日。回溯既往，亦終有開始之一日。於是太陽之壽命與年齡，可以解決。假如太陽保持現今之輻射速度，散熱四方，五百萬年之後，直徑將縮去其半，密度將增至八倍，表面氣體將變爲液體或固體，溫度低落，地面之氣候丕變，此去太陽壽終之期不遠矣。

更就太陽之年齡言之，假如太陽原始之大，過於海王星之軌道，遂漸收縮，以至今日，其歷來散熱之總量，依據確切計算，知為現今一年中之一千八百萬倍，使太陽之散熱，無論今昔，皆依收縮作用，與一定速度而進行者，則太陽之年齡，至多為一千八百萬年。

(126) 鐳質供熱及滅物生熱說 日面氣體中，含有多量之氮，溯其來源，或由鐳質遷變而成，蓋化學家考得鐳有極強之放射作用，漸次變化，放出氮質，而本體則變為鉛，祇以日中溫度過高，故鐳之吸收量或亦因而改變，與實驗室中所見者不同，難於驗出，信是則日之熱能，要非全賴於體積之縮小而生，其一部份乃出於放射性原質，大抵鐳一公分發散之全熱量，與炭一公分燃燒時所生之熱量相較，則前者為後者之二十五萬倍，於是知太陽之年齡與壽命，當較前節所云者，益加長矣。

太陽熱源，出於體積收縮或鐳質供熱之說，有一共同缺點，即太陽年齡均嫌過短，不足應地質學者之需求，蓋從寒武紀前 (Pre-Cambrian time) 迄於今世，已歷數萬萬年，地球年齡猶不止此，況太陽乎？晚近學者乃倡物質毀滅，以生熱量，其說最新，基於愛因斯坦氏相對性原理 (Einstein's Theory of Relativity)，氏謂物質所含之能，發生變化時，其

質量隨之而變。物質每毀滅一公分，計生熱量 $2.15 \times (10)^{18}$ 卡路里。太陽輻射於空間之熱量，經科學家測定，為每秒 $9.05 \times (10)^{26}$ 卡路里，此數與每秒毀滅物質 4,700,000 噸相當。由是推算太陽在過去十萬萬年中，祇損失其全質量之 $\frac{1}{15000}$ 。但太陽實在年齡，尙不止十萬萬年，或數千倍於此數也。至若未來之壽命，或更過之，惟光輝漸減，極形遲緩耳。

第七章

月食 日食 潮汐

(127)日月食概說 天際無雲，日月明朗，倏忽間黯淡無光，若有翳障之者，是曰“食”(Eclipses)。食有月食日食之分，而以日全食為最可觀，此現象屢見於史籍。古人未明其理，驚駭一時，目為不祥之兆。在近代天文家觀之，正逢良好時會，可以施種種觀測，實於天文學上大有裨益也。

日光為地球或月球所阻，不獲前進，乃於其反面成一黑影，橫亙太空，形如圓錐體，非平面也。此圓錐體之軸，與日地聯心線或日月聯心線一致，圓錐體之頂，與日相背。

地球在日月之間，地影蔽月，乃成月食。月球行日地之間，月體蔽日，乃成日食。

(一)“月食”(Lunar Eclipses)

(128)地影之長度 如第三十八圖，O為太陽中心，E為地球中心， aOb 為太陽所生之地影，L為影長，D為日

地距離， R 為太陽直徑， r 為地球直徑。依幾何學之理，即得

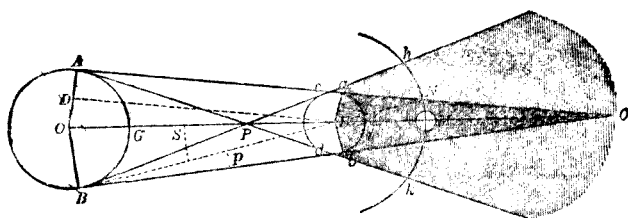
$$L = D \times \frac{r}{R - r} \cdot$$

已知 $D = 93,000,000$ 哩

$R = 433,250$ 哩

r 之平均值 $= 3,959$ 哩

故 $L = 857,000$ 哩



第三十八圖 地球之影

地影之長度，因日地距離而變，地距日愈遠，則地影愈長，以上所求者為折衷數，多少不出 14,000 哩以外。

在 aOb 之圓錐形內，無論何處，概不受光，故稱曰本影，但地面空氣，能使光線屈折，而入於圓錐形中，故實際上之本影較短；圓錐形底面之視直徑亦較大，約增百分之二，假如有人於本影內觀望地球，則見地球變成暗體，且將太陽面全部遮蔽。

本影之外，又有半影，如圖中 haC 及 kbO 二部，日光一半為地所遮，一半仍可通過，故其影較淡。假如有人於半影內觀望地球，則見地球變成暗體，且將太陽面之一部遮蔽。

(129) **月食之種類** 地球繞日運動，至月望而始介於日月之間，故月食必在望。然非每望必食者，何也？蓋白道與黃道傾斜 $5^{\circ} 8'$ ，月循白道而行，雖在月望，多從地影之或南或北經過，不易與地影相遇。欲使月球與地影相遇，總在白道之交點附近，乃成月食。一年中所見之月食，鮮有過於二次者。

月食分“全食”(Total eclipse)與“偏食”(Partial eclipse)二種。凡月球全部經過地影之內者，曰全食。一部在地影內，而他部在地影之或南或北者，曰偏食。

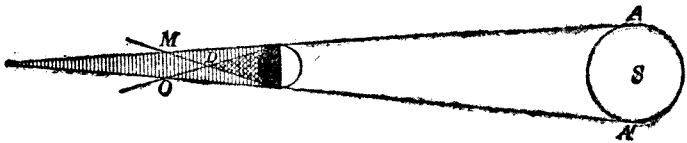
全食之時間，約有二小時。然月球自最初與地影相遇，迄最後與地影相離，必不止二小時。蓋月球每小時之行程，略與其直徑相等，而月球所截地影之圓面，其直徑為月球之二倍餘，故需三四小時，始可竣事。

偏食之時間，頗不一致，由所截地影之大小而殊。

(130) **月全食之現象** 月球將入地球本影之半小時前，其邊緣已入半影之中，故覺稍暗。迨至月球與本影相遇，其

暗益甚，人目望之，地影之界線頗清楚，但以小遠鏡窺之，反形模糊，更以大遠鏡窺之，竟難分辨，故欲精確測定月面上地影之位置，洵非易事。

月球全部入地影後，其表面往往仍可見之，惟光度衰弱，色暗如銅，為日光通過地面空氣圈後屈折所致，見第三十九圖。且光度雖弱，亦分等差，視乎地面各處之天氣而異。天氣快晴之地，日光折入地影者多，月面之一部較明。



第三十九圖 日光折入地影

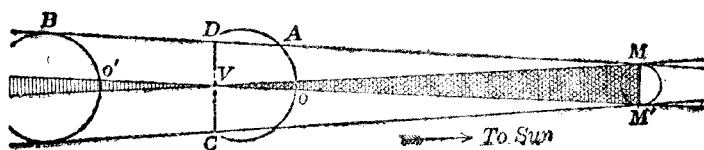
天氣陰雨之地，日光折入地影者少，月面之一部較暗。西曆1884年月食時，月面黑暗過甚，目不能見者良久，此為偶然之事，不易多見。西曆1888年一月二十八號月食時，目觀月面之光，似不甚暗，惟攝影力極微，約為月食前一百四十萬分之一。

(二)“日食”(Solar Eclipses)

(131) 月影之長度 月影為圓錐形，長約日月距離之 $\frac{1}{400}$ ，平均數為232,150哩。蓋日月距離，因時而異，月影長度，與之俱變，最大為236,050哩，最小為228,300哩，相差

7800哩。

月影之平均長度為 232,150 哩，月地之平均距離為 238,800 哩。準是言之，月影較月地距離為短，不能達於地面。然白道橢圓，月距地時遠時近，相差約 31,000 哩。若月距地最近，月影又最長，其錐頂突入地面 18,400 哩。於是地球與月影相截，成一圓面，其直徑為 168 哩，如第四十圖 O 點附近。若月距地最遠，月影又最短，其錐頂離開地面 21,000 哩。於是地球與延長之月影相截，亦成一圓面，其直徑為 196 哩，如圖中 O' 點附近。



第四十圖 月影遮蔽地面之一部

(132)“全食”(Total eclipse)及“環食”(Annular eclipse)觀測者在月之圓錐影內，見日面皆暗，是謂全食。在延長之圓錐影內，見日大於月，日之四圍留光如環，是謂環食。全食與環食，統稱曰“中心食”(Central eclipses)。環食之次數，較全食為多。日食之時，往往在一處見為環食，在他處見為全食。此因錐頂雖突入地面之內，尙未至地心故也。

日食經過地面各處，成一軌跡，形如長帶，闊與截面之

直徑相等。月影漸次掠過地球半面，或向東南而移，或向東北而移；有時經過半球之中點，有時不經過之。

(133)半影與偏食之關係 半影之直徑，可以第四十圖中之C D線表之，其長在四千哩以上，為月球直徑之二倍餘。觀測者如在半影之內，則其所見為偏食。但同是偏食，而食份有多少之別。例如人在錐頂附近，見日面被食甚多；人在半影外圈，見日面被食甚少。其間千差萬別，因地而異。偏食所經之地甚廣，以視環食與全食之途徑狹隘，不可同日而語。凡在錐頂兩旁二千哩以內，統為偏食之區域。且二千哩之數，專指與影軸垂直之平面而言，若以大地之球面言之，奚止此數。

(134)月影速度及日食時間 地球苟無自轉，則吾人所見月影之速度，每小時當為2100哩。實際上地球向東自轉，與月影移動之方向相同，故其相對速度變遲。

在地球赤道附近，全食之時間最長，約為7分58秒。在緯度 40° 之地，約為6分15秒。赤道上所見之環食，最長為12分24秒；同時光環之闊度亦最大，約為 $1'37''$ 。

觀察全食與環食之變化，可分為五期：第一，月與日遇，是謂初虧。第二，日月疊合，是謂食既。第三，日月兩心相距最近，是謂食甚。第四，月日相推，是謂生光。第

五，月不蔽日，是謂復圓。自第一至第五之時間，約為四小時許。偏食僅見第一第三第五三期，其時間因食份之多少而異。

(135) **日食現象** 潮在平時，日光照臨於叢枝簇葉之上，映像地面，形成無數小圓。至日食之初，其映像類於橢圓矣。迨夫全食之十分鐘前，日色漸黯，剩有邊緣所來之光，呈淡黃色，恍如化學中之石灰光。斯時也，牛羊昏亂，鳥棲於木，溫度低，露始凝。有頃，遙見西方地平面上，有月影一團，若狂風驟雨，飄忽而至，速度之大，至可驚駭。月影既至，日暈日珥乃現，光明之行星亦現，恆星在三等以上者，隱約可數。

全食之前，總有小部份之日光，映於吾人眼簾，光度雖弱，猶難正視。剎那間突變黑暗，人目為之昏迷。未幾，視覺轉銳敏，乃知其黑暗之程度，亦不甚劇。凡全食之時間短，而在三分鐘之內，欲觀錶面時刻，尚覺易易。若為時較長，而在四五分鐘之間，則非燈下觀之不可。

(136) **一年內食之次數** 一年內食之次數，普通為四次。最少為二次，俱係日食。最多為七次，日食居其五，月食居其二；或日食居其四，月食居其三。

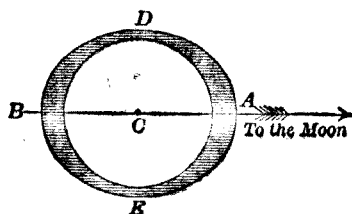
一年內之日月食，總在太陽經過白道交點之時，且往往

見於春秋或夏冬二月，此二月謂之“食月”(Eclipse months)。又因白道交點，每沿黃道西行，十九年一週，故太陽自一交點起，迄於復歸該交點之期，祇有346.62日，若是之一年，謂之“食年”(Eclipse year)。

就全球言之，日食多於月食，約為三與二之比。就一地方言之，則月食多於日食，蓋月影與地面相截成圓，直徑只有一百餘哩，日食所經之地帶甚狹，不多見也。月食則全地面之大部份，皆可見之。或見其始，或見其終，或見其始終，故時間之長短不等。平均言之，一年半中，日全食總有一次。在一定地方，則須隔三百六十年而有一次。關於日月食之豫測，如時間，地方，食份等，俱載於歐美航海通書中，茲不備述。

(三)“潮汐”(Tides)

(137)潮汐之成因 海洋之水，受日月引力，乃生潮汐。簡單言之，凡球形液體為他物所引，其近端引力，必強



第四十一圖 潮汐

於遠端。故球形牽長而如檸檬。若球之內部爲固體，表面爲液體，受他物體引力後，變形同前，如第四十一圖。且日地間與月地間俱有引力，不因地球運動而變。無論何時，海洋面之對準日月者，常爲日月所引，使水高漲，惟月地距離較日地爲近，故月之引力大於日，而水之高漲亦較甚，約爲十一與五之比。

潮汐漲落，頗有規律，無論洋海，潮汐高漲之後，漸次低落，迄於再行高漲之期，平均爲二十四小時五十一分，此與月球兩次經過子午線時間適合，歷久不變，足徵月球與潮汐至有關係。且月循白道而行，距地時遠時近，因而潮汐之高度亦異，最近時較最遠時，高百分之二十。

(138)潮汐之種別 潮與汐因時而異名，朝爲潮，晚爲汐，通稱曰潮。一日之中，潮漲至最高者曰“滿潮”(High water)，退至最低者曰“落潮”(Low water)。一月之中，潮漲至最高者曰“大潮”(Spring tides)，多在月朔月望左右，最低者曰“小潮”(Neap tides)，多在上弦下弦左右。大潮與小潮高度之比，約爲 $(11+5) : (11-5)$ ，即 $8 : 3$ 。

大潮期內，逐日所見之潮，相隔二十四小時三十八分，較前所述之平均數爲小，稱曰“初潮”(Prime)。小潮期內，逐日所見之潮，相隔二十五小時六分，較前所述之平均數爲

大，稱曰“尾潮”(Lags)。

第八章

行星

(一) 行星總論及其運動

(139) 行星概說 吾人偶於天際，發現光明之星數顆，爲星圖中所未載者，皆行星也。行星繞日而行，軌道皆似圓形，且幾在一平面內。大者有八，小者千餘，彷彿第九行星分裂而成，體積甚小，須用遠鏡見之。八行星分爲二族，在日之內圈者有四，依次序言之，曰“水星”(Mercury)，曰“金星”(Venus)，曰地球，曰“火星”(Mars)，體積與地球相似，密度相仿，謂之“屬地行星”(Terrestrial planets)。在日之外圈者有四，曰“木星”(Jupiter)，曰“土星”(Saturn)，曰“天王星”(Uranus)，曰“海王星”(Neptune)，體積較地球爲廣，密度較小，溫度亦較低，謂之“遠大行星”(Major planets)。“小行星”(Asteroids)之位置，介於火星與木星之間，其總體積尚不如火星。

八行星中，除水星金星外，皆有衛星。地球有衛星一，火星有衛星二，木星土星皆有衛星九，天王星有衛星四，海王星有衛星一，共計二十有六。

(140)行星之常數 行星與太陽相距甚遠，宜用極大單位表之，通例以日地之距離為單位，稱曰“天文單位”(Astronomical unit)。茲將行星之天文單位，公轉週期，及直徑等，列表如下：

名 稱	與太陽之距離 (天文單位)	公 轉 週 期	直 徑
水 星	0.4	3 月	3000 哩
金 星	0.7	7.5 月	7700 哩
地 球	1.0	1 年	7918 哩
火 星	1.5	1 年 10 月	4200 哩
小行星	3.0 土	3 年至 9 年	500 哩至 10 哩
木 星	5.2	11.9 年	88,000 哩
土 星	9.5	29.5 年	74,000 哩
天王星	19.2	84.0 年	30,000 哩
海王星	30.1	164.8 年	35,000 哩

上表所列，概為近似數，所以便觀覽也，其正確之數，當容後分述之。

(141) “波得定律” (Bode's law) 行星與太陽之距離，可以奇妙之算法演之。其法先橫書九個 4 字，而成一列。次於第二個 4 字下書 3，第三個 4 字下書 6，第四個 4 字下書 12，依次類推，又成一列。乃將二列中上下之數相加，成第三列。更以 10 除之，即得各行星與太陽之距離。茲演算如下：

4	4	4	4	4	4	4	4	4
—	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>12</u>	<u>24</u>	<u>48</u>	<u>96</u>	<u>192</u>	<u>384</u>
4	7	10	16	[28]	52	100	196	388
♁	♀	⊕	♂	♃	♄	♅	♆	♇

第四列爲各行星之符號，歐美通書多用之。此律先爲德人鐵刁斯(Titius) 所創，後經柏林觀象臺長波得之改革，益臻完備，故稱波得定律。

(142) “刻卜勒氏三大定律” (Kepler's laws) 行星之運動，可以三大定律概括之，爲刻卜勒發明(1571—1630)，著名於世，茲分述於下：

(一) 行星軌道爲橢圓形，太陽居於二焦點之一。

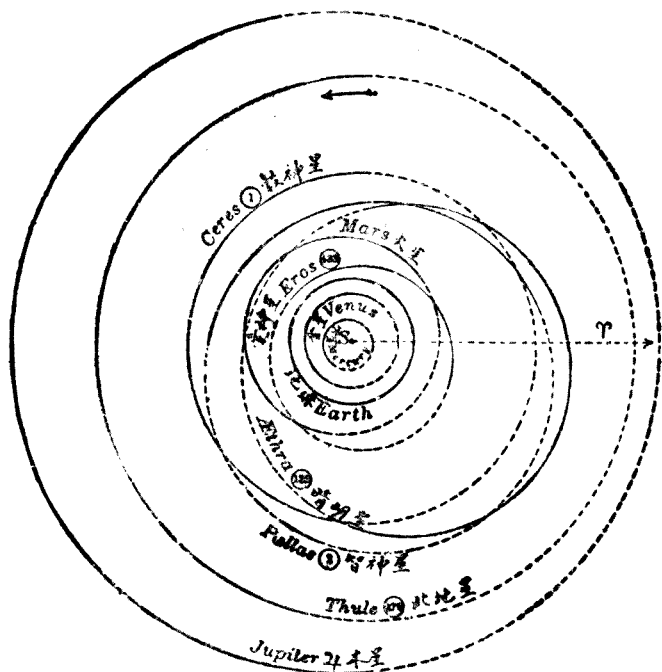
(二) 行星繞日而行，等期間內向量半徑所畫之扇形面積必相等。

(三) 行星週期之平方，與行星及太陽之平均距離之立

方成正比例。

以上第三定律，一稱“調和定律”(Harmonic law)，其式為 $P_1^3 : P_2^3 = A_1^3 : A_2^3$ 。行星與地球之距離，即藉此式而推算者也。

(143)行星軌道 如第四十二圖，為屬地行星，小行星，及木星之軌道。此圖以地球軌道之半徑，縮為十分之四吋，其他行星軌道，均照比例縮小。如欲添畫土星軌道，其

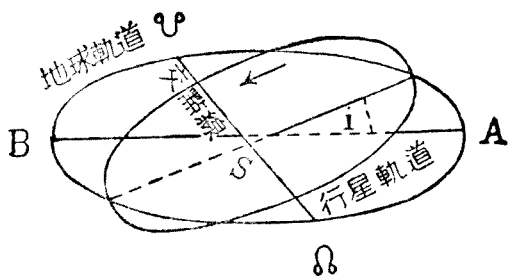


第四十二圖 行星軌道

半徑應爲3.7吋；添畫天王星軌道，其半徑應爲6.7吋；添畫海王星軌道，其半徑應爲1呎；最近恆星與太陽之距離，應畫一又四分之一哩。

圖中水星，火星，木星，及其他小行星之軌道中心，與太陽中心不合。此等軌道雖係橢圓，而與正圓相似，其長短徑無甚軒輊，太陽居於橢圓二焦點之一。

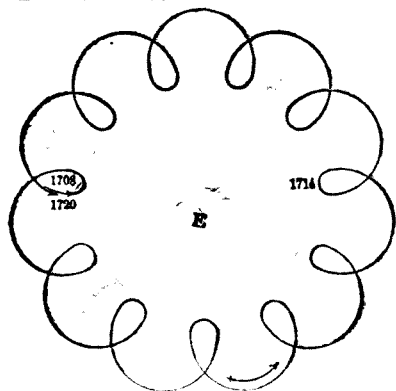
就圖中觀之，各行星軌道似在一平面內，實則不然。小行星中有名“智神星”(Pallas)者，其軌道面與地球軌道面傾斜最甚，約有三十度之多。八行星中，水星軌道面與地球軌道面傾斜最甚，但祇七度，故視八行星之軌道在一平面內，亦無不可。



第四十三圖 傾斜角與交點線

(144) 行星對於地球之視動 設想觀測者位於太陽中心，則見行星皆沿橢圓軌道而行，速度不等，地球爲每秒

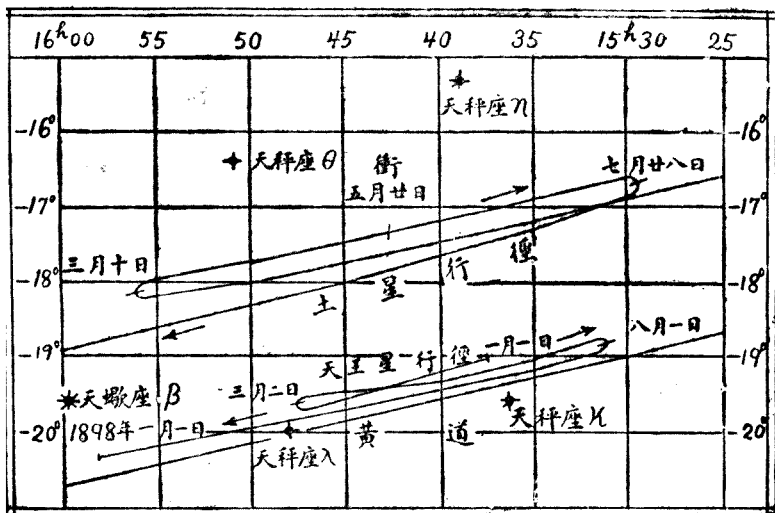
18.5 哩，其他行星爲每秒 $\frac{18.5}{\sqrt{\text{距離}}}$ 哩。惟是地面所見行星之運動，係行星真動與地球真動合併而成，與太陽上所見者迥異。例如吾人欲測木星之運動，當先測其逐日之位置，次測其逐日之視直徑，而得其遠度，乃照地球軌道之求法，將木星途徑繪出之，如第四十四圖，是即木星對於地球之視動，約十二年而一週。圖之中央爲地球，係假想爲固定者，木星依環狀之軌道，繞地而行。



第四十四圖 木星對於地球之視動

(145) “順行” (Direct motion) 及 “逆行” (Retrograde motion) 上節所述行星對於地球之視動，須用遠鏡測之。僅憑目力，則行星視直徑不見變化，因而行星之遠度亦無變化，但見其在恆星間順行及逆行而已。順行向東，逆行向西。例如在日沒時，見火星自東方上昇，即可開始觀測。嗣

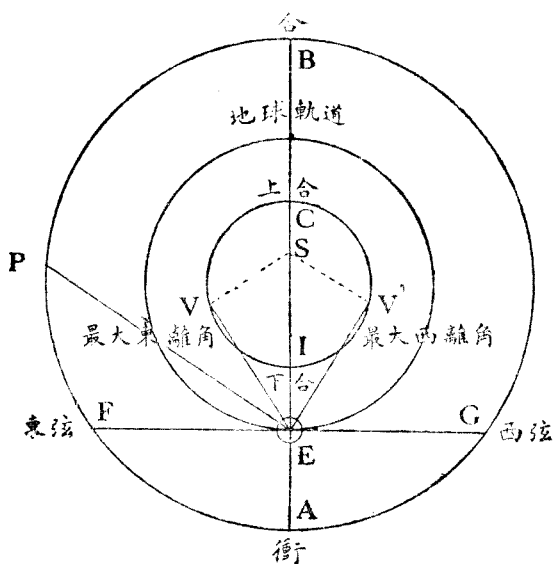
後火星每夜逆行若干距離，經數星期之久，暫時靜止，復更改方向，變為順行。積數年之觀測，始知順行逆行，更番而作。順行距離，恆較逆行為大。如第四十五圖，為西曆1897年所測土星及天王星之視動，圖中橫線為赤緯，縱線為赤經，曲線旁註某月某日，即行星經過該點之期。凡屬行星，皆有順行及逆行也。



第四十五圖 土星及天王星之視動

(146) 行星之附屬名詞 行星出沒隱現，概視行星太陽地球三者之相對位置而定，與恆星之位置無涉。行星在太陽附近時，每於晝間出現，夜間隱沒，吾人不易見之，必須遠

離太陽，方可瞭見。其與太陽之距離，用角度表示者，曰“離角”(Elongation)。如第四十六圖，人在地面觀行星在 P 之位置，則 P E S 為離角。行星與太陽地球在一直線上，如圖中 B, C, I 之位置，其離角皆為零，稱之曰“合”(Conjunction)，合有“上合”(Superior conjunction) “下合”(Inferior conjunction) 之分。上合者，行星在太陽之上，如 B 點及 C 點是也。下合者，行星在日地之間，如 I 點是也。行星在 A 點時，離角為 180° ，稱之曰“衝”(Opposition)。行星在 F 點



第四十六圖 行星之附屬名詞

及G點時，離角爲 90° ，稱之曰“弦”(Quadrature)·行星軌道在地球軌道之外，始有弦與衝之現象，此等行星，謂之“外行星”(Superior planets)·行星軌道在地球軌道之內，始生下合之現象，此等行星，謂之“內行星”(Inferior planets)·

(147) “會合週期”(Synodic period) 凡行星自一合以至再合，或自一衝以至再衝之期間，謂之會合週期·茲命E爲恆星年之日數，則 $\frac{1}{E}$ 爲一日中地球所行之圓份·又命P爲行星公轉一次之日數，則 $\frac{1}{P}$ 爲一日中行星所行之圓份·又命S爲會合週期之日數，則 $\frac{1}{S}$ 爲一日中地球與行星所行圓份之差·故知

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} \sim \frac{1}{P} \cdot$$

上式右端二數，不拘孰大，總以大數減小數爲是·行星軌道在地球之外者， $\frac{1}{E}$ 大於 $\frac{1}{P}$ ；行星軌道在地球之內者， $\frac{1}{P}$ 大於 $\frac{1}{E}$ ·

(148) 行星之“會合運動”(Synodic motion) 行星之離角，逐漸變化，經一會合週期後，始復原狀，至於離角之變化，內行星與外行星迥然不同，今分別論之：

(甲) 內行星與太陽相距不遠，自地面觀之，常在太陽

之左右振動。就金星而言，先從上合點C出發，現於太陽東首，晚間可以見之，故爲“晚星”(Evening star)。迨至V點時，東離角最大，約有 47° 。由是與太陽漸漸相近，離角減小，至下合點I時，東離角爲零。更前行，則現於太陽西首，朝晨可以見之，故爲“晨星”(Morning star)。

詩云：“東有啓明，西有長庚”。實皆指金星而言。迨金星至V'點時，其西離角最大，約有 47° 。由是離角減小，及一會合週期終了，仍復上合點原位。若是之一週運動，稱曰行星之會合運動。其中自V'點起，經C點而達V點，約佔會合週期四分之三。更自V點經I點而達V'點，約佔會合週期四分之一。

(乙)外行星之離角，自零度以至一百八十度不等，自地面觀之，並不在太陽之左右振動，僅見其西離角漸增，或東離角漸減而已。當其逐夜來至子午線上，愈來必愈早，而所差之時間不一。凡外行星自合點趨向衝點之際，是謂晨星。既達衝點，則在日沒時昇於東方。又自衝點趨向合點之際，是爲晚星。既達合點，則在日出時昇於東方。

(149)托勒密制與哥白尼制 西曆1540年之前，研究天文學者，皆宗托勒密氏天動地定之說。其說曰：大地爲球形，居天球之中央，靜止不動，日月星辰環拱之，恆星固定

於天球之上，日月行星懸空於天球之內。天球與恆星，同繞地球旋轉，每日一週，故稱曰日週運動。除日週運動外，日月行星亦繞地球旋轉。日月之軌道爲圓形，行星之軌道爲連環形云。

托氏之說，根據直觀，似無可議。惟大天文家哥白尼反對之，而別創天定地動之說。其說曰：太陽居宇宙中心，地球繞軸自轉，又繞太陽公轉。向者托氏之說，解釋紛紜錯雜之天體運動，殊不完全。今以此說解釋之，則游刃有餘云。當是時，二說並峙，學者無所適從，且新說近於臆象，不若舊說之淺近易曉。逮遠鏡發明後，由鏡中所測光之行差，與星之視差二事，證實地球有軌道運動無疑，於是舊說廢而新說興矣。

（二）行星之本體

(150)行星之大小 欲測行星之大小，必須先用測微器（第299節），以測行星之視直徑，次求行星與地球之距離，乃照三角公式，算其直徑。茲設行星半徑爲地球半徑之 γ 倍，則行星面積必爲地球面積之 γ^2 倍，行星體積必爲地球體積之 γ^3 倍。行星愈近地球， γ 之值愈正確。惟用測微器以測行星之視直徑，總有些少差誤。因而行星與地球之距離，亦有差誤。例如金星視直徑之差誤若爲十分之一秒，則距離之

差誤爲十三哩，海王星視直徑之差誤若爲十分之一秒，則距離之差誤爲一千三百哩，

(151) **行星之質量，密度，及比重** 凡行星之有衛星者，其質量可用以下之比例式求之：

$$\text{太陽質量} : \text{行星質量} = \frac{A^3}{T^2} : \frac{a^3}{t^2} .$$

式中 A 爲行星與太陽之平均距離， T 爲行星公轉之“恆星週期” (Sidereal period)， a 爲衛星與行星之距離， t 爲衛星之恆星週期。今將上式改書之，如下：

$$\text{行星質量} = \text{太陽質量} \times \frac{a^3}{t^2} \times \frac{T^2}{A^3} .$$

故如已知右端五數，即可用對數求行星質量。

欲求地球與行星質量之比，將前式推演如下：

$$\text{地球與月球總質量} : \text{行星與衛星總質量} = \frac{a_1^3}{t_1^2} : \frac{a_2^3}{t_2^2} .$$

式中 t_1 爲月之週期， a_1 爲月地距離， t_2 爲衛星之週期， a_2 爲衛星與行星之距離。

行星如無衛星，則依攝動之理，測其質量，茲從略。

求得行星質量後，以體積除之，即爲行星對於水之密度；以地球質量除之，即爲行星對於地球之密度。

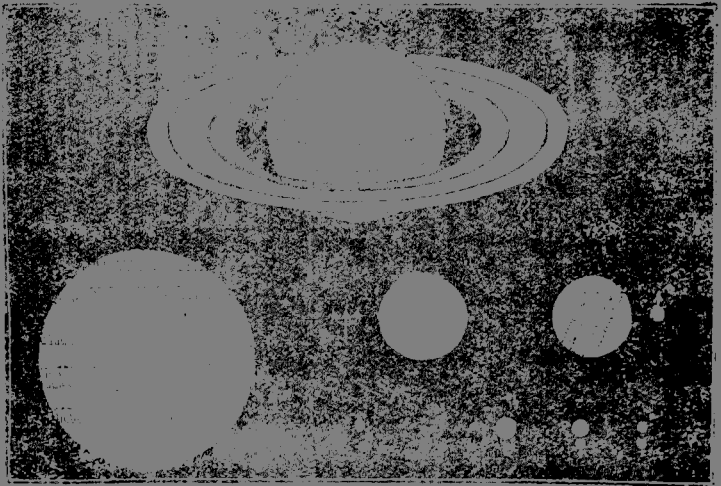
(152) **行星之自轉週期等** 行星表面，每有黑點隨其自轉，可於遠鏡中見之。故欲測行星之自轉週期，先於遠鏡中探尋黑點，既得黑點，乃測其自某處起，迄於復歸該處之期

間，是即行星之自轉週期。同時觀測黑點之塗徑如何，方向如何，以定其赤道面與軌道面之傾斜角，暨行星上二分點之位置等。八行星中，惟火星，木星，土星之自轉，業已精密測定，其他五星，因黑點不甚清楚，皆未測定。

行星爲橢球體，赤道面之直徑長，兩極間之直徑短。測得長短徑後，即可求行星之橢率。

(153)行星之衛星 衛星與行星之距離，及衛星之旋轉週期等，頗爲重要。欲測定之，常用測微器以測衛星之視直徑，及其與行星之弧距，方位等，測之既久，乃可知其梗概。有時並可用簡易之法，以測各衛星之真直徑，更由衛星與衛星間之攝動，以測其質量。太陽系中，除地球木星土星之衛星外，其他衛星之軌道面，殆與行星之赤道面一致。惟天王星與海王星之赤道面，尙未確定，故一致與否，亦未確定。除月球，“太陽公子星”(Hyperion)，及新近發現之衛室外，其他衛星軌道，皆似圓形。

(154)行星之“表解”(Tables) 附錄中第三第四兩表，備載行星之各種常數，係自名人著作中搜集而來，并依據太陽視差爲 $8''.03$ ，太陽遠度爲 92,870,000 哩而推算者也。但各數正確之程度，頗有軒輊，例如行星之恆星週期與天文單位二者，皆爲正確，雖末位小數，亦甚可恃。次如行星之有衛



第四十七圖 行星大小之比較

星者，其質量亦頗正確，俱以太陽質量為單位，他如金星水星之質量，則不甚正確。

表中所列行星直徑，及行星與太陽距離等，有以公里為單位者，行星之質量，有以地球質量為單位者，凡此，皆由太陽視差推算而得，太陽視差，今尚未定，故上數亦未定。且外行星之直徑，體積，密度等，各書所載不同，誤差率甚大，約為百分之十至百分之二十，可知近代天文學識，猶恐不足，第四十七圖為行星體積之比例，照此以繪太陽，其直徑應為一呎。

(三) 水星

(155) 水星概說 水星為最近太陽之行星，眼見之機會最少，離角最大時，始得見之。星光為紅色，光輝強盛時，與天狼相若，微弱時與金牛座 α 相若。春季薄暮，秋季平旦，視之最易。水星距太陽最近，故受太陽之光熱最強，運動速度最大，軌道之“偏心率”^① (Eccentricity) 及傾斜角最甚，直徑最短，質量最小。

(156) 水星軌道 水星與太陽之平均距離為 36,000,000 哩，軌道偏心率為 0.205。在近日點所受日之熱量，較在遠日點大 24 倍，故水星上之一年，至少可分為二季。其公轉週期為 88 日，會合週期為 116 日，在下合點前 22 日，或後 22 日，離角最大，約為 18° 至 28° 。水星軌道面與黃道面傾斜約七度。

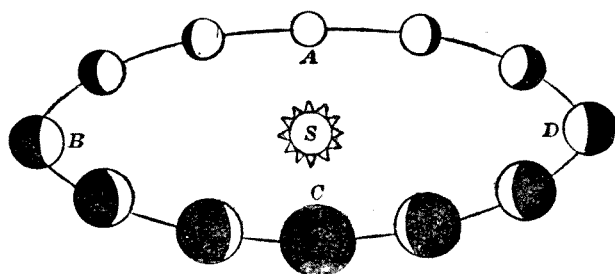
(157) 水星之廣袤質量等 水星之視直徑，因距地遠近而變，自 $5''$ 以至 $13''$ 不等。其真直徑約長三千哩。故其面積為地球七分之一，體積為地球十八分之一。其質量極難測定，蓋既無衛星，而他法又不精密，概言之，則為地球質量二十一分之一。

水星質量既不確定，故其對於地球之密度及表面重力，亦不確定。若以上所述水星之質量，認為正確，則其密度必

① 以橢圓長徑除焦點距離之商，謂之偏心率。

小於地球，其表面重力必為地面三分之一。

(158) 水星之外觀及位相等 以遠鏡窺察水星，形如小月球，且呈盈虛之象。在下合點時，黑暗之半面與地球相對。在上合點時，則與地球相背。離角最大時，形如半月。介於上合與最大離角之際，形如凸月。介於下合與最大離角之際，形如彎月，觀第四十八圖自明。



第四十八圖 水星及金星之位相

水星面之大氣密度，不如金星，更不如地球。蓋金星掠過日面時，日面現一新黑點，其周圍生光圈，水星掠過日面時，雖亦現一新黑點，而不生光圈。足徵水星之大氣，甚為稀薄。惟據哈金茲 (Huggins) 及福吉爾 (Vogel) 之報告，謂水星分光景中，除通常黑線為日光反射所生外，更有蒸氣之粗黑線在，乃知水星大氣中，有水無疑云。

水星距太陽最近，故日常觀察，多於晝間行之。此時宜將遠鏡中物鏡之一部份遮蔽，使日光不得射入鏡中，即可隱

約見其表面，惟標記形勢，皆不清楚，無可記述。但覺邊緣之光，較中部爲明耳。

水星之“反射率”(Albedo)甚小，約爲 0.13，既遜於月球，復遠遜於其他七行星。

水星之衛星，迄無一見，恐未之有也。

(159)水星之自轉 西曆 1889 年，意大利天文學家斯恰帕勒利氏 (Schiaparelli) 於水星表面，發現微暗標記，依標記之運動，知水星繞軸自轉，凡 88 日而一週，同時公轉亦一週。故水星半面永對太陽，半面永背太陽，有如月球與地球之關係耳。且水星之偏心率甚大，故其天平動亦甚著，偏左偏右，約有 $23\frac{1}{2}^\circ$ 之多，故在水星上適當之處，觀望太陽，無昇無沒，但在天際左右振動，振幅約四十七度，凡八十八日而一次云。

氏之發現，所關甚大，引起學者注意，羅威爾 (Lowell) 尤附和之。然多數天文家，對此尙抱疑慮，如欲完成其說，有待於未來之觀測也。

(160)水星之“過渡”(Transit) 水星之軌道，與黃道傾斜七度。在下合點時，往往經過太陽南北。在二交點附近，且與日地成一直線時，方能掠過日面。此種現象，謂之過渡。斯時也，太陽中現一新黑點，較金星所生者爲小，須

用遠鏡見之。惟是地球經過水星之交點線，每在五月七號及十一月九號。故水星之過渡，總在此二日左近。又因水星軌道有種種異點，故十一月中所見較多，約二倍於五月。例如西曆 1907 年十一月十四號，1914 年十一月七號，1924 年五月七號，1927 年十一月八號，皆見之。預計 1937 年五月十號及 1940 年十一月十二號，又將見之。

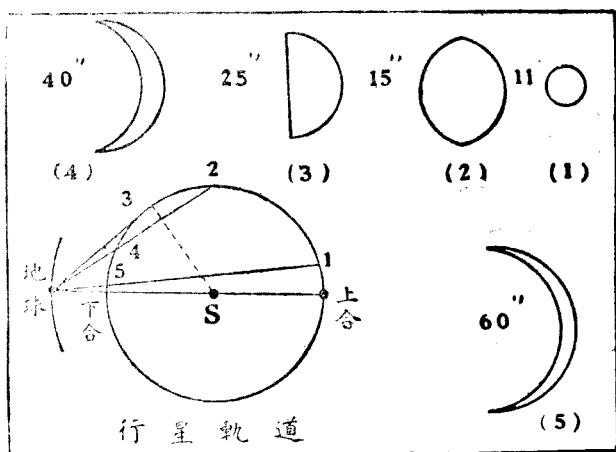
(四) 金星

(161) 金星概說 金星為行星中最光明而最顯著者，有時照物能生影，晝間能目觀。其現也，或在薄暮，或在平旦，與太陽之平均距離為 67,200,000 哩，與地球之距離為 26,000,000 哩(93 - 67) 至 160,000,000 哩(93 + 67) 不等。月球及少數彗星以外，當以此星距地為最近。軌道偏心率最小，僅為 0.007。其與太陽之距離，最大最小，相差不過 1,000,000 哩。恆星週期為 225 日，合七個半月。會合週期為 584 日，合一年又七個月。但自下合點以至離角最大之時，僅有 71 日。軌道面之傾斜角為 $3\frac{1}{2}^{\circ}$ ，不及水星之半。

(162) 金星之廣袤，質量，及密度等 金星之視直徑，在下合點為 67"，在上合點為 11"，概因距地之遠近而異。真直徑為 7700 哩，面積為地球之 $\frac{95}{100}$ ，體積為地球之 $\frac{92}{100}$ 。由金星對於地球之攝動，測其質量為地球之 $\frac{4}{5}$ ，故其平均密

度小於地球·大小與地球相埒·

(163) 金星之外觀及位相等 金星光度雖強，窺以遠鏡，表面不甚清楚·介於最大離角與下合點之際，視直徑為40"，同時以四十五倍之望遠鏡觀之，位相與月朔後四日之月球相似，大小亦相彷彿·西曆1610年，伽利略氏發現金星之



第四十九圖 遠鏡中之金星位相

位相遞變，乃益信哥白尼氏天定地動之說·如第四十九圖，係代表各期中金星之位相者也·就中(1)為上合點之位相，(3)為最大離角之位相，(5)為下合點附近之位相，(2)與(4)為居間時之位相·在下合前三十六日，或下合後三十六日，視面積最大，光度最強·按照策爾涅氏 (Zöllner) 之測定，

反射率為 0.5，日光照射其上，吸收半，放散亦半。其反射率與土星相仿，而較木星，天王星稍大，約為月球反射率之三倍，水星反射率之四倍。多數天文家，以為金星表面，有雲霧覆被之，故反射率甚強，非巖石土壤，所能致此。且光度最強在邊緣附近，中部漸暗，此與水星火星相同，與木星，土星相反。

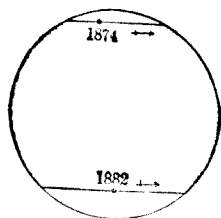
(164) **金星面之標記** 遠鏡中所見金星表面，甚不清楚，其上無顯著標記，以供自轉週期之測定。偶或見有陰影，亦不固定。當其位相類如彎月之際，偶在彎端附近，發現光點，炫耀奪目，與火星上之極冠相似，陰影或係陸地，視之較暗，惟多數學者，僉謂陰影如雲，全係大氣現象，其真正之表面，已被雲霧掩蔽，而不得見云。

(165) **金星之過渡** 金星在下合點時，必掠過日面，而生黑點於其上，肉眼可以見之。黑點經過太陽中心附近者，



第五十圖 金星表面

由東至西，共需八小時；經過太陽邊緣附近者，需時較短。地球經過金星軌道之二交點時，一在六月五號，一在十二月七號。故金星之過渡，總在此二日之中。然二日之中，金星未必在下合點附近，故亦未必過渡也。



第五十一圖 金星過渡之軌跡

今將過渡時間，列表如下：

1631年十二月七號	1874年十二月九號
1639年十二月四號	1882年十二月六號
1761年六月五號	2004年六月八號
1769年六月三號	2012年六月六號

(五) 火星

(166) **火星概說** 火星之光度甚強，顏色深紅，在恆星間運動甚速，途徑離奇，故在古代天文家已注意之。其與太陽之平均距離為141,500,000哩，約抵日地距離之一倍半強。軌道偏心率甚大，約為 0.093，故其向量半徑之變化甚大，

最大與最小之值，相差 26,000,000 哩。火星在衝點時，其光度殆與木星相等。合點時之光度，不如極星。故距離一遠一近，光度相差五十倍。

西曆 1909 年八月下旬，火星既在衝點，又與地球最近，此後每隔十五六年而一次。火星軌道之傾斜角甚小，約為 $1^{\circ}51'$ 。公轉週期為 687 日，合一年十個半月。會合週期甚長，居八行星之冠，約有 780 日，合二年二個月。就中 710 日向東順行，70 日向西逆行。

(167) **火星之廣袤及質量等** 火星在合點時，其視直徑為 $3''.6$ 。由是漸次增大，至衝點而又最近地球時，為 $25''$ 。其真正之直徑約 4200 哩，誤差不出 50 哩。故面積為地球七分之二，體積為地球七分之一，質量為地球九分之一弱，密度為 0.73，表面重力為地面之 0.38 倍。一百磅之物體，移於火星表面，僅重三十八磅。

(168) **火星之外觀及位相等** 火星距地最近時，以遠鏡窺之，顏色深紅，位相等皆甚明晰。月球之外，常以此為最明晰者。擴大七十五倍後，與月球大小相等。軌道在地球以外，故無彎月之象。在弦點時，位相酷似凸月，如第五十二圖所示。且火星表面，光度不同，邊緣附近最強，明暗交界處，有陰影，經學者研究後，知為火星上大氣之作用。但其



第五十二圖 在弦點附近之火星

大氣密度，小於地面，蓋火星面罕有雲霧，而其他大氣現象，亦甚稀少故也。據哈金茲及福吉爾二氏之報告，謂火星分光景中有水蒸氣之輝線若干，其後坎柏爾氏(Campbell)在力克觀象台(Lick observatory)中屢次復驗，不能斷定。僅知火星上之大氣，確甚稀薄，其密度不及地面大氣四分之一。

策爾涅氏所測火星之反射率為0.26，二倍於水星，半倍於金星及遠大行星。火星在衝點附近時，光度驟增，與滿月時月光驟增之理相同。

(169) **火星之自轉等** 火星表面有黑點存在，可供“自轉週期”(Rotation period)之測定。輓近所測為24小時37分22.67秒，誤差不出五十分之一秒，故極正確。地球之外，

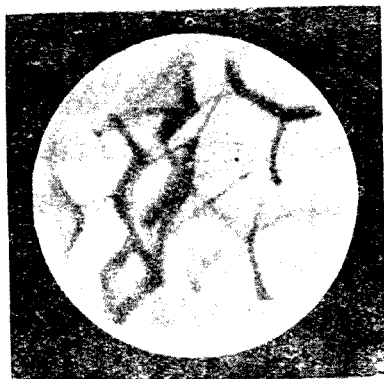
當以火星之自轉週期爲最正確矣，况將二百年來火星圖形，相互比較，益信此週期無謬矣。

火星赤道面與其軌道面傾斜 $24^{\circ}50'$ ，與黃道面傾斜 $26.21'$ ，故火星上之氣候，可分四季，且有現象爲之佐證。

火星既有自轉，其形當爲橢球體，惟觀測不易，橢率不能定，約在 $\frac{1}{200}$ 左右。他書所載之數，有甚大者，皆謬也。

(170) 火星之標記及形勢等 火星表面，用直徑四五吋之遠鏡窺之，已覺清楚，其上有標記甚多，或明或暗，永久不變，間有現而復隱者，恐係雲霧，非真正之標記也。火星面之雲霧，極所罕見，不若地面之雲，油然而生。今將永久性之標記，分三類述之：

其一，火星兩極，各有白色極冠，想係冰雲所成。蓋當



第五十三圖 火星表面

其北半球正對太陽時，北極冠漸縮小，南極冠漸增大；當其南半球正對太陽時，則反是。

其二，火星表面每見青灰色及綠色之陰影，約佔全面積八分之三，天文家多認為田野或森林區，但未確定。

其三，火星表面到處有橙色及黃色之陰影，形狀大小，各各不同，約佔全面積八分之五，天文家多認為不毛之地。

上述三種標記，在火星中央者最顯，在邊緣附近者，光度過強，反不清楚；在明暗交界線上者，黑暗過甚，亦不能見。

(171) 火星面之運河及其雙像 意大利天文家斯恰帕勒利氏，於西曆 1877 年至 1879 年之中，發現火星上有數多之線，縱橫交錯，形長而細，氏概稱之曰運河。西曆 1881 年，氏又見細線每分而為二。自此數年內，天文家爭相觀測，雖用倍率更大之遠鏡，亦未能見之，故對此常抱疑慮。迨夫輓近，各國天文家又頻施觀測，果見火星面有雙像之細線甚多，與斯恰氏所見相同，乃知前節所云三種標記以外，尚有此新發現之一種。嚮之所以不獲見者，非關遠鏡倍率之大否，亦非關火星距地之近否，蓋以地面空氣不潔，及視覺不精銳所致。此外則火星面之時季，亦與吾人觀測大有關係。

細線究爲何物？學者間臆說雖多，迄未確定。或謂遠鏡焦點不正，或謂觀者兩目散光，致有此種幻象。惟據羅威爾之說，極冠爲冰雪所成，春季融化，向赤道平原而流，故向者標記纍纍，此時盡成澤國，隱而不見者凡數星期。羅氏又謂火星面之綠色部，決非海洋，乃係陸地生長植物，掩蔽星面所致。其橙色部全係砂土，荒瘠不毛。運河流經之地，有植物區，亦有砂土區。河形平直，定係人工開鑿，春融水盛時，兩岸植物繁滋，故見細線分而爲二。數細線相交處，則爲沃野云。

(172) **火星之衛星** 火星有衛星二，爲西曆1877年美國教授荷爾 (Hall) 所發現。體積皆小，須用遠鏡見之。一曰“戰神長子星” (Phobos)，一曰“戰神次子星” (Deimos)。長子星之恆星週期，爲7小時39分，不及火星自轉週期之三分之一。衛星之恆星週期，小於其行星之自轉週期者，惟此而已。故在火星面觀長子星，必昇於西而沒於東，約十一小時而繞轉一週。幼子星則不然，東昇西沒，一如其他衛星，約132小時而繞轉一週。兩者之軌道，皆似圓形，殆與火星軌道面一致。

二星之直徑甚小，不可用測微器測之。美國教授畢克靈氏，用光度表以量得其反射率，與火星相等，因而估計長子

星之直徑約七哩，幼子星之直徑約五六哩。然據西曆1894年羅威爾之觀測，其值較大，長子星之直徑可三十六哩，幼子星之直徑可十哩。果爾，則自火星面觀長子星在天頂時之大小，彷彿吾人之觀月球，而光度較遜；幼子星則光明如金星耳。

(173)**火星上之生物** 按諸羅威爾之說，火星表面有多數運河，為人工所浚，故其上或有靈智之生物存在。惟是火星面之溫度甚低，大氣甚薄，與地面情形，迥然不同。縱有生物，亦必異於地球，方可適應其環境。據一般之推測，火星上一切飛潛動植，恆輕於地球，偉於地球，木則挺然而高，獸亦龐然而巨也。

第九章

行星 (續)

(一) 小行星

(174) **小行星發現史** 昔天文家刻卜勒，鑒於太陽系內火星木星軌道間，區域遼闊特甚，擬為解釋而未果。西曆 1772 年，波得定律成立後，學者料想此虛空中，有一遺漏之行星。至 1781 年天王星發現，測其距日遠近，與波律推演數相合，故遺漏之行星，益確信不移。自十九世紀初年至今，小行星陸續發現，其行道總在火木二軌間，因知向所云有一星遺漏者，殆即諸小行星之渾稱耳。

發現第一小行星者，為西西里天文家皮阿齊 (Piazzi)，時在西曆 1801 年一月一號之夜，皮氏稱其星曰 Ceres，意即“西西里境之佑神”，今譯作“穀神星”。1802 年奧爾柏斯 (Olbers) 發現“智神星”(Pallas)。1804 年哈定氏 (Harding) 發現“婚神星”(Juno)。1807 年奧氏又發現“竈神星”(Ves-

ta)，此爲四星中之最光明者，肉眼易於見之。爾後三十餘年中，學者雖仍注力於發現，祇以探索不嚴，竟無一得。西曆 1845 年，亨克氏 (Hencke) 於研究微小恆星之際，無意中發現第五小行星，名曰“義神星”(Astraea)。1847 年又發現小行星三。嗣後無歲無發現，多則百顆，少亦一二顆。新發現者皆不題名，僅以號數表之。舊有者有題名，兼有號數。例如穀神星爲(1)，“北地星”(Thule)爲(279)，“愛神星”(Eros)爲(433)。西曆 1891 年後，天文家多用攝影之法，以探索小行星所在，較舊時遠鏡之探索爲便。法將大攝影箱一，繫於遠鏡後面，並附時鐘裝置，使之隨時旋轉。所用乾片之面積，以足敷天球上 5° 至 10° 正方爲度。感光時間約數小時。觀測者須調整遠鏡與攝影箱之旋轉速度，使與恆星之旋轉相應，則千百恆星，皆映圓點於乾片，惟行星則映成條紋，易於識別。攝影一次，最多可得小行星七，新舊均在內。此法爲德人倭爾夫所創，法人夏洛愛 (Charlois) 用之極效。故自 1891 年以來，行星目錄中小行星之數驟增，統計已有一千以上。輓近美人麥特卡夫 (Metcalf) 復將此法革新，使恆星映像爲圓弧形，小行星映像爲圓點云。

(175) 小行星之軌道 小行星與太陽之距離，各各不同，恆星週期亦各異。就中以愛神星(433)之軌道爲最小，

與太陽平均距離爲 1.46 天文單位，合 135,000,000 哩。恆星週期爲 643 日，較火星之恆星週期略小。其次與太陽相近之小行星爲“匈牙利星”(434) (Hungaria)，與太陽平均距離爲 180,000,000 哩，恆星週期爲 3 年 3 日。與太陽相距最遠之小行星爲“勇士星”(Achilles)，“勇友星”(Patroclus)，及“暴徒星”(Hector)。三者之軌道大小，及恆星週期，殆與木星相埒。小行星軌道面，與黃道面之平均傾斜角爲 8° 。就各星言之，傾斜角大有參差。例如智神星之傾斜角爲 35° ，其次者 25° 。軌道偏心率之大者亦甚多，例如西曆 1911 年發現之小行星名“亞爾伯特”(Albert)者，偏心率爲 0.54，是爲最大。其次爲 0.38。其次爲 0.30。且小行星之軌道，每受木星攝動，大變形狀，測算不易。

(176)小行星之本體 小行星中，惟最初發現之四星，可在大遠鏡中顯其圓面。以尋常遠鏡窺之，僅爲微點。藉光度表之測定，可知四星之反射率，與火星略同。四星之直徑，以竈神星爲最大，約 320 哩。其他三星約 200 餘哩。西曆 1895 年，美人巴那德氏用測微器以測四星之直徑，與上數迥異，穀神星之直徑約 488 哩，智神星 304 哩，竈神星 248 哩，婚神星 118 哩。其他小行星之直徑，未有超過 100 哩者。最近發現之小行星，直徑更小，不過 10 哩至 20 哩；其

體積類於火星之衛星，須用口徑一呎之遠鏡見之。

小行星之質量及密度，概未確定，使巴那德氏所測之直徑無誤，并假定密度與地殼中之巖石相等，則可推算穀神星之質量，僅為地球之 $\frac{1}{6000}$ ，表面重力僅為地面之 $\frac{1}{23}$ 。

勒末累氏 (Leverrier) 依火星攝動之理，估計小行星之總質量，不出地球四分之一，而為火星之二倍有奇。輓近拉溫尼氏 (Ravenne) 復估計之，結果略同，但就今日所知小行星而言，其總質量遠不若此數之巨，故知未發現者，為數正繁夥也。

(177)愛神星 小行星中研究最有興味者，莫愛神星若。此星為西曆 1898 年德人維特 (Witt) 所發現。其與太陽之平均距離及恆星週期，皆小於火星。軌道偏心率為 0.22，故在遠日點時，軌出火星軌道以外；在近日點時，距地球軌道祇 13,500,000 哩之遙。較金星與地球之最近距離 (26,000,000 哩)，僅半數耳。愛神星之軌道傾斜角，約為 11° 。當其遠離地球之際，在恆星間殆向南運動。其他行星皆向西逆行，是其特異之點。

愛神星之直徑不出二十哩，非用大遠鏡不能見之。當其趨近地球之際，光輝漸增，肉眼可以瞭見。

愛神星之光度，每因距地之遠近而變，其變化具週期

性·美人畢克靈氏，即藉此以測其自轉週期，約為 $5\frac{1}{2}$ 小時·尚有一二小行星之光度，具同樣變化，故可如法測之·

(二) 水星軌道內之行星及黃道光

(178) 水星軌道內之行星 (Intramercurian Planets) 水星軌道以內，或尚有多量物質，繞日公轉，有謂已凝成一二小行星者，並有謂其發現多次者，其名曰“火神星” (Vulcan)·然過去十數年中，有著名天文家數人，每逢皆既日食，盡心探索，曾未一見·故火神星之有無，不能斷定·或謂水星軌道內，另有小行星一族，欲窺見之，非俟小行星過渡時，及日全食時不可·然近人在日全食時，攝取太陽近旁之天空映像，仍未發現，故此問題總難於解決也·

(179) “黃道光” (Zodiacal Light) 黃道兩側，每於夜間發散微弱之光芒，形似稜錐體，而不整齊，其名曰黃道光·早春之夕，瞭見最易·溫帶上所見者，自太陽向東延長約 90° ·熱帶上所見者，幾及 180° ·在太陽附近，此光甚明，漸遠漸弱，非燈火全滅，不獲見之·天空中準對太陽處，亦現弱光一團，直徑約 10° ，其名曰“對光” (Counter glow)·

黃道光之分光景為連續景，中無黑線·近人每謂北極光之輝線景，與黃道光中之黑線有相當者，實不足信·黃道光

之原因，尙未明瞭，或以爲日暈之延長光線；或以爲太陽周圍有無數流星，分佈黃道面內，與太陽距離不一，遠者超過地球軌道，此等流星，受日光而反射，映於吾人眼簾，遂成黃道光，至於對光之成因，大概由於準對太陽之流星，受日光正射後，光輝充足，故能顯出，其理與滿月之光，分外明亮者相同。

(三) 木星

(180) **木星概說** 木星爲遠大行星中之最近太陽者，光度列入行星第二，強於天狼四五倍，火星距地最近時，尙不能與木星光相敵，其現也，不僅限於晨昏，苟在衝點，終夜可以見之。

木星與太陽之平均距離，爲 483,000,000 哩，合五個天文單位強，軌道偏心率爲 $\frac{1}{20}$ 弱。

木星軌道與黃道傾斜 $1^{\circ}19'$ ，恆星週期爲 11.86 年，會合週期爲 399 日，合一年一月有零，換言之，木星某日抵衝點後，須於來年今日之後一月又四日，再抵衝點。

(181) **木星之廣袤，質量，及密度等** 木星之視直徑，因距地遠近而變，自 $32''$ 至 $50''$ 不等，木星表面爲橢圓形，長徑約 90,000 哩，短徑約 84,200 哩，平均直徑爲 88,000 哩，約抵地球直徑之十一倍強，以上各數，係巴那德及須氏 (See)

所測，尙待校訂。附錄第三表所載之數均較小，其測法與前二人不同，且測在二人以前。

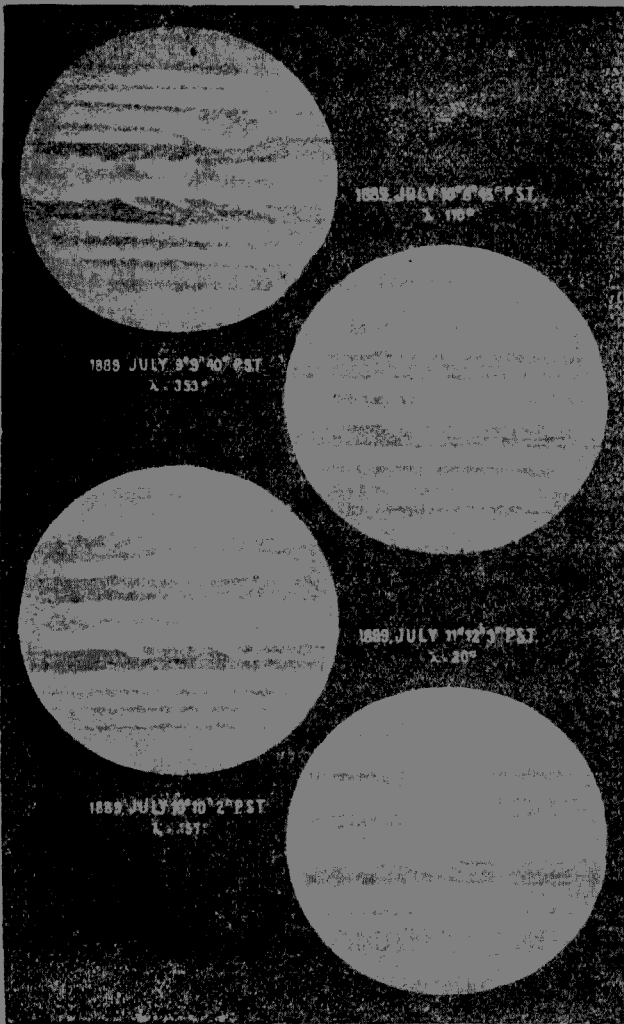
據以上各數，求得木星表面積爲地球之 122 倍，體積爲地球之 1355 倍，較諸其他七行星之總體積，尙有過之，故體積居八行星之首。

木星之質量，可利用其衛星以推算之，既如前述。又可用木星對於小行星之攝動而推算之。推算之結果，知爲太陽質量之 $\frac{1}{1048}$ ，地球質量之 316 倍。

由木星之質量及體積，求得其平均密度爲 0.24，與太陽密度相等，而爲地球密度四分之一。其表面重力爲地球之 $2\frac{2}{3}$ 倍，但以木星自轉甚速，故赤道與兩極之重力，相差百分之二十左右。

(182) 木星之外觀及反射率等 用六十倍之遠鏡觀察木星，與月球之大小相等。用二三百倍之大遠鏡觀之，表面形勢畢露，陰影清晰，顏色濃豔。且隨木星之自轉，而逐漸變化。其上大部份之標記，均排列成帶，與赤道平行。如第五十四圖，係力克觀象臺基勒氏 (Keeler) 所繪之木星表面，惜其種種顏色未能印出。

木星面之光度不勻，邊線較中部爲弱，故各帶兩側，不甚清楚。木星位相，頗不顯著，但覺向日處較明，背日處較



第五十四圖 木星表面

暗而已。據策爾涅氏之測定，謂木星反射率爲0.62，殆與白紙反射率相等，（白紙反射率爲0.78）故知木星或自能發光也。

(183)木星之大氣及分光景 木星面之大氣，彌散極廣。遠鏡所見種種形狀，全係大氣作用，且木星密度甚小，故大氣之內，是否有固體或液體存在，尙屬疑問。惟雲霧與蒸氣，可斷其必有也。木星分光景與太陽分光景，無甚區別。蓋其大氣下層，有雲霧一大圈，將日光反射，入於分光器中，所呈之景，絕少吸收作用，故與太陽分光景相似。僅紅橙二部中，略增黑線數條，與天王星海王星所增之黑線相當，而較爲難辨，此或由於木星大氣之吸收作用矣。

(184)木星之自轉 木星自轉之速度，大於其他行星，週期約9小時55分。所以稱約數者，蓋此種測定，全類表面斑點之運動，惟斑點性質不同，所在亦異，歷來所測斑點之週期，相差至六七分鐘，是以稱約數也。斑點有黑白兩種，黑點速度，每較白點爲大。

木星自轉既速，斯其橢率亦大，約爲 $\frac{1}{16}$ 。木星赤道面與其軌道面傾斜只三度，故一年中無季節可分。

(185)木星面之狀況 木星表面，與地球火星迥異。星

面標記，因時而變，不能久留。能存留稍久者，惟“大紅斑”(Great red spot)而已。(見第五十四圖)大紅斑發現於西曆1878年，數年內非常顯著，今已衰弱，留一淡影。在發現後八年之中，頻頻測其自轉速度，約有六秒鐘之差，最小為9小時55分34.9秒，最大為9小時55分40.2秒。因知大紅斑與木星表面，決不相連。天文家對此奇景，正與火星上之運河，同一懷疑。

由木星面種種現象，可斷言其溫度甚高，例如雲霧之多，及其變態之速，其明證也。但考太陽輻射於木星面之光熱，僅為地球之 $\frac{1}{27}$ 。木星所得外界之熱量既甚小，而溫度反高者，或因體積甚大，正在收縮，發散偉大熱量，與太陽收縮相類。但依最近觀測，木星面溫度甚低，祇及 -140°C 。星面所來強光，實即日光之反射也。

(186)木星之衛星 木星之衛星有九，其中四星較大，可以小遠鏡見之。西曆1610年一月，伽利略氏用自製遠鏡，發現此四星。其中最近木星者，謂之第一衛星，相距262,000哩。最遠木星者，謂之第四衛星，相距1,169,000哩。如以木星半徑為單位，以表四星與木星之距離，則為6, 9, 15, 26。其恆星週期自42小時至 $16\frac{2}{3}$ 日不等。軌道為圓形，與木星赤道面幾相一致。體積最大者，為第三衛星。

西曆 1892 年，巴那德氏發現第五衛星，與木星相距最近。1905 年拍爾林氏 (Perrine) 發現第六第七衛星，其軌道大致相同，故有“雙子星” (Twins) 之目。1908 年梅洛特氏 (Mellotte) 在攝影片上，發現第八衛星。1914 年泥科爾孫氏 (Nicholson) 在力克觀象臺中，發現第九衛星。第八星之軌道，與第九星大致相同，亦有雙子星之目。

(187) **木星之過渡及衛星食** 木星之衛星軌道面，除第四星外，殆與木星軌道面一致。故衛星每繞木星一週，必有衛星食一次。惟通常所見者，或係食之初，或係食之終，殊不完全。須待木星行至弦點附近，始見其陰影最長，而衛星食之全部可以窺見。木星在衝點時，衛星食全不可見。利用木星之衛星食，可以測光之速度，詳見附錄。

(四) 土星

(188) **土星概說** 土星光度，與一等恆星相若。恆星中除天狼星外，光度罕與倫比。其色淡黃，位相紫月不變。周圍有衛星十，其一未定。又有光環 (Ring) 一，為他天體所無。

土星與太陽之平均距離，約有 9.5 天文單位，合 886,000,000 哩。軌道偏心率為 0.056。木星軌道面與黃道面傾斜 2.5° ，恆星週期為 29.5 年，會合週期為 378 日，約合一年又

二星期。

(189) **土星之廣袤及質量等** 土星之視直徑，因距地遠近而變，自 $14''$ 以至 $20''$ 不等，土星之橢率約為 $\frac{1}{11}$ 。平均直徑約 74,000 哩，故為地球平均直徑之九倍餘。面積為地球之 84 倍，體積為地球之 770 倍，質量為地球之 95 倍，密度為地球之 $\frac{1}{8}$ 。行星之中，當以其密度為最小矣。

土星之表面重力，平均為地球之 1.2 倍，惟赤道與兩極不同，相差約百分之二十五。故土星赤道面之重力，與地面重力相等。土星表面亦有斑點，各點之自轉速度，頗不一致，由此所測土星之自轉週期，亦不一致，約為 10 小時 14 分。此種情形，正與木星相同。

土星之赤道面與軌道面傾斜約為 27° ，與黃道面傾斜約為 28° 。

(190) **土星之表面狀況，反射率，及分光景** 土星表面，光度不勻，中部明而邊緣暗。赤道兩側有平行帶若干，赤道之帶，光度最明，常呈淡紅色。高緯度之帶，光弱而狹隘。迨至兩極，則呈綠色之極冠，策爾涅氏測土星之平均反射率為 0.52，殆與金星反射率相等。

土星之分光景，與木星相同，但黑線較為顯著，此等黑線，係土星本體所生，而為光環之分光景所無。蓋光環之氣

圈甚薄，殆不生吸收作用也。土星之物理狀態及組織等，或與木星相類，不過溫度較低，雲霧較少而已。

(191)光環之組織 光環爲土星之特徵，可分 A, B, C 三小環。A 在外，B 在中，C 在內。西曆 1610 年伽利略氏用自製遠境，發現土星兩側，各有小星體一。1655 年海耳史氏 (Huyghens) 用大遠鏡細窺之，乃知伽氏所謂小星體者，實係光環之顯於土星兩側者耳。又經二十年後，喀西尼氏 (Cassini) 發現光環中有黑線一道，歧此環爲二。1850 年美人逢德氏 (Bond) 復發現此環與土星本體間，尙有微暗之一環在。故光環爲三小環合組而成，見第五十五圖。

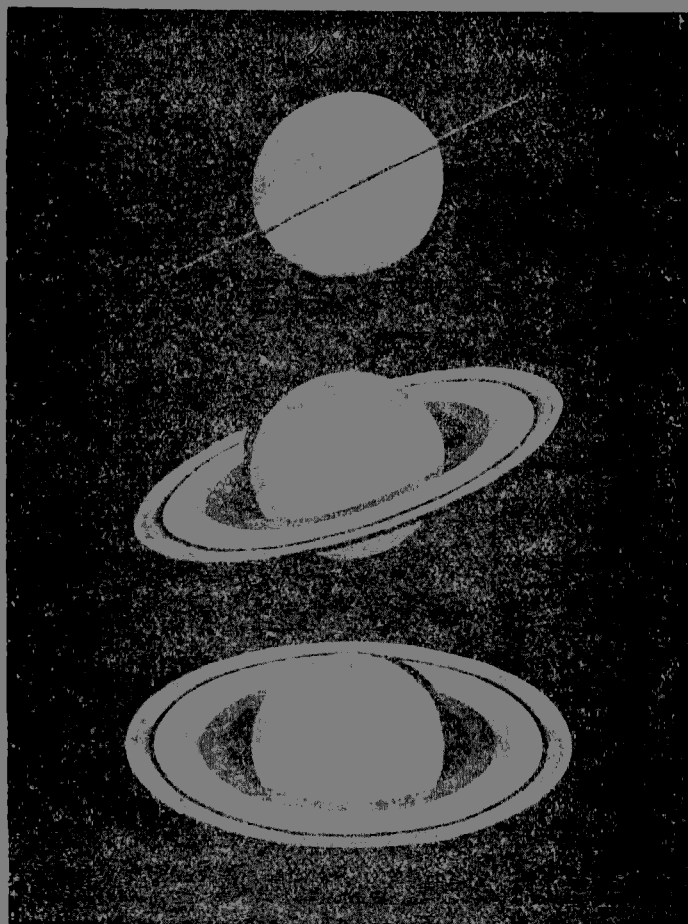
光環甚薄，不出 50 哩以外。外環 A 之直徑約 173,000 哩，闊約 11,000 哩。黑線闊約 2000 哩。中環 B 闊約 18,000 哩。內環 C 闊約 11,000 哩。內環之內緣，與土星赤道間，相距約 6000 哩。

軌近斯特魯味氏 (Struve)，測計光環之質量及平均密度，皆極微小，對於衛星之運動，毫無阻力，美國荷爾教授謂光環質量，不過土星之 $\frac{1}{7100}$ 。

多數天文家皆認光環爲無數質點聚合而成，各質點同繞土星運行，軌道在一平面內，故成環形。據近人之觀測，謂光環係流星羣所成，並由分光器測得內圈之旋轉，速於外

圈，與刻卜勒之法則相合。

(192) 土星之衛星 土星之衛星九，最大為“日神星”



第五十五圖 土星

(Titan)，光度與九等恆星相同，可用三吋口徑之遠鏡見之。其次者為“水神星”(Tethys)“山神星”(Dione)“天女星”(Rhea)“天子星”(Iapetus)等，光度較弱，可用五吋口徑之遠鏡見之。餘四星光度更弱。

日神星之質量，約為土星之 $\frac{1}{4600}$ ，又為月球之二倍。天子星之軌道，與光環傾斜約 10° 。餘者之軌道，殆與光環一致。餘見附錄第四表。

(五) 天王星

(193) **天王星概說** 西曆1781年三月十三日，赫瑟爾氏用自製反射遠鏡，檢查天體，無意中發現天王星，其光度與六等星相若，視覺健全者可以見之。

天王星與太陽之平均距離，約有19天文單位，合1,800,000,000哩。軌道偏心率與木星略同。軌道面與黃道面傾斜 $46'$ 。恆星週期為84年。會合週期為 $369\frac{1}{3}$ 日。

天王星在遠鏡中呈綠色圓面，視直徑約 $4''$ ，真直徑約30,000哩，體積為地球之54倍，質量為地球之14.6倍，密度為地球之0.27，與太陽及木星之密度略同。

據策爾涅之測定，天王星反射率較木星尤大，約為0.64。其分光景之紅色部，有極濃之黑線，係星面大氣之吸收作用所致。大氣之密度或甚大，中含何等物質，尚未確定。

星光呈綠色者，即因景之紅色部，有極濃黑線故也。

天王星爲橢球體，橢率爲 $\frac{1}{14}$ 。星面無斑點，又無清晰標記。僅有極淡痕跡，形狀如帶。故星之自轉週期，無從測定。惟據分光器之觀測，知其週期爲10小時50分，自轉方向與衛星之公轉方向相同。

(194) **天王星之衛星** 赫瑟爾氏發現天王星之後數年，復發現衛星二：曰“仙王星”(Oberon)，曰“仙后星”(Titania)。西曆1851年拉塞爾氏(Lassell)又發現衛星二：曰“神獅星”(Ariel)，曰“妖怪星”(Umbriel)。此四者皆須用極大遠鏡見之。軌道皆爲圓形，與天王星之赤道，在一平面內，與黃道傾斜 82.2° 。四者皆向西逆行，餘見附錄第四表。

(六) 海王星

(195) **海王星發現史** 海王星之發現，在數理天文學上得一大勝利。蓋數理天文家推算之天王星軌道，與實測不符，故知其近傍必有一未發現之行星，天王星受其攝動之影響，改變軌道。西曆1845年實測天王星之位置，與推算之位置相差約二分圓弧。在常人觀之，所差甚微，何足介意。孰知此細微之差，即爲發現新行星之濫觴。勒未累氏由精密研究之結果，作書於其友，發表心得，大意謂水夫座沿黃道

上有一點，赤經爲 326° ，如以遠鏡窺之，或將在附近一度以內，發現新行星，光度與九等星相若，而現其圓面云云。其後西曆 1846 年九月二十三號之夜，柏林天文家數人，果發現一新行星，與勒氏所指之一點，相距 $52'$ 。於是勒氏之預言中矣。英人亞當(Adams)對於該行星亦有同樣之預言，惟發現較德人爲遲。

(196)**海王星之軌道** 海王星與太陽之平均距離爲 2,800,000,000 哩，軌道類於圓形，橢率爲 0.009，軌道與黃道傾斜 $1\frac{3^\circ}{4}$ ，恆星週期約爲 164 年，公轉速度約爲每秒 $3\frac{1}{3}$ 哩。

海王星之視直徑爲 $2''.6$ 。遠鏡中見其表面呈綠色，光度介於八等星與九等星之間，肉眼不得見之。美國天文曆書(American Ephemeris)，載海王星之直徑爲 35,000 哩。體積爲地球之八十六倍，質量爲地球之十八倍，密度爲地球之 0.20，反射率爲 0.46。表面無標記可見，故自轉週期不能測定。分光景與天王星相似，而較爲暗弱。

(197)**海王星之衛星** 海王星發現之後一月，拉塞爾氏復發現其衛星一，其軌道半徑約 222,000 哩，旋轉期約 5 日 21 小時，軌道與黃道傾斜 $34^\circ 48'$ ，星體向西逆行，直徑與月球略相等。餘見附錄第四表。

(198)海王星上所見之太陽系 假如吾人移居於海王星之上，遠測太陽之視直徑，不過一分圓弧，宛如吾人在地面測金星之視直徑耳。海王星所受太陽光熱，僅為地面之 $\frac{1}{900}$ ，故甚寒冷。惟所測太陽光度，較諸月光強甚，約抵滿月之光七百倍。

(199)海王星軌道以外之行星 (Ultra-neptunian Planets) 從海王星發現至今，已歷八十餘年。其間天文學者，每料想海外行星之存在，思所以發見之，其法有二：先由附近行星之攝動，推算此星之現位，次仿照小行星探索法，從星陣照片中認出此星。美國羅威爾 (Lowell) 常藉天王星攝動餘差，預計此星距日約45個天文單位，光度列十餘等，質量不及海王星之半。

西曆1930年三月，羅威爾天文臺積十六年探索之功，果發見海外行星，光度列十五等，直徑一萬九千哩，體積大於地球，小於天王星，距日約40至43個天文單位。三月十二日夜間觀之，位於雙子座 δ 星以西一秒，與羅氏預言之經度相符，其名曰“冥王星”(Pluto)。

此星初見時，計其軌道偏心率為0.909，一時遂有認為彗星者，但最近推知其偏心率為0.25，公轉週期為249年，故可確認為行星。

第十章

彗星隕星及流星

(一) 彗星

(200) **彗星形狀及顆數** 彗星之外觀，酷類圓形雲霧，其中央似有一恆星映照之，且往往牽長而成帶形，故我國俗名掃帚星。古人云其星現，主刀兵疫癘之兆，經科學家詳細研究之後，乃知與人事無關。其現也，多無定期，其在恆星間運動之軌跡，長短不等，初則漸行漸近，光度增強，繼復遠離而去，終乃隱沒。計自出現以迄隱沒，不過數星期或數月耳。最大者與金星光度相埒，晝間亦可見之，頭部大如月球，體部自地平面起，延及天頂，殆與日地之距離相等。惟大多數之彗星，光度微弱，須在遠鏡中見之。第五十六圖爲西曆 1858 年十月四號逢德氏所繪之“多那提彗星”(Donati's comet)。

彗星之顆數，至二十世紀之初，共發現八百，其中有一



第五十五圖 多那提彗星

定週期，去而復來者，存者數不足八百，望鏡未發明時，憑肉眼所見，祇四百顆，西曆 1609 年望鏡發明後，乃再發現

四百顆，就中五分之四，須在鏡中見之。然彗星之數甚多，今所知之彗星，概能趨近地球，而便於觀察者也。

(201) **彗星之名稱** 凡肉眼所見之彗星，皆以發現人或研究人之名字代表之，例如“嚇列彗星”(Halley's comet)“恩刻彗星”(Encke's comet)“多那提彗星”等皆是。遠鏡中所見之彗星，皆以發現之年份代表之，年份同者，附 a, b, c 等字母於年份之前，以表發現之次序，或附 I, II, III 等羅馬數字於年份之後，以表經過近日點之次序，例如 a, 1890 彗星，1890-I 彗星等皆是。間有以雙名字代表彗星者，如“雷布彗星”(Lexell-Brooks comet) (1889-V)，乃指 1770 年雷克才爾氏發現此星後，至 1889 年布魯克斯氏復發現之也。

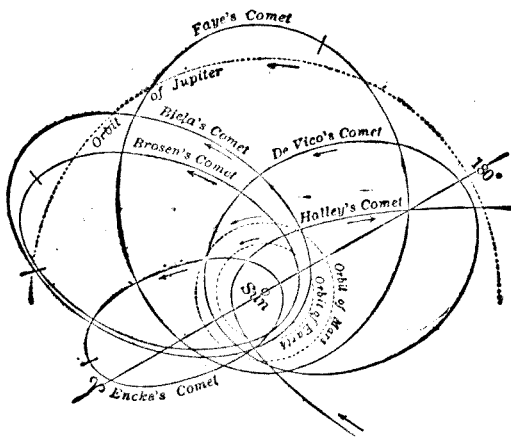
(202) **彗星之現期及光度** 西曆 1811 年之大彗星，現期為十七個月。1889 年之小彗星 (1889-I)，現期為二年餘，是皆彗星紀錄中之現期最長者。最短者僅有一二星期。平均言之，約為三個月左右。

彗星光度不等，相去遠殊，大概五顆中，可以肉眼瞭見者僅一顆。見於晝間者，百年內不過四五顆。西曆 1882 年之大彗星及 a, 1910 彗星，光度甚強，近所罕見。

(203) **彗星軌道** 大多數之彗星軌道，皆為拋物線。先自極遠處向太陽系而來，繞太陽半匝後，漸次遠離，一去不

返。已測之彗星軌道，約有四百，屬拋物線者三百餘，屬橢圓者八十五，屬雙曲線者六。惟拋物線與雙曲線相似，不易辨別。

軌道橢圓之彗星，準期出現。就今所知有十二顆，軌道似係橢圓，約經千年左右，或可復現一次。軌道確為橢圓者，祇七十五顆，其中六十顆，約經百年出現一次，而六十顆之中，有二十顆已出現二次或三次，餘者或已分裂，或發現不過十年左右，或受攝動影響，改變軌道。



第五十七圖 短週期之彗星軌道

嚇列彗星之軌道橢圓，發表最先，週期約七十六年，係西曆 1705 年嚇列氏所定。其後西曆 1759 年，1835 年，及 1909 年，果見此星準期而至。其次，發表恩刻彗星之軌

道亦爲橢圓，時在西曆 1819 年，其週期約三年半。第五十七圖爲週期短小之彗星軌道，自三年半至八年爲止。此等彗星，在一週期中必與木星軌道相近一次。圖中諸截線，係表彗星穿過木星軌道面時之位置，且離木星軌道之升交點或降交點頗近。故彗星與木星，必有關係存焉。

(204) **彗星與太陽之最近距離** 天文家測定彗星軌道之近日點，與太陽相距在六百萬哩以內者有八；在二萬萬哩以外者有四。西曆 1729 年之彗星，其近日點與太陽距離爲三萬七千五百萬哩，合四個天文單位。當時以此星之近日點，與太陽相距爲最遠。然彗星之數極多，能與地球相近，爲吾人所得見者，不過一小部份，吾人所不得見者，不知凡幾，安知無更遠者乎！

彗星軌道與黃道傾斜自 0° 以至 90° 不等。彗星之運動方向，可分兩種：軌道橢圓，週期在百年以內，且向東順行者，爲第一種。惟嚇列彗星與西曆 1866 年之“滕配爾彗星”(Tempel's comet) 爲例外。其他彗星，順行或逆行不定，爲第二種。

(205) **拋物線彗星爲太陽之賓(Visitor)** 此類彗星，不屬於太陽系，僅與太陽偶或一會而已。當其趨近地球時，恆從極遠恆星間，直向太陽而來，速度極大。太陽引力之外，

如無他力作用，則彗星毫無頓挫，仍可遠離而去。須與其他恆星相遇，始生吸引。其在恆星間之運動狀況，一遵萬有引力定律。

近有著名天文家數人，謂拋物線彗星之來路固遠，然認為來自極遠恆星間者，亦殊未妥。因太陽系在天空移動，附近星雲，來相會遇，故見之為彗星云。

(206)“**週期彗星**”(Periodic comets) 凡彗星之軌道橢圓，去而復來者，謂之週期彗星。此類彗星，每經過行星軌道附近，故與行星有關係，例如第五十七圖中之諸彗星，俱與木星相關，故稱曰木星之“彗星族”(Family of comets)，共約二十顆。其他屬於土星者有二；屬於天王星者有二，滕配爾彗星為其代表；屬於海王星者有六，嚇列彗星為其代表。

(207)“**竊留學說**”(Capture theory) 此說為百年前拉普拉斯所倡，大意如下：凡彗星軌道為拋物線者，一旦來至太陽系中，與任一行星相近，則必受攝動影響，改變速度。速度增加者，軌道變為雙曲線，愈行愈遠，永不復見。速度減少者，軌道變為橢圓，繞日旋轉。但旋轉數次之後，必與該行星同時到達原位附近，於是彗星速度又變。速度增加者，仍離太陽系而去。速度減少者，軌道更變為小，週期更變。

爲短。如是數次之後，彗星軌道深入地球軌道以內，不受攝動影響，故軌道亦不起變化。久而久之，諸彗星陸續向太陽而來，有照上述之法則進行者。於是一羣彗星，均爲行星羈留，而成彗星族。惟是族中諸彗星，未必永久相聚。或則分裂，或則趨近行星，增加速度，仍離太陽系而去，是則羈留之而終乃釋放之云。

(208) **彗星組織** 彗星分爲四部：一曰“首”(Coma)，爲彗星之主要部份，凡屬彗星皆有之，狀如朦朧之雲霧，體質透明。二曰“核”(Nucleus)，形如恆星，在近太陽時，始能現出，光輝甚強，居彗星之中央，有時爲二三小核所成。三曰“尾”(Tail)，爲極稀薄之物質所成，由核部放射而出，成爲白光一道，凡明亮之彗星多有之，遠鏡所見者，間亦有之。當彗星趨近太陽時，其尾隨後，背離太陽則居前，故太陽與彗星之尾恆相斥。但尾之形狀位置，又因彗星之運動而變。四曰“噴霧”(Jets)及“包被”(Envelopes)，二者皆自核部擴散而成。噴霧頗不整齊。包被則層層相隣，形如同心圓，斯類現象，惟目見之彗星始有之。

(209) **彗星之廣袤** 彗星體積甚大，合尾部計之，爲數更巨。通常頭部直徑爲四萬至五萬哩，一萬哩者甚少，十五萬哩以上者尤少。

彗星頭部之直徑，變化無常，趨近太陽則縮小，背離太陽則擴大。蓋彗星近太陽時，包被得熱蒸發，故不得見；遠太陽時，復行凝結，故又見之。西曆 1811 年之彗星，其頭部直徑最大為一百二十萬哩，較太陽直徑大百分之四十。1680 年之彗星，其頭部直徑為六十萬哩。1858 年之多那



第五十八圖 多那提彗星之頭部

提彗星，其頭部直徑為二十五萬哩。1892 年之“和謨茲彗星”(Holmes's comet)，其頭部直徑在八十萬哩以上。

彗星核部直徑，通常爲一百哩至六千哩，但逐日變化，大小無定，因知核部或非固體所成。且此種變化，視其放射能力而異，與距日遠近無關。

彗星尾部極長，至少爲五百萬哩至一千萬哩，通常爲五千萬哩，間有超過一萬萬哩者。尾部末端之直徑，自一百萬哩至一千五百萬哩不等。

(210) **彗星質量** 彗星體積雖大，而質量甚小，不及地球十萬分之一。蓋彗星趨近行星之際，行星照常運動，絲毫不受影響。例如“俾拉彗星”(Biela's comet)及雷克才爾彗星，與地球相距最近。二星感受地球之攝動，週期減少數星期。但地球之公轉週期，毫無變化。假如彗星質量爲地球十萬分之一，則地球之公轉週期，亦將減少一秒鐘矣。

(211) **彗星密度** 彗星中所含物質，不外流星與氣圈二種。流星密度，殆與地球相等，惟相隔甚遠，平均密度變小。當恆星經過彗星核部之上，恆星光輝依然不變，故知彗星爲透明體，密度極小。今假定彗星頭部直徑爲五萬哩，質量爲地球之十萬分之一，則其平均密度爲海面空氣之六千分之一，較諸抽氣機中之真空，尤爲稀薄。至於尾部密度，更屬微小，實驗室中任何真空，皆所弗如。

羽毛與小錢，可在真空中同樣運動。天體之間，全係真

空，運動自由，毫無抵抗。彗星密度雖小，而能以極大速度運動者，職是故耳。

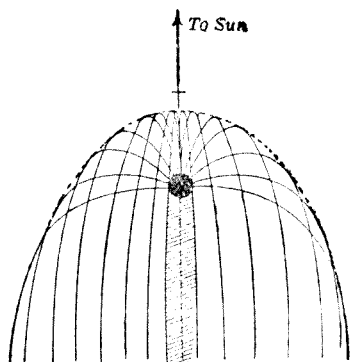
(212) **彗星之光** 彗星光度，每因距日之遠近而變，且遵從平方反比定律，故知彗星光之一部，為日光反照所成。但彗星之光，有時變化無常，彗星近太陽時，其分光景與太陽不同，中有輝帶數條，其三條與氣態炭氫化合物所呈之景相同，故知彗星光之一部，又為自身所發。但彗星之成分，以流星為多，僅有一小部分為炭氫化合物。炭氫之溫度不高，所以能發光者，蓋放電現象也。

(213) **彗星趨近地球時之現象** 彗星初現之際，僅有雲霧一團，光輝朦朧，形如星雲，中點較為明亮。迨與太陽相近，光度驟增，核部亦突現。向日之處，核部洩出噴霧，或脫出包被，包被每隔數小時脫出一次，層層擴大，光度亦漸變弱，終至不見。

彗星之包被整齊，而成對稱形者，為西曆 1858 年之多那提彗星，當時所見，最多七層。惟此種現象，頗不多見。多數彗星皆缺少包被，其核部所洩出者概係噴霧或流光之類。

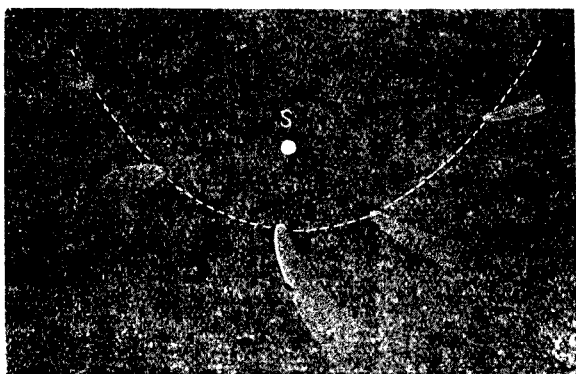
(214) **尾之成因** 彗星之核部，向太陽陸續放射質點，放射之後，復被太陽所斥，乃成尾部，如第五十九圖。此說

不僅可以解說一般彗星現象，並可推算尾部之大小形狀，實測所得者相符，故較他說為優。



第五十九圖 彗星尾部之成因

尾之本性，尙未確定，或以為電氣現象，或則以為光現象。自馬克斯威氏(Maxwell)首倡光之電磁學說後，光電



第六十圖 彗星在近日點附近之尾形

三者互相溝通，并可實驗光波亦能相斥，故二說並行不背。

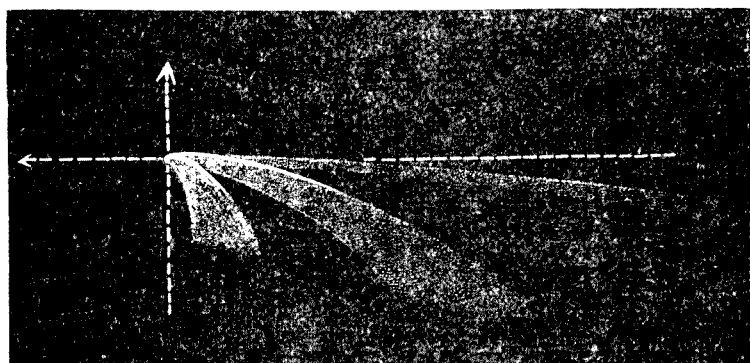
核部放射之質點，既受太陽斥力，又受太陽引力，視二者孰大孰小，可以判定其吸斥。通例，太陽引力恆較斥力為小，故質點離彗星稍遠後，便依雙曲線軌道，繞日運動，其平面與彗星軌道面殆相一致。

大彗星之尾部，每呈彎曲之空圓錐形，頭部在錐頂附近。小彗星之尾部，往往為狹窄之白光一道，自頭部射出，背離太陽時，尾部擴大，其攝影片上每現結節及密塊，遠鏡中不能見之。

尾部所以彎曲者，由於核部放射之質點，一方面取原有速度，一方面又受太陽斥力，以得新速度，合此二者，其進路變成曲線，依彗星之運動方向，向外凸出，如第六十圖所示。斥力愈強，尾部彎曲之度愈減，且質點一旦放散之後，永不復歸。

(215) **尾之種類** 俄國布里狄欣氏 (Bredichin) 分彗星之尾為三種：第一種為長而直之輻射線，其質點所受太陽之斥力，為引力之十倍至十五倍。射出之速度，為每秒四五哩。成分或以氫為主。第二種為通常曲線，在凸出一邊，斥力為引力之 2.2 倍，在他一邊為 1.1 倍。其分光景與彗星頭部相同。成分或以碳氫化合物為主。第三種為短而粗之刷子

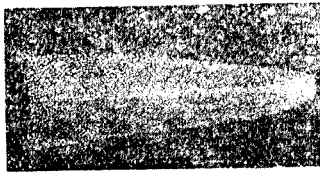
形，曲率甚大，頗不多見。其質點所受之斥力，較引力為小。成分或以濃密之金屬蒸氣為主，又雜鈉蒸氣等。以上三種，均見第六十一圖。



第六十一圖 尾之種類

(216)離奇現象 大彗星趨近太陽時，偶於尾部之中心線上，見一“暗條”(dark stripe)。驟視之，似為太陽所生之黑影，實則不然。蓋暗條與太陽投射光線，並不一致，每相互傾斜而成一角度也。當彗星與太陽距離漸遠，則見暗條變為明條。凡小彗星之尾部，僅為明條所成。此種離奇現象，尙無學說以解釋之(見第六十二圖)。

更有奇者，彗星頭尾之外，偶見發光質點一羣，分佈頭部四周，與日光平行，彗星本體藏納其中，如刀鞘然。又有發光煙雲數團，繚繞於彗星附近，以數直線聯之，自成角



第六十二圖 1874年科甲彗星”
(Coggia's comet) 之明條

度(見第六十三圖)。此種現象，與吸斥學說雖不矛盾，亦不易解釋之。

(217) **彗星之本質** 彗星之本質如何，尙未確定。大概言之，彗星頭部爲無數流星微點所成。微點與微點之間，相隔甚遠，約有千餘倍之距離。微點四周，有極薄之氣體或蒸氣圍之。其間所發光輝，或係微點之放電作用，或係日光之反射作用，二者兼而有之。微點之形狀大小，衆說紛紜，莫衷一是。或以爲巨大之巖石，或以爲細碎之礫石，或以爲飄浮之雲霧。總之，彗星與流星，關係綦切，欲知彗星之本質，當以流星學說爲據，詳見後節。

(218) **彗星之害** 彗星軌道與地球軌道最相近者，約有數個，其距離較彗星頭部半徑尤短，故彗星與地球，終必相撞。一旦相撞之後，彗星微點小如豌豆，則對地球無甚危險，僅有流星羣現於天空。彗星微點大如培塿，重可數千噸，則與地面衝突甚烈，勢必發生種種危險，其害一也。彗

星頭部與地面相離，而尾部與地面相接，此時彗星中之氣體，與空氣混合，或不適於呼吸，或灼熱而猛炸。據巴俾內 (Babinet) 之估計，兩種機會甚渺，凡經一千五百萬年而僅有一次，其害二也。彗星與太陽相撞，機會亦渺，相撞時，彗星微點穿過光輪，所生熱量，約抵八九小時內太陽之輻射熱，其熱概生於太陽表面以內，而將太陽體積略為擴大，對於太陽面之輻射熱，無甚影響。惟在相撞之時，更有閃光發現，祇以距地過遠，不易窺見，其害三也。惟此三害，皆屬懸想，實現與否，殊不可必。

(219) **著名之彗星** 彗星甚多，而形狀大小各異，茲擇其中之最有興趣者，分三節述之：

其一為俾拉彗星，體積微小，直徑祇四萬哩。偶現短尾，可以目見，週期 6.6 年，係西曆 1826 年奧國俾拉所測。此星軌道與地球最近處，相距祇數千哩。因受攝動影響，距離或更變為小。故俾拉與地球，異日難免相撞。西曆 1846 年十一月二十八號，俾拉復現。十二月十九號，圓如真珠。十二月二十九號，分為甲乙二部，相距十六萬五千哩，各自運動，不相干涉，其光輝時明時暗，四閱月而沒。迨至 1852 年八月，俾拉又現，依然分裂，二者相距一百五十萬哩，甲乙莫辨。按其週期推算，此後應數數見，而迄

今未見，恐星光已消失矣。

西曆 1872 年十一月二十七號，地球掠過俾拉軌道，忽見流星羣現於天空，美國克拉克氏 (Clerke) 以爲俾拉分裂後之微點羣。其後 1885 年，1892 年，1898 年中，地球又掠過俾拉軌道，流星羣又現，惟以末次爲最稀。

(220)1882 年之大彗星 此星光輝甚強，形狀美麗，尤多奇景。西曆 1882 年九月三號，見於南半球，十七號始見於北半球。斯時彗星與太陽最近，相離僅二三度。美國天文家數人，於是日午飯時見之，於是日光融融中，萬民仰首以觀，頗爲明晰，如是者一星期餘。繼則現於朝晨，約六閱月而隱。

此星軌道之一部分，殆與 1668 年，1843 年，1880 年，1887 年所見者相合。故知此等彗星，或出一源，今名之曰“彗星羣” (Comet group)。諸星之速度，爲每秒三百哩以上。與太陽中心之最近距離，爲七十五萬哩。與太陽表面之最近距離，爲三十萬哩。經過日暈時，速度不變。

此星軌道，形如橢圓，周界甚長，週期約八百年。同羣中之彗星，現期較短，週期未定，軌道或全部相似。

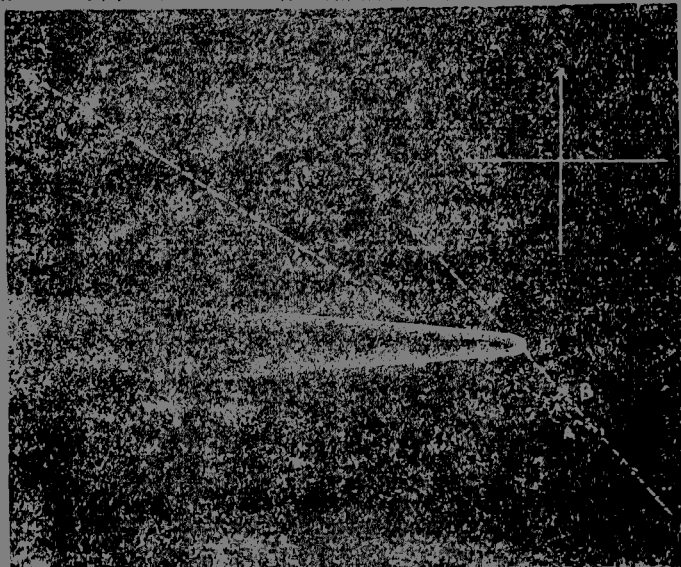
是年八月初旬，此星形狀與一般彗星相同，核圓而有包被，尾部中心線上之暗條，甚爲顯著。二星期後，核部分裂爲光點，數在五六之間，頭部之包被消失，暗條變爲明

條。

此星在近日點時，分光景中有無數輝線，而鈉線最易識別，歷數星期不滅，其他輝線難於識別，大概為鐵、鎂、鈣等原質所生，有留祇數日，迨至八月中旬，分光景大起變化，僅見有炭氫化合物之輝帶，與一般彗星相同。

此星之尾，與地球殆相背離，不便觀察，其視長度不出三十五度，而真長度為一萬萬哩左右。

所奇者，此星頭部附近，有籠柱形之弱光一團包圍之，謂之“彗鞘”(Sheath)，在頭部前面凸出約三四度，世列尚



第六十三圖 1832年之大彗星

有類似彗星之物質，如殘鱗斷片，隨從彗星左右，初見時距彗星不過三四度，漸次遠離，光度變暗。此等現象，均見第



第六十四圖 哈達美彗星

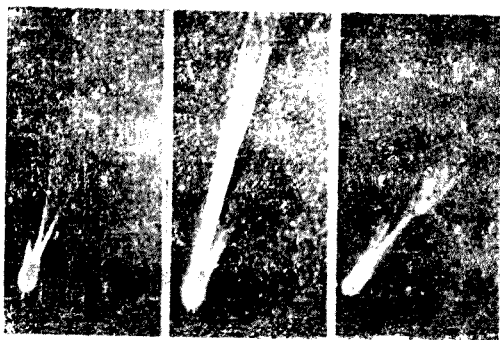
六十三圖，在彗星史中實為創見。其後1889年之雷布彗星，亦呈相類現象，迄無有說明之者。

(221) **嚇列彗星** 此星為週期彗星中之最光明者。現於1910年。預計至1985年又將出現，且與1066年及紀元前11年所見者相同。軌道橢圓，一部軼出海王星軌道以外。週期約七十五六年。此星在近日點時，視之最明。1910年五月十八號，經過日地之間，與地相近。尾之一部掠過地面，頭部掠過日面，並無何等影響。

(222) **彗星之攝影** 乾片薄膜，對於彗星尾部及星雲等之感光作用頗強，所攝彗星之影，內容甚詳，迥非用目力或遠鏡可比。第六十四圖為1893年“陸達美彗星”(Rordame's comet) 攝影。攝影匣上附以時鐘裝置，漸次移動，與彗星相隨。歷一小時後，恆星位置移動，成為平行條紋，彗星則依然不動。惟鏡匣移動時，遠鏡難免受震，故條紋不甚整齊。尾部之內容，若結節，若噴霧，躍現於影片之上。按日所攝，或按時所攝，各各不同。彙而觀之，其結節恆背離頭部而去，速度為每小時十五萬哩以上。

第六十五圖為1892年“斯尉夫特彗星”(Swift's comet) 攝影，三日所攝各異，可知尾部內容，變化迅速。

西曆1892年，巴那德氏於恆星攝影中，見一微細光



第六十五圖 斯尉夫特彗星

紋，因之發現小彗星。其後如法發現者，亦有數顆。

(二)隕星

(223)“隕星”(Meteor)與“隕石”(Meteorite) 天體自太空飛來，經過空氣層者，謂之隕星。隕星分裂而墜於地面者，謂之隕石。晴天之夕，偶見隕星灼熱發光，形如火球。因距離及方向之各異，而“視速”(Apparent velocity)亦不同。火球後常有尾部，光輝熒熒，或隨火球而滅，或遲緩數分鐘而滅。隕星之運動每不合規，其進路倏忽變遷，沿途放射火花，分散小片，或在空氣中無形消失，或炸而墜於地面。觀測者如離隕星甚近，往往聞巨聲如雷，與猛炸之聲相雜。此巨聲為隕石與空氣相搏而生，寂靜無聲者間亦有之。

隕星之現於晝間者，不能見光，而只見白雲一團，時或

見其九部。

(224) **隕星之成分** 隕星爲整塊而墜於地面者甚少，往往分裂爲數塊或數百千塊。古書云，大雨石，意即指此。每塊重量，自六百磅以至數英釐不等。成分以巖石爲主，鐵質居百分之三四，而雜有少量之鎳。格林蘭島上之“隕鐵”(Meteoric iron)，重約70噸，全係鐵質，是否爲隕星所成，尙未確定。自西曆1800年起，歐洲各國古物陳列所，搜集隕石約二百八十塊，就中十塊爲純鐵。



第六十六圖 隕石

隕星中之原質，共有二十五種，氫亦在內。具有多種新礦物，爲地球上所無。

隕石表面有黑色之皮，薄如髹漆，係隕星飛過氣圈，摩擦生熱，表面熔融而成。有時熔入內部，而成罅隙，裂紋，

空穴等。空穴大如指印，或係軟性鑛物熔融而成。西曆1837年，數石同隕於匈牙利，其一重二十四磅，見第六十六圖。

(225)隕星之進路及速度 吾人在二地同時觀測隕星所經之空間，便可推算其進路。隕星初現時，離地平面約八十哩至一百哩。迨離地平面五哩與十哩之間，其光消滅。進路共長五十哩至五百哩。初現時之速度，為每秒十哩至四十哩，愈近愈減。

觀測隕星時，須估計其高度及方位角，一在初現，一在垂滅。二地所測，合併計算，則隕星之進路可以推知。又須估計時間，則隕星之速度亦可以推知。夜間觀測，宜以恆星為參考點。日間宜利用自然物或房屋等，以記其位置之變遷。於是再用天文儀器，循原位重測之，方為正確。至於隕星所費時間，亦須間接測定。初現即默誦詩句，至垂滅而止，繼在時鐘之前，復誦一回，記其分秒，即為隕星所費之時間矣。

(226)隕星之光熱 隕星自天空飛來，受空氣之阻力及壓力，速度銳減，動能之一部，變為熱能。英國克爾文爵士 (Lord Kelvin) 嘗謂物體在空氣中移動之速度，若為每秒十哩以上，則其溫度與氫氫焰相埒，無論空氣疏密，溫度不變。蓋空氣密所生熱量固多，而分配於空氣分子者少，空氣疏

則反是，故二者之溫度相等。隕星得此高溫度，乃發白熾之光，體質熔融。突進之空氣，將其液體推於後方，冷卻後凝結爲尾。有時尾能發光，歷數十分鐘而滅，或係熾光作用。

(227)隕星之來源 隕星中之原質二十五種，雖與地球相同，而化合物不同，故隕星非地面之物，而爲天空之物。或謂月中火山爆裂，其石塊軌出月球之引力範圍以外，入於地面空氣圈內。惟月球已爲過去世界，火山之活動已息，而至今尚有隕星飛來，其可得乎？梅尼安氏(Meunier) 倡言地球本有二月，如火星然，其一甚小，而年齡較大，久已分裂爲塊，繞地旋轉，偶或軌出常軌，移入空氣圈內，則生熱發光，俗人驚爲天火。梅氏此說，自較他種迂遠之說爲優。要之，古月亡而地球受其遺產，物質長留，彼舍此取，造物之運用妙矣哉。

(三)流星

(228)“流星”(Shooting-star) 概說 暑夜納涼庭畔，仰望太空，常有星光移動，速如飛箭，旋即消滅，天文家稱之曰流星。流星無夜不見，而多少不同。其現也，寂靜無聲，不墜地面，與隕星顯然有別。隕星爲堅實之固體，流星如一縷之光霧。

(229) 流星個數 流星甚多，一人在一小時內所見，平均約四個至八個。多人在一地分區觀之，則有三十個至六十個。估計一日之中，流星移入空氣圈內者，共有一千萬個至二千萬個，平均遠度約二百哩。此僅就目所見者而言，遠鏡中所見之數尤多。

每日所見之流星，以清晨六時為多，晚間較少，約為二與一之比。蓋地球沿軌道運動，穿過流星羣，無異礮彈之穿蠅羣，所遇之蠅，自以礮彈前面為多，後面較少。

(230) 流星之進路及速度 兩地相距三四十哩，同時觀測流星之高度及方位角，則其進路及速度皆可推算。折衷言之，流星初現時，離地平面約七十四哩，消滅時離地平面約五十哩。進路共長四五十哩。速度自每秒十哩至五十哩不等，平均為每秒二十五哩。試與隕星相較，則流星發光較遲，而消滅較早。

(231) 流星之光度，成分，及質量 最明之流星，可與木星或金星之光相敵，其次者，與一等恆星相若，後面多有尾部。大多數之流星，光度微弱。

流星經過空氣，倏忽消滅，欲知其成分，僅可取其灰分以試驗之。瑞典博物學家諾登瑟德氏 (Nordenskiöld) 在北極斯匹次卑爾根 (Spitzbergen) 地方，取冰雪數噸，熔融而

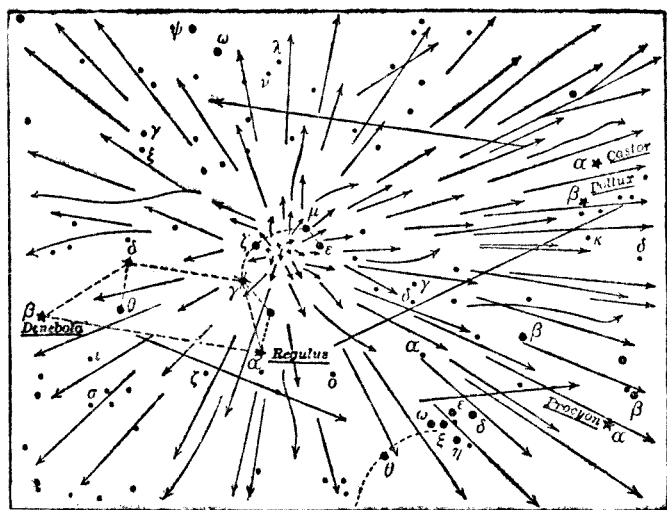
濾過之，乃分析殘留物中含有氯化鐵及硫化鐵，又在深海撈獲之物中，驗得同樣之化合物。因知流星含有鐵質等類。惟此種灰分，是否為火山微塵飛送遠處者，尙屬疑問。

流星初現時，偶在分光器中見鉀鎂之輝線，尙有其他輝線甚多，轉瞬間難於細辨。

流星質量，無法可以測定。然從流星之速度與光度考之，亦可估計其約數。假想有電燈一盞，懸諸天空，遠度光度，均與流星相同。由是計算電燈之光量，合機械工作幾何，是即流星之動能。既知流星之動能，又知其速度，則質量可以求得，約為一英釐至一百英釐。

(232)“**流星羣**”(Meteoric showers) 流星通常隔數分鐘發現一次，所在無定。時或千百成羣，陸續四射，其進行線向後引長，要皆聚於一點，此點名曰“射源”(Radiant)。射源附近之流星，進路甚短，愈遠則愈長。射源在恆星間之位置，各各不變。歷年所見流星羣，皆以出現之月份或射源之位置名之。第六十七圖為西曆 1867 年十一月十三號“獅子座流星羣”(Leonids)，其射源在 ζ 附近。尙有“公主座流星羣”(Andromedes)“大將座流星羣”(Perseids)“天琴座流星羣”(Lyrids) 等。最可觀者，為 1833 年十一月十二號之獅子座流星羣，每小時約計流星有十萬左右，經六小時始

畫。



第六十七圖 獅子座流星羣之射源

茲用透視畫之理，解釋射源如次：流星羣初入空氣圈時，其方向本為平行，吾人在地面觀之，彷彿從極遠一點發出，與透視畫中之“合點”(Vanishing point)相同。該點位置，視流星之進行方向而定。然流星既入空氣圈後，進行方向不能一一平行，合點之範圍遂亦擴大，故射源佔天空約三四度見方之部位。

(233) 流星羣之現期 流星大隊本繞太陽運動，軌道橢圓。地球與之相遇，總在經過其軌道之時。故流星羣出現，

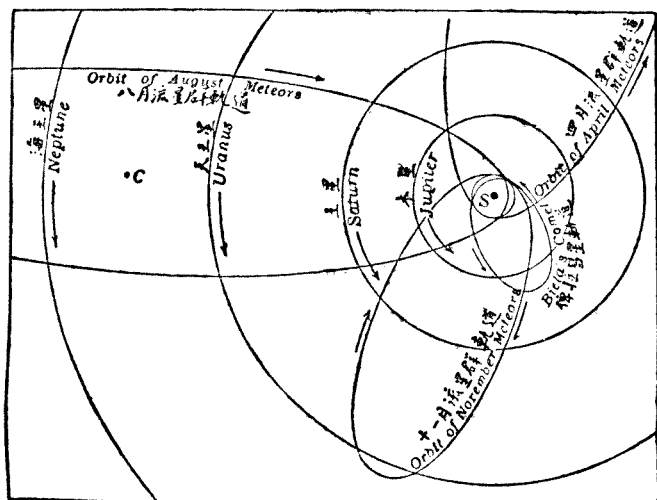
恆有一定時期。獅子座流星羣現於十一月十五號左近，公主座流星羣現於十一月二十七號左近，大將座流星羣現於八月中旬。

流星配置於軌道全部，形如橢圓之環，分佈甚廣，地球行入環中，即見流星如雨，歷數星期始止，按年一次，如大將座流星羣是也。其或流星密集一處，沿軌道運動，一旦與地球遇於軌道相交之處，亦見流星如雨，須經數十年一見，日期亦一定，如獅子座及公主座之流星羣是也。前者約三十三年一見，後者約三十年一見，二者同受行星之攝動，軌道稍變，週期亦稍變。

(234) 流星羣之性質及軌道 凡同羣中之流星，性質相似。大將座流星羣為黃色，速度適中。獅子座流星羣為青綠色，速度較大，尾光灼灼。公主座流星羣為紅色，速度甚小，溫度甚低，尾光暗淡。

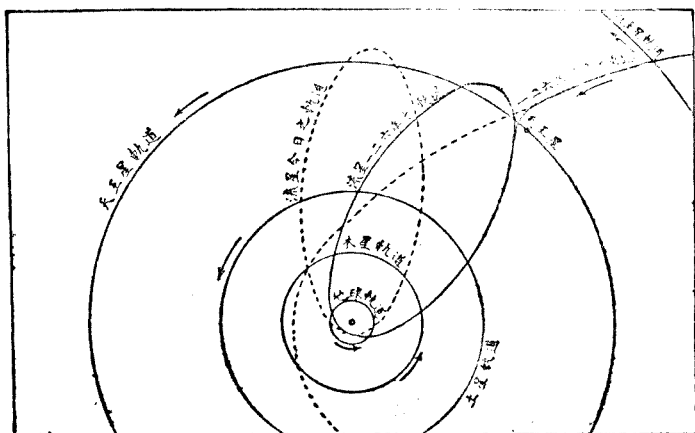
獅子座流星羣之軌道，與滕配爾彗星一致。大將座流星羣之軌道，與1862年之彗星一致。公主座流星羣之軌道，與俾拉彗星一致。美國赫瑟爾教授，又於百餘個流星羣中，測其軌道與彗星一致者，共有五個。故流星羣與彗星之間，必有關係。

(235) 流星之來源 流星軌道既與彗星一致，故知流星



第六十八圖 流星羣軌道

之來源，或出於彗星之放射物質。此質隨彗星之後，同軌運動。一旦與地球相遇，乃呈流星現象，如三十餘年一見之獅子座及公主座流星羣是也。其或彗星在太陽系中之年代甚久，放射物質滿佈於軌道全部，地球一入其中，隨處發現流星，如按年所見之大將座流星羣是也。據近代多數天文家之意見，皆以彗星為無數流星密集而成，漸次離散，向外放射。勒未累氏嘗謂西曆 1666 年中，滕配爾彗星為天王星羈留，軌道變為橢圓形，且遞變其位置。同時獅子座流星羣之軌道，與之俱變，見第六十九圖。



第六十九圖 獅子座流星羣之來源

第 十 一 章

恆 星

(一)恆星總論

(236)恆星顆數 目見之恆星固多，尙能一一數計。就天球上一小範圍而論，若大熊座之體部，其星數不過十二。就天體全部而論，在天晴無月之夜，目見恆星之數，不出六七千以外。天氣朦朧或月色清朗之夜，星數減少泰半。無論何時，吾人僅見天球半個，且地平面附近之星，瞭見尤難。故祇二千或二千五百。

海斯氏 (Heis) 自赤緯線 -35° 起，向北數計恆星之顆數，如下表：

一等星	14	四等星	313
二等星	48	五等星	854
三等星	152	六等星	2010

總數 3391

自遠鏡發明後，恆星之數驟增。用通常雙眼千里鏡可見十萬顆。德國阿革蘭得氏 (Argelander) 用口徑二吋半之遠鏡，見天球赤道以北，有恆星三十萬以上。美國業岐茲天文台之遠鏡，口徑四十吋，所見恆星至少一萬萬。

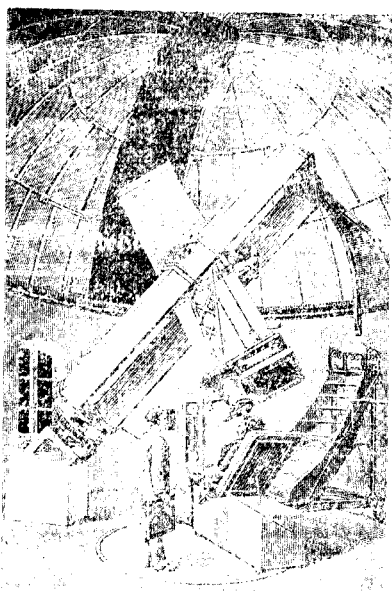
(237)“恆星錄”(Star catalogues) 用表解法，將恆星之名稱，等級，赤經赤緯，或黃經黃緯等分欄記載，是謂恆星錄。最古者為西曆紀元前一百二十五年喜帕卡斯氏所編，星數一千零八十顆，附黃經黃緯，二百五十年後，托勒密氏加入歲差，改為新表。1580年布刺 (Brahe) 所編一種，星數一千零零五。迨夫近代，目錄漸多，若阿革蘭得恆星錄 (Argelander's Durckmusterung) 所記赤經赤緯，概係約數。若浦可瓦 (Pulkowa) 及格林維基恆星錄，所載祇有數百，惟位置正確，且係主要之星。此外尚有詳細目錄多種，星數數千，位置亦頗正確。

所當注意者，恆星位置，每受光行差，歲差，及章動之影響，而漸次改變。目錄所載，只適於當時，而不適於異日，故須參照近代公式及表解改算之，方可應用。

(238)恆星圖及恆星攝影 恆星圖之長處，在能一目瞭然，與天上星位相對照。舊時繪圖之法，先以赤緯一度為帶，依赤經為序，而測星位，次乃繪於圖中。此法甚繁，不

如攝影之迅速，今世上有天文台十八處，從事攝影，務將十四等以上之星，概行攝入，數年之後，當可告成。

恆星之光，任何微弱，可用遠鏡攝取其影，愈弱則感光愈遲，實驗所得，凡遠鏡不能見之恆星，一經尋常乾片受光二十分鐘後，便可攝入，第七十圖為巴黎天文台之攝影遠鏡，口徑十四吋，物鏡之焦點距離十一呎。



第七十圖 巴黎天文台攝影遠鏡

近代遠鏡之攝影力，以在美 哈佛大學者為最強，名曰“布魯斯攝影遠鏡”(Bruce Photographic Telescope)，其物鏡

爲四透鏡所成，焦點距離十一呎，口徑二十四吋，乾片每邊長十八吋。曾裝設於祕魯國阿勒基巴 (Arequipa)，數年後遷回美國。近十數年中，格林維基，好望角，麥丹 (Mendon)，波次但 (Potsdam) 等地，亦建同大之攝影遠鏡。

(二) 恆星之運動

(239) 恆星之“正動”(Proper motion) 今日所測恆星之赤經赤緯，與百年前迥不相同，其大部份之原因，在於歲差，光行差，及章動三者。然照此修正後，位置尙有變遷，足徵恆星既有“視動”(Apparent motion)，又有正動。分光器中所見輝線之左右偏側，遠鏡中所見二星之或接或離，皆爲恆星正動之佐證。惟以距地過遠，故位置之變遷極緩。

恆星每年移動之距離甚微，最遠者爲 $10.4''$ 。每年移動 $3''$ 以上者，約十二顆； $1''$ 以上者約二百顆。通例，高等恆星較低等者爲近，故移動較速。例如一等星每年平均移動 $\frac{1''}{4}$ ，六等星移動 $\frac{1''}{25}$ 。

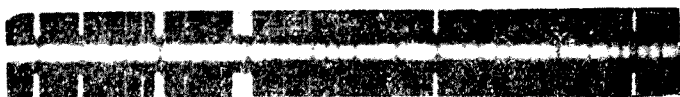
恆星之正動，爲西曆 1718 年嚇列氏所發明。氏求得“大角星”(Arcturus)自喜帕卡斯時代迄於當日爲止，共移一度，天狼星共移半度。

(240) 恆星之速度 測定恆星速度之法，可分三種：

(甲) 恆星運動方向與視線垂直，則先測恆星與地球之距

離，又測一年內恆星移動之角度，照歲差修正後，求其速度。例如古隆比烈日 (Groombridge) 恆星錄第 1830 號星，距地約 1,400,000 天文單位，每年移動 7"，故其速度為每年 48 天文單位，合每秒 140 哩。此星移動方向，如與視線傾斜，則速度更大。

(乙) 恆星移動方向與視線一致，則由分光景中黑線之偏紅偏紫，以定恆星之或去或來，並由偏位之大小，估計來去之速度。如第七十一圖，上下部為鑄之輝線景，中部為大將座 α 之黑線景，黑線偏向紫色一端，故知此星迎地而來，速度為每秒十七哩。



第七十一圖 鑄景與大將座 α 景之比較

(丙) 恆星移動方向，與視線傾斜，則用甲法以求垂直於視線之速度，用乙法以求平行於視線之速度，二者合併計算，乃得真正速度。

(241) 太陽之正動 太陽在天空中並不固定，恆率其行星而運動。研究最早者，為百年前英國赫瑟爾爵士·氏謂千百恆星中，在太陽前面者迎地而來，漸漸散開，在後面者背地而去，漸漸合攏，故知太陽亦有正動。

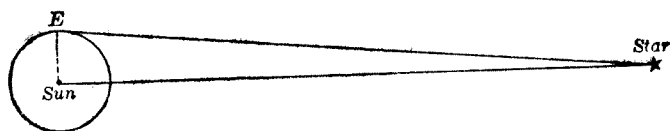
太陽移向何點，已經許多天文家詳細研究，僉謂在武仙座中，赤經為 267° ，合 17 小時 48 分，赤緯為 $+32^\circ$ ，此點謂之太陽進路之“絕頂”(Apex)。

以一六等星為標準，太陽每年移動 $0.05''$ ，速度為每秒十六哩。以絕頂為標準，速度為每秒十一哩。

前節所謂恆星之正動者，乃即恆星之“真動”(Real motion) 與太陽之真動混合而成。

(三) 恆星之視差及遠度

(242) 視差 通常所謂日，月，行星之視差者，係指其地心視差而言。換言之，即自日月行星中，所測地球之視半徑是也。恆星之地心視差，最多不過二萬分之一秒，故無須測定。通常所謂恆星之視差者，係指歲週視差而言。換言之，即自恆星中所測地球軌道之視半徑是也，見第七十二圖。



第七十二圖 恆星之歲週視差

大多數之恆星，視差極微，須用極精細之儀器測定之。恆星中以半人馬座 α 為最近，前人測其視差為 $0.9''$ ，今修

正為 $0.75''$ · 視差折半者祇四五顆 · 視差更小者五十餘顆 ·

(243) 遠度 恆星之遠度，雖用地球軌道之半徑為單位（即天文單位），尙嫌太小 · 通例以視差一秒之恆星之遠度為單位，名曰“秒差” (parsec) · 恆星愈遠，秒差愈大 · 半人馬座 α 之視差為 $0.75''$ ，故遠度為 $\frac{1}{0.75} = 1.333$ 秒差 · 又有以一年內光之進路為單位者，名曰“光年”(Light year) · 一光年抵日地距離之六萬三千倍 ·

恆星之視差為一秒，則其遠度為 3.26 光年 · 恆星之視差為 p 秒，則其遠度為 $\frac{3.26}{p}$ 光年 · 恆星中小於四光年者極少 · 肉眼所見者，大約在二百與三百光年之間 · 最遠者約有數千至數萬光年 · 重要恆星之視差及光年，均載入附錄第六表 ·

(四) 恆星之光

(244) “光比” (Light-ratio) 及“遠鏡視力” (Telescopic power) 恆星圖說中，曾謂一等星之光度為二等星之 2.51 倍，二等星之光度為三等星之 2.51 倍，此數名曰光比，係西曆 1850 年坡遜氏 (Pogson) 所倡 · 天鷹座 α 及金牛座 α 為一等星之標準，極星暨二指向星為二等星之標準 · 星之等級，須兼用小數表之，方為精密 · 例如公主座 η 為 3.8 等星，波江座 ϵ 為 4.4 等星 ·

光度強於一等星者，以分數及負數表其等級。例如織女一爲 0.2 等星，天狼爲 -1.4 等星。

恆星之能見與否，全賴遠鏡之視力而定。視力大，則星光微弱者，亦可見之。但視力之大小，與口徑之平方爲正比例。星光每減五等，口徑須增 $\sqrt{100} = 10$ 倍。星光每減一等，口徑須增 $\sqrt{2.51} = 1.58$ 倍。口徑四吋之遠鏡，可以見十二等星。口徑四十吋之遠鏡，可以見十七等星。

(245) **星光不同之原因** 地面所測恆星之光，有強有弱，可分等差。考其原因，不外二種：一由於距地之遠近，近則強，遠則弱。一由於光量之多少，多則強，少則弱。而光量之多少，與面積成正比例，又與單位面積上之發光力成正比例。面積大，而單位面積上之發光力強，則光量愈多。

以千百行星平均言之，星光明亮者必較微弱者爲近，面積較大，發光力較強。然以此星與彼星相較，未必如是。須將二星之位置相並，始可比較。

(246) **觀近所知之大星** 恆星距地過遠，視直徑極小。假如太陽移至最近之恆星位置，而計算其視直徑，不過 $0''.01$ 。此微小之數，雖用測微器亦不能測之。恆星視直徑既不能測，則真直徑亦無從推算。然今光熱之學，甚有進步，柏

朗克(Planck)發明輻射公式，尼各爾斯 (Nicols) 製“輻射計”(Radiometer)，邁克爾孫 (Michelson) 創造“干涉測微器”(Interferometer)，天文家巧為運用，藉以推算恆星之大小。茲將最近所知大星，立表如下。表中各數為恆星半徑，以太陽半徑為單位。

太陽	1.0	御夫座 α	12	獵戶座 α	290
天琴座 α	2.4	牧夫座 α	30	海怪座 σ	300
天蠍座 ν	3.2	金牛座 α	60	武仙座 α	400
半人馬座 β	11.0	飛馬座 β	170	天蠍座 α	480

(五)變光星

(247)變光星之分類 恆星之光度有變化者，謂之變光星，共分六種：

(甲)星光漸次變化者，屬第一類。

(乙)星光變化無常者，屬第二類。

(丙)星光突現，繼而復隱，簡稱暫星者，屬第三類。

(丁)星光依週期性變化，週期不定，約歷數月而一變者，屬第四類。

(戊)星光依週期性漸次變化，週期甚短，而變化最有次序者，屬第五類。

(己)星光似爲“暗星”(Dark star)所蔽，時隱時現，依週期性變化，而週期亦甚短者，屬第六類。

(248) **第一類變光星** 此類恆星，爲數甚少，今所知者不過十二顆。例如西曆 1610 年，拜厄氏按光度之強弱，將恆星順次表以字母， α 最強， β 次之。當時雙子座 α 與 β 之光度相較，自以 α 爲強。由今觀之， β 反強於 α 。足徵二星之中，變其光度者至少有一顆。

(249) **第二類變光星** 天舟座 η 之光度，在西曆 1843 年列一等星以上，居天狼星之次。西曆 1865 年降爲七等星。逮二十世紀之初，光度又稍增強。是爲此類恆星中之最著者。他如獵戶座 α ，武仙座 α ，及公主座 α 等，光度亦變化無常，但變化之範圍較小，不出一等以外。

(250) **第三類變光星** 此類恆星，爲數甚少。最著者爲“泰古星”(Tycho's star)，位於公主座中。西曆 1572 年十一月始現。光度最強時，與金星相埒。漸次減弱，歷十六月而不見。惜當時無遠鏡，未能窺其究竟。迄今能否以遠鏡見之，殊不可必。惟照泰古氏所指位置，今尙有小星六顆在其附近，此星或即六顆中之一也。

西曆 1866 年五月，北冕座中突現一星，光度列二等，景中有氫之輝線甚著，與日珥景中之氫輝線相同。突現以

前，本爲八等星，曾載於阿革蘭得恆星錄。突現後約歷數月而隱，至今仍爲八等星。

又有一星，在西曆 1885 年八月突現於公主座之大星雲中，光度列六等，景中無輝線。數月後完全消失，雖用大遠鏡亦不獲見之。

西曆 1892 年，御夫座中現一四等半星，景中有氫氮之輝線及黑線，黑線均在紫色一端，是爲暫星之特徵。所以呈此景者，想係星面氣體，灼熱發光，壓力加大，具有炸性故耳。四月中此星不見，至秋季復明，景亦大變，而與星雲之景相似。迨至 1902 年，宋倍爾氏 (Champbell) 報告此星更變爲吸收景，與通常恆星無異云。

(251)大將座中之“新星”(Nova) 西曆 1901 二月二十一號，大將座中發現一著名之新星(在大將座 α ， β ，及 ϵ 所成三角形之中央)，光等與極星相若。十九號以前，屢次攝影，知其光度尙列十二等。至二十四號光度最強，位於天狼星之次，如是者約歷數小時之久。統計五日之內，光度增強二萬五千倍。由是驟然減弱，明暗相間，至年終而弱不可見，今則須以大遠鏡見之。至其分光景之變化，可分三期：二月二十二號僅有黑線，與獵戶座諸星相同。二十四號變爲輝線，與御夫座之暫星相似。最後乃變爲星雲之分光景，惟

輝線較粗，形狀模糊，至今則更爲微弱。有天文家數人，測其視差及正動，均極微小，與地球相離約爲一百光年。

當此星光度驟減，目力將不能見，其周圍忽生一廣大星雲，十一月中，美國力克觀象台及業岐茲天文台，頻頻攝取其影，乃知星雲中有結節及條紋，背離此星而去，速度甚大，每秒約行數千哩。輓近卡普旦氏 (Kapteyn) 糾正其謬點，謂此星內部，劇烈爆炸，生熱發光，傳播於星雲之上，於是星雲亦陸續發光。人自地面觀之，遂疑星雲中之結節條紋等，皆向外運動，實係誤認云云。氏又測此星距地約有三百光年。

西曆 1918 年六月八號，天鷹座中發現一“新星”(Nova Aquila)，初見時與織女一之光度相等，翌夜與天狼之光度相等，漸次減弱，終乃消失。

(252) **第四類變光星** 此類恆星，光度由弱而強，循序漸進。最強之後，復漸次減弱而成一週期。如此連續不已。例如海怪座之 α (Mira Ceti)，係西曆 1596 年第一次發見之變光星。光度最弱時爲九等，歷十一月之久，漸變爲四等三等以至二等。由是復行遞降，至九等而止。若是之一週期，歷時凡三百日。光度之增強，較降低爲速。最強時，約有七日或十日左右。最強時之等級，非每期一致，而乃大

有變動。週期亦非一成不變，所稱十一個月者，係其概數，尚有二三星期之遲早也。此星最明亮之時，其分光景頗可觀，輝線既多，且甚明顯，其中有屬於氫氮之輝線者。

此類恆星約有數百，週期大多在一年左右，而按期變動。

(253) **第五類變光星** 此類恆星，光度循序變化，按期相同。變化之範圍，不出一等以外。週期甚短，自數小時至數星期不等。如天鷹座 η 及雙子座 ϵ 等，皆屬此類。

(254) **第六類變光星** 此類恆星變光之情形，適與第四類相反。光度強盛之時多，衰弱之時少。偶為附近暗星所蔽，則星光大減，而呈星食現象。此種星食，亦有一定週期。惟為期甚短，自十小時至十日不等。

大將座 β 為本類中最著之代表，此星尋常為二等星，約歷三日後，為附近暗星所蔽，星光減去六分之五。自初虧以至食既，約四小時半，自食既以至生光，約二十分鐘，自生光以至復圓，約三小時半。總計每期中星光衰弱之時間，約共八小時二十分。

此類恆星，已知者有九十餘顆，其餘尚在陸續發現之中。

(255) **變光星之解釋** 第一類變光星，光度或由弱而

強，或由強而弱，變化遲緩，需時極長。蓋星之年齡各異，宛如少壯老弱之分。少壯者熱能發旺，故漸變強。老弱者熱能衰落，故漸變弱。

第二類變光星，光度變化無定。想係星球表面，亦如太陽之有黑點，惟黑點時而極多，時而極少，並無規律。黑點隨軸自轉，轉至極多時，則覺光弱，反是則光強。

第三類變光星，其光度往往由極弱而突變為極強。蓋因星球表面，偶有發光物質，向外四射，而成日珥之類，規模較日珥尤大，故能突現。英國羅挈爵士（Lockyer）之說則不然，謂此類恆星，本為許多流星團集合而成，惟不如太陽中流星團之堅固。流星團一旦互相衝撞，則生極強之光熱云。

第四類變光星，亦得以羅挈之說解釋之，如海怪座之 \circ ，本含二個流星團，一大一小。小者繞大者為軌道運動，軌道係長橢圓形。每轉一次，小者必掠過大者之表面一次，遂生熱而發強光。惟照此解說，則變光之週期應有一定，實際則不然，此為缺點。

第五類變光星，大概為數個天體組合而成。數個天體俱繞公共重心而旋轉，轉至與地面相對時，則覺明亮；與地面幾成一直線時，則覺暗淡。一說以為此類恆星，并非數個天

體合成，乃一畸形之天體自轉後，對地面或大或小，故見之或明或暗。一說以爲星面上本有大黑點若干，繞軸自轉，黑點來時則暗，去時則明云。

(256) 第六類變光星之解釋 百年前谷德立克氏(Goodricke) 所倡之“星食學說”(Eclipse theory)，足以解釋第六類變光星。其說經福吉爾氏(Vogel) 研究恆星分光景後，益覺確實無疑。福氏於西曆 1889 年用分光器測得大將座 β 於被食之前，背地而去，速度爲每秒 27 哩。食既後，約歷十七小時，方向變換，迎地而來。故知此星近旁，尙有暗星一顆，繞其公共重心而旋轉。二星之軌道，與地球幾在一平面內。暗星背地而去，則 β 迎地而來。 β 之光爲暗星所蔽，乃突然衰落。經半週期之後，暗星迎地而來，則 β 背地而去。暗星非絕對不能發光者，今爲 β 所蔽，則二者之總光量，自較未蔽以前稍弱。二者之總質量，約爲太陽三分之二，密度較軟木爲小，而與雲霧相若。

(257) 變光星之顆數，名稱，及變光範圍 變光星之顆數甚多，已確定者約有三百九十三顆，載於產德勒氏(Chandler) 之變光星目錄中。其中有週期性者，佔二百七十五顆。其餘或屬第二類，或屬第三類，或研究尙未清楚。

附錄第五表，備載六等以上之主要變光星，吾國各地皆

可見之。

凡變光星在未發現前已有名稱者，仍從原名。無名稱者，則以 R，S，P 等字母表之。例如弓手座 R，為該座中第一次發現之變光星。弓手座 S，為該座中第二次發現之變光星。餘類推。

變光星之發現較早者，其變光之範圍甚廣，多則八等，少亦二等。故光度最強時，較諸最弱時約大五倍至一千倍。然大多數之變光星，範圍甚小，總在一等以內。

第四類與第五類之變光星，概係紅色。

自西曆 1896 年產德勒氏變光星目錄刊行後，至今發現許多，連前共有四千以上。星團中之變光星尤多。例如米西亞氏 (Messier) 第三號星團中，有變光星一百三十二顆。第五號星團中，有八十五顆。半人馬座 ω 附近，有一百二十八顆。每隔二小時攝影一次，即見星光已變。

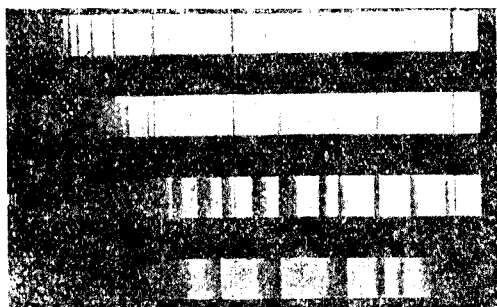
(六)恆星之分光景

(258)概說 西曆 1824 年，夫牢因和斐氏用小遠鏡及三稜鏡，觀察許多明星之分光景。1864 年分光器告成，哈金茲與塞岐二氏，用以觀察恆星之分光景，頗覺便利。哈金茲研究之恆星甚少，而甚完全，星中原質一一為之識別，如鈉，鎂，鈣，鐵，氫等，決其必有，他金屬尚未確定。塞岐

研究之恆星頗多，而不詳備，僅將各個恆星，依分光景之異同而分類耳。

(259)恆星分類法 塞岐氏將恆星分光景分爲四類，如第七十三圖。

(甲)分光景中氫之黑線最顯，其他黑線最弱者，是謂第一類。此類恆星佔全數之大半，凡白色或青色者多屬之。天狼或織女一爲其代表。



第七十三圖 塞岐氏恆星分光景之分類

(乙)分光景與太陽相似，中有許多細黑線者，是謂第二類。五車二及北河三爲其代表，此類恆星亦甚多，與第一類合併計算，佔全數八分之七。

南河三及河鼓二，介於第一類與第二類之間，藉此可知星體演進之程序。

(丙)分光景中有黑色之帶，在紫色一端，非常清楚，漸

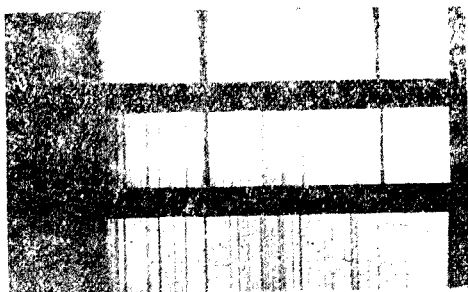
向赤色，則漸生濃影，而覺模糊，是謂第三類。凡紅色之星及許多變光星皆屬之。景中偶有輝線混雜。

(丁)分光景中有黑色之帶，其旁亦生濃影，而在黑帶之左面，與第三類相反，是謂第四類。此類恆星極少，景中偶有輝線混雜。

以上四類，僅舉大概，尚有特殊之恆星十數類，不能包括於四類之中。

(260)恆星分光景之攝影 用目力觀察分光景，至為疲乏，近以攝影法代之。美國天文家畢克靈氏，用十一吋之遠鏡，附大三稜鏡四枚，以攝恆星分光景。感光時間為三十分鐘，所攝之影，自 F 線起，至紫色末端為止，約長三吋。如將遠鏡倍率擴大十倍，則可攝得第二類恆星之黑線數百條。第七十四圖係天狼，南河三及五車二之分光景，其上只有青紫部份之黑線，紅橙黃各部之感光力弱，未能顯出，故從割愛。就中天狼為第一類恆星，五車二為第二類恆星，南河三介於第一第二兩類之間。近數年來，乾片改良，紅橙黃各部之黑線，亦可顯出矣。

凡天球上目所能見之星，其分光景已一一攝得，且已編成目錄一冊，時或九等星亦一併攝之，統計有二十一萬四千顆之多。輒近世界各國大天文台，對此事非常注意，每



第七十四圖 恆星分光景

攝影成績，報告各處，俾知恆星運動之方向，及其演進之程序。

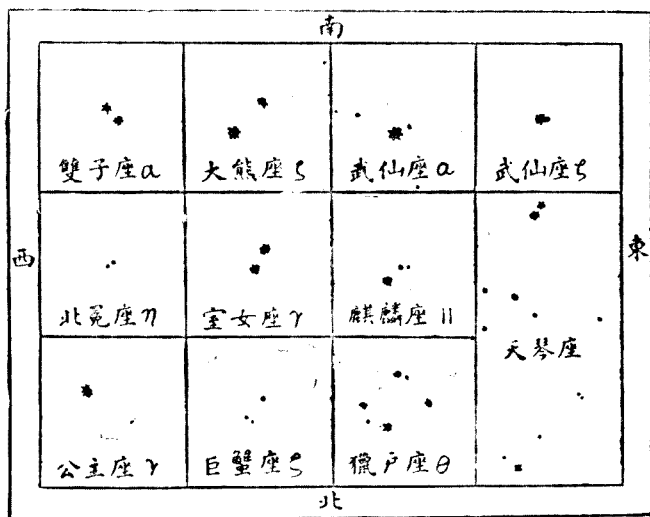
(261)星之閃爍 晴夜仰首觀星，每見星光閃爍不定，此可以屈折之理說明之。凡光自甲媒體進入乙媒體之時，其方向往往改變。地面各處之空氣密度，不能一致。熱空氣與冷空氣混合，則疏密之界線不齊。光線通過其處，與通過凹凸之屈折面相同，而改變其方向。或則光線收斂，漸至增強。或則光線發散，漸至減弱。故星光映於眼簾，隨其光線之收散，而有明暗之不同。然空氣不能靜止不動，就地上一點言之，空氣密度，忽大忽小，所以星光忽強忽弱，而見其閃爍不定也。

第十二章

恆星 (續)

(一) 恆星之聯合

(262) 雙星 遠鏡中每見二星殆相合併，須將倍率加高，



第七十五圖 雙星及聚星

方可分析清楚，是曰雙星。就今所知約有一萬六千對。此外尚有三星，四合星等，併稱曰“聚星”(Multiple star)。第七十五圖爲著名之雙星及聚星，其“視距”(Apparent distance)大多在 $30''$ 以下。最大遠鏡所見之雙星，相距僅 $\frac{1''}{4}$ 。

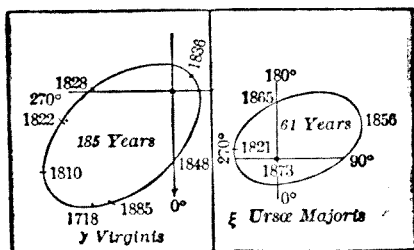
雙星中之二星，光度約略相等者，佔全數三分之一，其餘則光度不等，顏色亦往往相左，大者或綠或青或紫，小者非紅即黃。

(263)雙星之性質 雙星有兩種：一爲“視覺的”(Optical)，一爲“物理的”(Physical)。視覺的雙星較物理的雙星爲少，其中二星之距離甚近，數年後距離改變，或則由近而遠，或則由遠而近，彷彿在一直線上“相對運動”(relative motion)，實則二星各自正動，渺不相涉。物理的雙星則不然，似覺一星不動，他星繞之旋轉，而成凹曲線軌道，可知二星之間，或有萬有引力，與太陽系同。

(264)聯星 物理的雙星，一稱聯星。其中大小二星，各繞公共重心而爲軌道運動，週期自十四年至一千五百年不等；軌道視直徑自 $0.4''$ 至 $40''$ 亦不等。地球軌道與聯星軌道往往傾斜，故所測聯星軌道雖爲橢圓形，而與真形不符。假想聯星中之大者固定，小者依軌道而行，則大者應處於軌道焦點之上，小者所畫扇形面積應與時間成正比例，始與刻卜勒

定律相符。但以軌道失真之故，此等理想，竟與實測不合。故軌近天文家，已將聯星軌道，施以種種精密之觀測，乃根據刻卜勒定律，推算真正之軌道，然運算繁瑣，非短時間所能奏功。

(265) 聯星之軌道 今所知聯星軌道為橢圓形者，約在二百對以上，將來尚可陸續發現。就中有五十對，或已旋轉一周，或已旋轉半周，故其軌道已定。天狼為聯星之一，西曆1844年用子午儀觀測之，乃知在小軌道上運動，週期約五十年。1862年葛拉克氏 (Clark) 始見天狼附近有暗弱之伴侶，光度為天狼之百分之一弱，質量為其五分之二，二者合為聯星。第七十六圖為室女座 γ 及大熊座 ξ 之軌道。



第七十六圖 聯星軌道

(266) 聯星之常數 常數中之最重要者為視差，以 p'' 表之。次要者為半長徑之視角，以 a'' 表之。 p 除 a 所得之商，即為軌道之半長徑，以天文單位表之。既知半長徑，則其軌道之大小，可約略想見。茲將各種常數列表如下，但各數均

不正確。

星 名	視差 (p) (未 確 定)	半 長 徑 之 視 角 (a)	半 長 徑 (天 文 單 位)	週 期 (年 數)	質 量 (太 陽 = 1)
公 主 座 η	0."35	8.'21	23.5	195.8	0.33
天 狼 星	0."39	8.'03	20.6	52.2	3.24
半 人 馬 座 α	0."75	17.'70	23.6	81.1	2.00
天 醫 座 γ 號	0."15	4.'54	30.3	88.4	3.56

此類聯星軌道為橢圓形，大小與天王星海王星軌道相若，惟橢率甚大，遠勝行星。表中末行為聯星之質量，依照萬有引力定律推算而得，其式如下：

$$(M + m) = S \left(\frac{a^3}{t^2} \right)$$

式中 $(M+m)$ 為聯星之總質量； S 為太陽之質量； a 為軌道半長徑，以天文單位表之； t 為聯星週期，以年數表之。

(267) 恆星周圍亦有行星否？大星近傍，偶有小星繞之運動，而成聯星。此種情形，是否與木星之繞行太陽相稱，是亦一有趣味之問題。今設想在最近恆星上觀望太陽，則其光度列二等，木星應列二十一等。二者相距約 $5''$ 。二十一等之恆星，須用口徑二十呎以上之遠鏡見之，偌大儀器，尚無創製者。故恆星周圍有無行星，殊不可必。且考大小星之關係，與太陽系之關係，在在不能相稱。無論體積，距離，光度等，皆如此。故謂聯星中之小星，即係大星之行星，亦非確切之論也。

(268)“分光譜的聯星”(Spectroscopic binaries) 凡聯星距離太近，用大遠鏡不能分析者，可用分光器分析之。西曆1889年畢克靈氏觀察大熊座 ζ 之分光景，其上有二重黑線，每隔五十二日發現一次。畢氏詳考其故，乃知此星本為聯星，其軌道面與地球殆相一致。當二星之聯線與視線成直角之時，一星迎地而來，他星背地而去。迎地而來者，其黑線偏於紫色一端；背地而去者，其黑線偏於紅色一端；二者同時映入分光器中，故見黑線變為二重云。氏又從二重黑線之距離，推算其二星之相對速度，為每秒一百哩，週期為一百零四日。二星之距離，與火星軌道之直徑略等。其後福吉爾氏復行觀測，將其週期修正為20.6日，二星距離與金星軌道之直徑略等。

御夫座之 β ，亦為聯星，可以分光器分析之。週期為四日，速度為每秒一百五十哩，軌道直徑為八百萬哩，質量為太陽之二倍半。

以上所云聯星，其二星之光度相埒，故有二重黑線。若聯星一明一暗，則僅有一星之分光景可見，他星之分光景極弱。但仍可用分光器驗出之。其法維何？即利用黑線之變位是也。例如福吉爾氏曾將大將座 β 及室女座 α 之分光景詳細研究，初見黑線位置偏右，星體背地而去。數日後又偏左，

星體迎地而來，故知明星必繞暗星而行，確係聯星無疑。今就室女座 α 言之，明星之旋轉週期為四日，軌道直徑為六百萬哩，軌道面與地球並不一致，故無星食現象。其他類於此者甚多，統計已發現三百對。例如極星，五車二，天蠍座 μ ，及拉卡厄第 3105 號 (Lacaille 3105) 等皆屬之。就中末一星最為著名，其二星之相對速度為每秒 385 哩，週期為 $74\frac{3}{4}$ 小時，質量為太陽之 77 倍。

(269) 聚星 天空之中，有恆星三四顆互相聯絡，成一系統者，曰聚星。例如巨蟹座 ζ 之中，有二星相距甚近，軌道類於圓形，週期六十年。又一星距離較遠，旋轉方向相同，週期約五百年，軌道形狀頗不規則，可知其近旁尚有一暗星存在，以擾亂其運動。故此星共為四小星所成。

天琴座 ϵ 亦為四合星，係二對聯星所成，每對之週期在二百年以上，此對與他對各復繞其公共重心而旋轉，週期約數千年。

獵戶座 θ 為六星所成，距離各異，并不成對。

(270) 星團 天空之中，往往有恆星千百成羣，密集一處者，曰星團。星團之可以肉眼分析者甚少，惟七姊妹及牛面等數星團而已。他如巨蟹座星團，只須用雙眼千里鏡分析之。惟大多數之星團，非用大遠鏡分析不可，否則星光模

糊，淡如雲霧矣。



第七十七圖 七姊妹星團

武仙座中米西亞第十三號星團(Messier 13)頗為美觀。其中至少有恆星三萬顆，全徑約 $10'$ ，距地約十萬光年，發光之力，均強於太陽。自星團一端至他端之距離，約為一千光年。星與星之距離，殆與水星軌道之半徑相等。

(二)星雲

(271)星雲概說 凡雲霧狀之天體，能以遠鏡分析為極多恆星者，謂之星團，已述於前；不能分析者，謂之星雲。星雲之數，今已在一萬以上。大多光度微弱，與星團相同。間有較強者，肉眼可以見之，如公主座及獵戶座中之二大星雲是也。公主座中之大星雲，面積雖不甚廣，而形狀整齊，

類於橢圓，中有黑暗之小道，明亮之心核，以小遠鏡窺之，似有恆星一顆居其中央。西曆1885年之暫星，即在此星雲之內。獵戶座中之大星雲，光輝甚強，面積約佔數平方度，有黑暗之小道，深窈之孔穴，若噴霧，若條紋，遍處皆是。本座之聚星 θ ，即在此星雲之內。輓近將本座全部攝影，乃見微弱光霧，殆滿佈於照片上。星光明亮者，且有朦朧之光芒，現於邊緣。

星雲之心核明而四周暗，狀如霧中觀星者，謂之“星雲



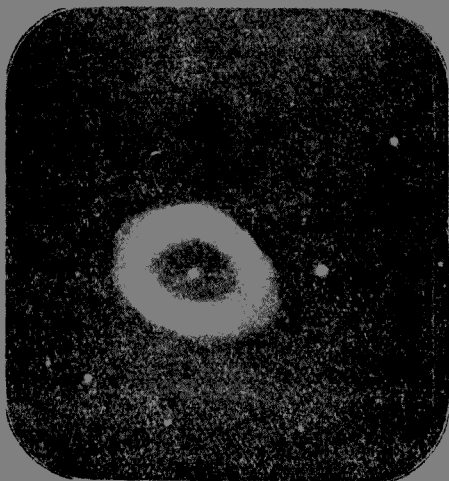
第 七 十 八 圖 公 主 座 大 星 雲



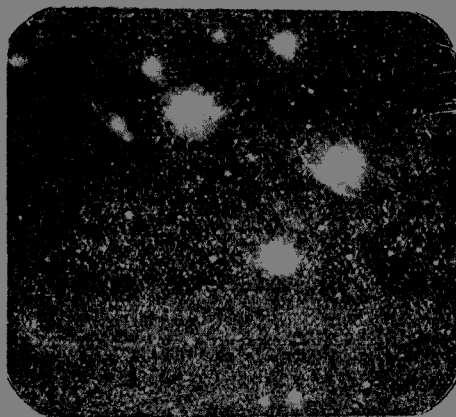
第七十九圖 弓手座中三裂星雲



第八十圖 雙魚座大星雲



第八十一圖 天琴座中環狀星雲



第八十二圖 七姊妹星團

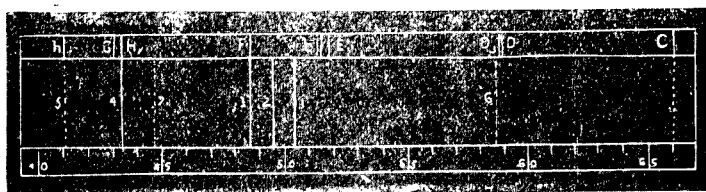


第八十三圖 獵犬座中螺形星雲

的恆星”(Nebulous stars) · 光度均勻，形如正圓者，謂之“行星的星雲”(Planetary nebulae) · 中部暗而四圍明者，謂之“環狀星雲”(Ring nebulae) · 大遠鏡中呈螺旋形者，謂之“螺形星雲”(Spiral nebulae) · 成對而偶變光度者，謂之“對偶星雲”(Double nebulae) · 分裂為三小塊者，謂之“三裂星雲”(Trifid nebulae) ·

(272)星雲之繪圖及攝影 曩時天文家描繪星雲，手續繁多，又難精確。迨至西曆 1880 年，美國德雷柏氏 (Draper) 首用攝影術以攝獵戶座大星雲之影，爾後歐美天文家相繼效法，所攝照片，每有新奇獨到之處。例如第七十八圖

中之公主座大星雲，爲英國羅伯氏 (Robert) 所攝，與舊時繪圖不同，向所稱“黑暗小道” (Dark lanes) 爲直線形者，實乃橢圓，與土星光環中黑線相若，故屬螺形星雲。大多數之星雲，亦屬此類，雖難分辨於遠鏡中，而能以攝影術顯之。自此術盛行後，星雲之數驟增。如第八十三圖，爲獵犬座中之螺形星雲。又如第八十二圖，七姊妹座諸星之邊緣，均發光芒，故亦爲星雲。大凡星雲之光，青多黃少，化學性強，乾片感光一二小時，即起變化。



第 八 十 四 圖 氣 態 星 雲 之 分 光 景

(273) 星雲之分光景 西曆 1864 年，哈金茲氏精密觀察星雲之分光景，與恆星不同。恆星大多爲吸收景；星雲大多爲輝線景。因知星雲大多係氣體所成，密度甚小，是爲分光器功績之一。

凡呈輝線景之星雲，皆有共同之四輝線，二線爲氫，他線未定。第八十四圖爲普通星雲之輝線景。光度較強者，約有輝線百條，氮之輝線亦在內，且輝線位置，稍有變動，由

此推算星雲來去之速度，自每秒數哩至十餘哩不等。

星雲之分光景可分兩種：其一為輝線景，以大遠鏡窺之，則呈綠色，是即氣體所成之星雲也。其二呈白色，形狀整齊，大多為螺旋形星雲，光度微弱，分光景多不可見，其中最明亮者，如公主座大星雲等，皆呈吸收景。此類星雲，想必為恆星羣所成，因距地太遠，不能分析。其來去之速度甚大，自每秒二百五十哩以至六百哩不等。

(274)星雲之遠度及分佈 欲測星雲之遠度，當先測視差。視差已測定者甚少，如公主座中之大星雲及入琴座中之環狀星雲，其視差均為 $0.004''$ ，合八百十餘光年。西曆1918年測定六個“行星的星雲”之平均視差為 $0.018''$ ，合一百八十光年，是較前二星雲為近矣。

星雲之不規則者，多在銀河以內，其遠度自數百以至數萬光年。晴夜仰首觀天，往往有空虛之處，星光全無，此因該處或本有恆星，不過為黯淡星雲所蔽，不得見耳。此種黯淡星雲，距吾人亦甚遠，約三百至六百光年。

至於星雲之分佈，則綠色者多在銀河以內，白色者多在“銀河北極”(Northern galactic pole)附近。

(三)恆星羅列之天 (Sidereal Heavens)

(275)“銀河”(Galaxy or Milky Way) 晴夜仰觀天空，

見有白雲色之帶，粗細不勻，界線不齊，橫亙天球面上，是曰銀河。銀河在天球上殆成一大圓，光度處處不同。自天鵝座起至天蠍座止，其間一部份之銀河，佔全圓周三分之一，有平行條紋二。如以遠鏡窺銀河，知爲無數小星集成，星光皆在八等以下；更有許多星團混雜其中，惟星雲甚少。銀河之大圓與黃道相交，約成六十度角。其二交點去二至點不遠。據赫瑟爾氏之說，銀河北極在后髮座中，其南極在海怪座(Cetus)中；而“銀河面”(Galactic plane)尤爲研究恆星之要素，與黃道面並重云。

(276)恆星之分佈 恆星在天球面上或疎或密，隨處不同。然依銀河面分之，則未嘗無規律。大概銀河一帶，星數最多。由是漸向銀河兩極，則漸減少。赫瑟爾父子二人，曾以遠鏡遍窺天球上全部恆星，以銀河兩極爲起點，銀河面爲歸束，推知遠鏡視野內每次所見之星數，漸漸增加。在兩極之平均數爲四，在四十五度爲十，在銀河內爲一百二十二。

(277)恆星羅列之真相 吾人所知之恆星，大多數包羅於定形之空間內。天文家認其形如鑲，或如合盤，其直徑約二三萬光年，厚約三四千光年，太陽居中心附近。在此鑲形之“大宇”中，凡目所能見之星，分佈尙勻整。惟七姊妹星座等爲例外。其他微小恆星，成羣結隊，此羣與彼羣間，每留

有較大之空隙。凡與銀河面成直角之諸平面內，其星數較銀河面內大為減少，惟分佈較勻耳。

至論銀河本體，其中無數小星，是否同在一平薄之圓環上，而留一大空間於其中，今未能定。銀河以外之星象，更難臆測。輒近天文家都道“此一大宇”(Our universe)之外，復有他大宇在，則彼之視吾，殆一螺旋形星雲耳。

(278)恆星亦成一系統否？聯星間既有引力，恆星間應亦有之。但恆星運動甚速，方向各異，是否受引力支配，而為軌道運動，尙屬疑問。往時天文家以為恆星間有一“中心太陽”(Central sun)，衆星繞其旋轉，如行星之繞行太陽然。迄於今日，中心太陽仍未發現，故其說已不可信。退一步言之，乃假定衆星環繞公共重心而旋轉，其軌道與銀河面平行。數年前米特勒氏(Maedler)由理論上推求重心位置，去金牛座 η 不遠，一時乃有 η 為中心太陽之說。然恆星之旋轉，既無佐證，米氏之斷語，亦屬臆造，故未得一般學者之承認。最近天文家主張，恆星運動，宛如蜂羣，彼此息息相關，團體堅牢。惟趨向雖同，速度則異，疾者趨前，遲者落後。試觀恆星正動，或往或來，即此理也。更就各個蜂體言之，除依公共方向進行外，又依其特有之方向進行，其途徑或斜或曲，不必成軌道。恆星之運動亦然。要之，吾人所處之大宇，

具有整個的運動，其方向殆與銀河面平行，而直指弓手星座。

(四)宇宙開闢論(Cosmogony)

(279)概說 宇宙何自而來？此問題頗有興味，但只可憑理論以解決之。試觀庭中植物，自播種而長成，而枯爛，其間歷時短者，可以逐步觀察。至若宇宙之開闢，遠在人類誕生以前，當初情形如何，吾人並未目睹。欲窮畢生之力，以窺宇宙變化之象，從而追溯其原始，則以人生百年，猶苦於不足。欲藉遠鏡分光器等利器，明察天體之內容，則以表裏阻隔，不得深入。無已，乃創為種種假說以說明之。惟此類假說，縱有見地，終不若萬有引力及行星運動等學說為可恃也。

假說之大要，謂最初有稀薄物質，或大隊流星，相互結合，而成雲霧。雲霧與雲霧相互團聚，乃成天體。其所能結合而團聚者，萬有引力之作用也。天體復行收縮，乃生熱量；熱量多者，乃可發光。

(280)太陽系之產生問題 太陽系中，除太陽行星衛星以外，別無其他大天體存在。間有彗星一至，若朝賀太陽者然，其軌道亦特異其趨。太陽行星衛星三者之間，關係綦多，決非萬有引力所能概括說明。今將種種關係，述之如次：

1. 行星軌道幾近圓形。
2. 各軌道幾在一平面內(有數顆小行星除外)。
3. 行星公轉之方向相同。
4. 行星與太陽之距離頗有順序。
5. 行星之自轉面與公轉面幾相一致(天王星除外)。
6. 公轉與自轉之方向相同(天王星海王星未定)。
7. 衛星之軌道面與其行星之自轉面幾相一致。
8. 衛星公轉與行星自轉之方向相同(土木之外圍衛星除外)。
9. 最大行星自轉最速。

由是觀之，太陽系之排列，可稱完整。論者不察，以為天神創造宇宙，即賦以完整之性質。而以科學眼光觀之，實為宇宙演進中自然之傾向。萬物之初，皆係胚胎，須經長成與進化之階級。倣此以究宇宙演進之法，而學說興焉。最著名者為星雲假說，係斯威敦堡及康德 (Kant) 二氏所倡。至十八世紀之末，拉普拉斯氏復發揮而光大之。當時能之不滅原則及熱之功當量等，尚未發明，故其說不免有缺點，且有謬誤處。然其中所云“太陽系本為一體，循物理的方法而演進”一語，當然十分正確，可為後人種種理論之根據也。

(281)拉普拉斯氏“星雲假說” (Laplace's Nebular Hy-

pothesis) 此說之要旨如下：

(甲)在宇宙未成形以前，太空中星雲密佈。

(乙)星雲爲白熾之氣體，狀如雲霧。

(丙)星雲受萬有引力後，變爲球形，其各部之速度不同，密度亦不同，故生迴轉運動，球體漸冷漸縮，迴轉亦漸急。

(丁)球體迴轉後，兩極漸趨扁平，體積愈縮小，赤道上之離心力愈大，逮至離心力勝過重力之時，即生星雲質之環，與中央部脫離，如土星光環然。

(戊)環初成時，全部迴轉，歷久分裂，分裂後之物質，復聚成球形，繞其中央部旋轉，乃成行星，中央部即爲太陽。

拉普拉斯氏以爲環之旋轉，同於固體之旋轉，其外緣各質點之速度，每大於內緣，故八行星之旋轉方向皆相同。

(己)行星又能生環，照前進行，乃成衛星。

星雲說可以說明太陽系種種事實，大體甚爲妥善，但亦有應加修正之處。如乙項所述，星雲爲白熾之氣體，(一稱火霧)，應改言星雲爲冰冷之塵埃。戊己二項謂太陽生環爲行星，行星又生環爲衛星，應參照螺旋形星雲之現象，改言行星及衛星，皆從原來之星雲分離而出。戊項謂環之旋轉，內週外速，同於固體，應改言環之內緣各質點，較外緣各質點之運動爲速，乃可說明天王星海王星之衛星所以逆行之理。

又照星雲假說，外行星之年齡較內行星爲大，但自達爾文氏(Darwin)之“潮流學說”(Tidal theory)革新後，反謂內行星之年齡較大云。

在星雲假說以前，赫瑟爾氏謂天空中之恆星，雙星，聚星，及星團等，皆自星雲丕變而成，空中有許多天體，似雲非雲，似星非星，氏認爲變化期中過渡之形體。

(282) 羅挈氏“流星假說”(Lockyer's Meteoritic Hypothesis) 英國羅挈爵士極言流星之重要，凡天文學中多數現象，皆可以此解釋之。例如彗星，黃道光，及土星光環等，無不爲流星所成。且謂宇宙間任何天體，其來源總不出流星之外。若星雲，若極光，則係流星之散漫組織。若恆星，若太陽系，則爲流星之凝固物體。其說頗能概括一切，而窒礙之處尙多。

(283) “微星假說”(Planetesimal Hypothesis) 美國辰柏林(Chamberlin)與莫爾頓(Moulton)二氏，更從流星假說中，推陳出新，而別倡微星假說。大意謂太陽系之起源，非如拉普拉斯所云之球形星雲，而實爲螺形星雲。其中大部份爲氣體，無數微小固體混雜其內，稱曰“微星”(Planetesimal)。微星迴繞星雲之中心而行，方向相同，而其軌道之傾斜度，偏心率，及週期等，則各各不同。微星之間互相攝

動，於是徐徐合併，增大體積，而成太陽與行星等類。惟是微星之速度甚小，合併時生熱不多，故星體內部蘊蓄之熱能甚富。此說便利之處，在假定宇宙之演進，需時極長，與地質學及生物學所要求之年代相稱，且能避免星雲假說上種種之困難問題。

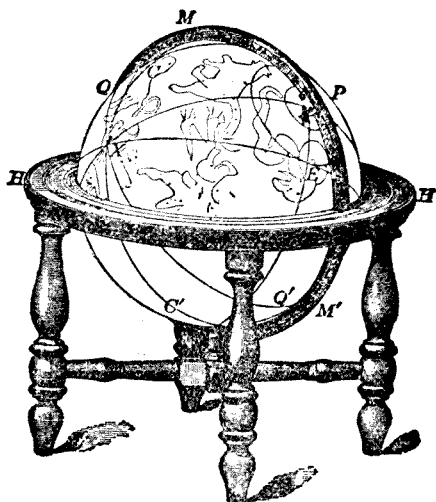
(284) **宇宙之終** 從地面掘土而下，每深六十呎，溫度必昇高華氏表一度。照此推算，至地下數哩之深，其體質皆灼熱發光。英國克爾文爵士云：地球為一巨石，內部劇熱，表面已冷。故知地球開創之初，溫度極高。其他行星亦然。月面之寰形口為火山遺跡，故月球在荒古時代，溫度亦高。

至若太陽之溫度，至今猶達攝氏七千度。考其熱之來源，有主日體收縮說者，有主鑷質供熱說者，有主滅物生熱說者，但無論依據何說，太陽之熱，恆向空間發散。凡發散愈多，溫度愈低，同時其周圍之空間與物體，溫度漸高。迨至宇宙溫度變為一致後，熱之流動完全停止，熱之利用完全無效，殆即宇宙之終期矣。然此時或將有新宇宙產生，亦未可知。

第十三章

天文儀器

(285) “天球儀” (Celestial globe) 天球儀多為紙製品，上繪星座及天球諸圓，裝置於木架之上。架中水平圓環 HH' ，代表地平線；垂直圓環 MM' ，代表子午線。如第八十五圖。



第八十五圖 天球儀

水平圓環闊約三四吋，厚約四分之三吋，以四足支之。環之內緣刻度數，以量天體之方位角，外緣刻“黃道圈”(Zodical circle)，俾知一年中太陽逐日之黃經及時差。子午圓環有二“軸承”(bearings)，一在 P 點，一在 P 點對面，以支持天球之旋轉軸。環上刻度數，底部夾於架上，夾器旋鬆後，可使圓環旋轉至適當位置，乃復夾之。

圖中 QQ' 爲天球赤道，CC' 爲黃道，二者相交於 X，成角二十三度半，道上皆註度數。X 爲春分點，P 爲天球北極，E 爲黃極，PX 爲二分圈，PE 爲二至圈。普通在天球上繪二十四時圈，其中之四，即係二分圈及二至圈，每圈相隔十五度。又繪赤緯線十八，每線相隔十度。星座中人物禽獸之形，概以度勒氏(Durer)星圖爲本。

天球北極附一極薄之金屬圓片，直徑約四吋，上刻時數，名曰“時標”(Hour-index)，天球旋轉時，時標亦隨之而轉。如將天球按住不動，則時標可以單獨撥之使轉。但本圖中之時標，形式稍異，即就天球上刻一小圓，分爲二十四小時，P 點上附一指針，可以撥動，使指任何時刻。

(286) **天球儀之用法** 無論何地何時，欲知恆星之情勢，當先將天球儀轉至適當位置，方可觀察，轉法如下：

(一)旋鬆夾器，將子午環迴轉，使天球北極 P 之仰角，

與該地緯度相等而止。

(二)在水平環之黃道圈上，查看某月某日太陽之赤經幾度。

(三)沿黃道尋得一點，其度數須與太陽之赤經相符，乃以紙條暫時黏於該點，以作符號。次將天球旋轉，使符號對準子午環，是即當日“視正午”(Apparent noon)時恆星之情形。

(四)按住天球儀，將時標單獨撥動，使指於當日“平均正午”(Mean noon)之度畫上。(按平均正午=12小時±當日之時差)

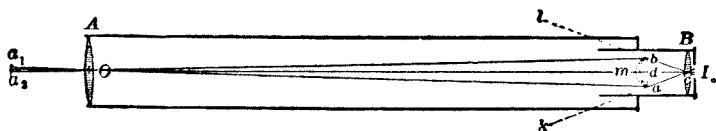
(五)末將天球繞軸旋轉，所轉度數須與觀察之時刻相符，於是恆星之分佈情形，可以一覽而知。

(287)遠鏡 遠鏡有兩種：一曰“屈折遠鏡”(Refracting telescope)，其物鏡以凸透鏡製之，一曰“反射遠鏡”(Reflecting telescope)，其物鏡以凹面鏡製之。二者原理相同。天體光線投射於物鏡之上，通過或反射後，造成實像，更由目鏡擴大之，造成虛像。故目鏡之作用，與擴大鏡同。

世界最大之屈折遠鏡，在美國歧茲天文臺中，直徑四十吋，管長七十呎。世界最大之反射遠鏡，在美國威爾遜山天文臺中，直徑一百吋，建於西曆 1917 年。

伽利略氏所創之“雙眼千里鏡”(Opera-glass)與前稍異，其目鏡為凹透鏡，與眼之效應相消，物鏡直接造像於網膜上，故顯直立之態，惟因倍率不大，視野頗小，天文學中不甚用之。

(288) 簡單屈折遠鏡 如第八十六圖，A 為物鏡，直徑大而焦點距離長；B 為目鏡，直徑小而焦點距離短。二者距離，約等於焦點距離之和。將此器對準月球，自彎月之頂點所來光線，通過物鏡屈折後，聚於焦點 a；自底部所來光線，聚於焦點 b；自中部所來光線，聚於焦點 d，故物鏡所成之像，必係倒立之實像。將乾片置於像之位置，即可攝得月面之影。影之大小，與月球之視直徑及像與鏡之距離皆有關係。例如月球之視直徑為 $31'$ ，像與鏡之距離為 10 呎，則月影之直徑約一吋餘。



第 八 十 六 圖 簡 單 屈 折 遠 鏡

(289) “倍率”(Magnifying power) 倍率者，即遠鏡中所見天體視直徑，與肉眼所見天體視直徑之比也。設目鏡之焦點距離為 f ，物鏡之焦點距離為 F ，按照光學原理，即得

$$\text{倍率} = \frac{F}{f} \cdot$$

遠鏡之倍率如等於一，則像長與物長相等，全無擴大效力。如將目鏡改換，即可加減倍率。天文臺中，大多備有目鏡十數個，以便選擇。且目鏡往往為凹凸透鏡集合而成，使之造像分明。

(290)像之光度 像之明亮與否，與物鏡之直徑有關，而與焦點距離無涉。直徑愈大，則面積愈大，所受之光量亦愈多，故光量與直徑之平方成正比例。例如遠鏡之直徑為一吋，瞳孔之直徑為五分之一吋，則遠鏡所受之光量，應為瞳孔所受之二十五倍。美國業特茲天文臺之遠鏡，直徑四十吋，所受天體光量，應為瞳孔所受之四萬倍。但光量損失一小部，實祇三萬五千倍。

月球行星等距地較近，在遠鏡中顯其圓面，其光度不能照以上倍數推算。蓋其光為物鏡收集後，又為目鏡倍率所分散，而使倍數變小。但倍數雖變小，尚較目所受之光大數千百倍也。恆星則不然，在遠鏡中仍似一光點，幾無擴大效力，惟光度大為增強，目力所不能見之恆星，每以遠鏡見之，如是者約有數百萬顆之多。且明亮之恆星，可以遠鏡見之於晝間也。

(291)“消色遠鏡”(Achromatic telescope) 凡自天體所

來之光，通過單透鏡後，不能悉集於焦點。蓋光線之中，紫色光之屈折率，較紅色為強，紫色光之焦點，必較紅色光之焦點近於鏡面，其他各色光之焦點，必在紫紅二焦點之間。故其像現着色之邊緣，觀之不真。此種現象，謂之“色收差”(Chromatic aberration)。欲除此害，宜將“冕號玻璃”(Crown glass)之凸透鏡，與“火石玻璃”(Flint glass)之凹透鏡膠合為一而用之。則不獨可以消色，并可免“球面收差”(Spherical aberration)之弊。

(292)消色不完全之弊 普通所用之遠鏡，消色概不完全。雖最良之遠鏡，尚有紫色光暈生於像之周圍，初學者以為美觀，實則失其真相，而在大遠鏡中尤為可厭。

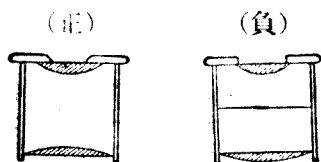
尋常遠鏡消色既不完全，對於天體之攝影，遂大受妨害。光線中以青紫二色之化學性為最強，刺激乾片亦最易，故攝影遠鏡必具特殊構造，以攝天體之真相。其一，琢磨物鏡，改變常形，使青紫之光聚於一點。但此種遠鏡，不適於觀察之用。其二，物鏡後另裝一透鏡，以消殘餘之色。其三，於物鏡前置綠黃色遮屏，將紫色光全行吸收，然後通過物鏡，不致生暈。第三法雖甚簡便，而光量損失太大，天體微暗者不能攝之。

(293)“迴折”(Diffraction)及“虛圓面”(Spurious disk)

遠鏡之色收差及球面收差雖完全除去，其像仍不清楚。蓋光爲種種波長之光波混合而成，通過物鏡後，即生迴折作用，使恆星所成之像，不能仍爲一點，而變爲虛圓面，光輝朦朧，周圍有數多之光環。

通例，遠鏡愈大，恆星之虛圓面愈小，按照多茲氏(Daves)之測算，遠鏡口徑爲四吋半，則虛圓面之直徑爲 $1''$ 。遠鏡口徑爲九吋，則虛圓面之直徑爲 $0.''5$ 。遠鏡口徑爲三十六吋，則虛圓面之直徑爲 $\frac{1''}{8}$ 。故雙星之中心距離爲 $1''$ 者，可以口徑四吋半之遠鏡分析之。爲 $0.''1$ 者，可以業歧茲天文臺之大遠鏡分析之，由是知大遠鏡之效用較爲廣大矣。

(294) 目鏡 窺察雙星或三連星等微小天體時，其目鏡僅以單凸透鏡爲之，惟視野甚小，須將鏡中心對準天體，方爲明晰。普通之目鏡，以二個以上之透鏡並置而成，視野較廣，天體在鏡中所生之像，到處皆甚明晰。此種目鏡可分正負二類，“正目鏡”(positive eyepiece)之用途，較“負目鏡”(negative eyepiece)爲廣。天體之像生於目鏡與物鏡之間，經目鏡而擴大之。如將目鏡拆卸而下，並可作擴大鏡之用。負目鏡則不然，凡通過物鏡之光線，於未達焦點以前，先爲目鏡底部之透鏡所屈折，而後生像於目鏡之中，故負目鏡不能爲擴大鏡之用。



第八十七圖 遠鏡之目鏡

以上二種目鏡，皆生倒像，在天文觀察上，並無妨害。

(295) “小網” (Reticle) 欲使遠鏡對準天體，當以小網為指標。小網裝於物鏡之焦點上，如第八十六圖之ab。其最簡者係一金屬架，架上黏蜘蛛絲數條，縱橫相交，使交點與星像相合。有時不用小網，而以刻線之玻璃板代之。遠鏡旁置一燈火，其光返照鏡中，板上之細線乃明。

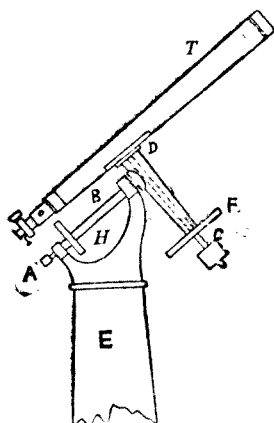
(296) 反射遠鏡 西曆 1670 年左近，知屈折遠鏡有色收差之弊，乃改製反射遠鏡以代之。自此一百五十年之中，凡觀察恆星者，幾無一不以反射遠鏡為利器，迨至西曆 1820 年消色遠鏡發明後，於是二者參酌並用，未嘗偏廢。反射遠鏡之式樣，種種不同，蓋恆星光線自凹面鏡反射後，如何可使生像於目鏡焦點以內，計畫各異，故式樣亦不同耳。

西曆 1870 年，以銅錫鎔合之“鏡銅” (speculum)，製成巨大之凹面鏡一，是為大反射鏡之嚆矢。今則鏡銅已廢，概以玻璃為之。玻璃上用化學方法，鍍以銀膜，新製時反射率甚大，優於鏡銅，日久變暗，則以化學劑擦亮之，或重鍍之。

(297)兩種遠鏡之比較 屈折遠鏡與反射遠鏡各有優點，不可偏倚，茲立表於下：

屈折遠鏡之優點	反射遠鏡之優點
(一)像之光度甚強。	(一)成本廉。
(二)生像清楚。	(二)製造易。
(三)透鏡較凹面鏡為耐久。	(三)凹面鏡所受之光量，恆大於透鏡。
(四)透鏡較凹面鏡為輕。	(四)凹面鏡無色收差，便於攝影。

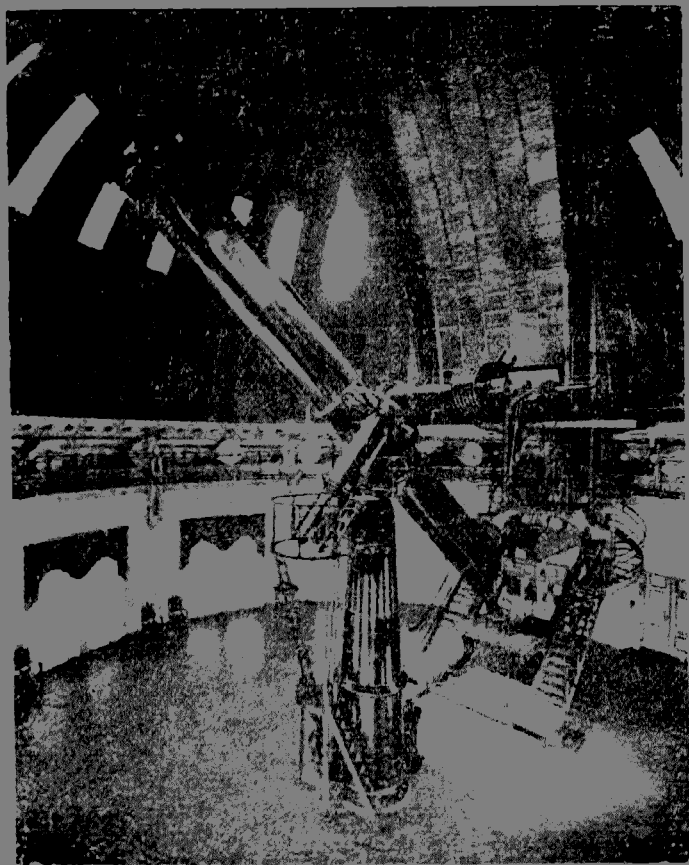
(298)“赤道儀”(Equatorial) 遠鏡為精良之天文儀器，須安設於堅固之臺上，方能顯其效用。如第八十八圖，E為堅固之臺，於其上固定A B二點，使其聯線與地軸一致，而直指天球北極，謂之“極軸”(Polar axis)。軸上有一圓面H與天球赤道平行，謂之“赤經圓”(Right ascension circle)。



第八十八圖 赤道儀

次於極軸之垂直方向，設 $C D$ 二點，其聯線謂之“赤緯軸” (Declination axis) 。軸上有一圓 F ，謂之“赤緯圓” (Declination circle) 。又於軸之上端置遠鏡 T 。

赤道儀之用途有二：其一，遠鏡與某天體對準後，如用

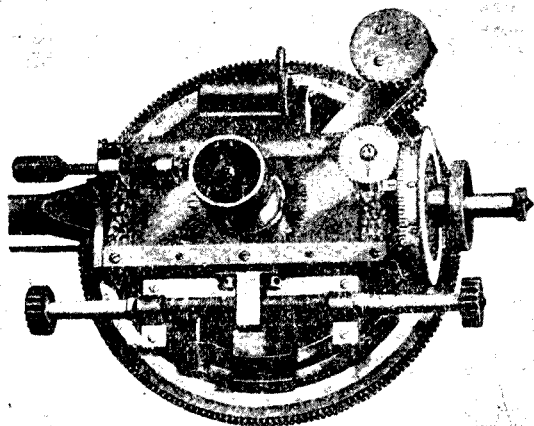


圖八十九 觀天儀器赤道儀

鐘錶裝置，以令極軸迴轉，則遠鏡亦隨之而轉，使該天體繼續在視野以內，可以詳細觀察。其二，凡肉眼難見之天體，如小彗星及晝現之恆星等，如已知其赤經赤緯及恆星時之後，即可藉赤道儀以尋出其位置，而細觀之。

第八十九圖爲波次但 (Potsdam) 天文臺之“雙筒赤道儀” (Double equatorial)，既可觀察星體，又可攝取其影。

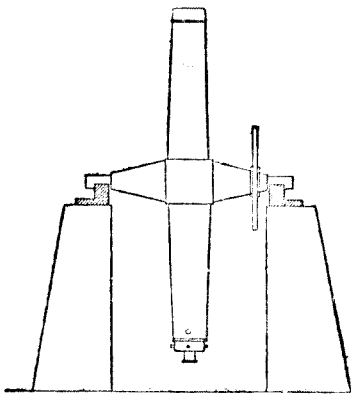
(299) “測微器” (Micrometer) 凡天體之視角在 $20'$ 以內者，可以此器量計之。此器之式樣，種種不一。用時，附着於遠鏡之上，以代目鏡，器內有平行蠟絲數條，其間之距離，可以細螺旋任意加減之。螺旋上附一刻度圓環，由其迴轉之度數，以定視角之大小。第九十圖爲測微器之一種，裝置於



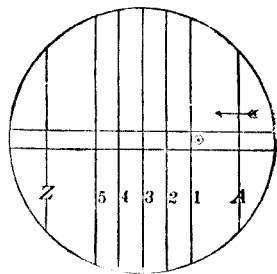
第九十圖 測微器

遠鏡之視端，由小目鏡瞭見其中之蜘蛛絲。

(300)“南高儀”(Transit-instrument) 南高儀之主要部份爲一遠鏡，鏡之視端裝一小網，鏡之中部裝一水平軸，與鏡軸垂直。水平軸之兩端爲圓柱體，以Y形之“軸承”支之。軸承安設於堅固臺柱之水平面上，使指正東西方向。當遠鏡旋轉之際，小網中央之蜘蛛絲，必沿子午線運動。蜘蛛絲二橫五縱，縱線間之距離皆相等。



第九十一圖 南高儀



第九十二圖

南高儀中之小網

觀測者於天體陸續經過 1, 2, 3, 4, 5 等縱線時，務將時間精密記下，而後平均之，是即天體經過子午線之時間。

欲驗水平軸之水平與否，宜備一精良之酒精泡準器，置於軸端之圓柱體上，如氣孔不在中央，即知水平軸尚未水平，須校正之。

水平軸上附一刻度之金屬圓板，當觀察某恆星之時，須將遠鏡迴轉至適當之角度而止，使星像映於鏡中。

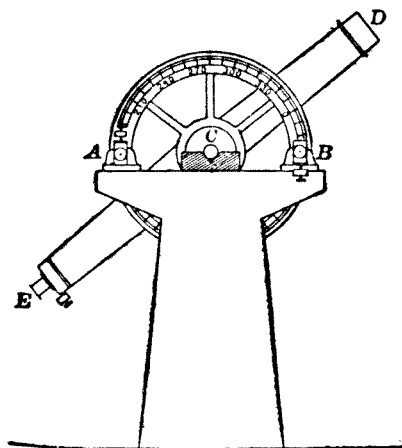
(301) 時計 天文中所用之時計有三種：一曰“天文鐘”(Astronomical clock)，為南高儀等之附屬品。鐘擺長度，無論四季不生變化，謂之補整擺，每擺一次，適為一秒鐘。鐘面刻二十四小時，鐘針之旋轉速度，一定不變，雖逐日或快或慢，而所差之時間相等。欲校正之，先將鐘針撥正，次將擺錘或擺桿上之騎子上下移動即可。

一曰“時辰儀”(Chronometer)，其構造與尋常之錶同，而較為精確，然較之天文鐘則稍遜，不過便於攜帶而已。

一曰“紀時儀”(Chronograph)，其中有一金屬圓筒，外裹以紙，內以發條撥之使轉，速度均勻，紙上立一筆尖，附於金屬臂上。臂與電磁石之鐵片相連，電流未通前，筆尖與紙相離，在空間畫成一線，電流已通後，筆尖與紙面相觸，畫一截痕，當某星經過南高儀之中央蜘蛛絲上，觀測者即將電鍵一揷，使電流暫時流通，於是紙面現一黑點。由點之所在，即可知該星經過子午線之時間。此種裝置，較以目覩星而耳聽鐘之辦法為正確。

(302) “子午儀”(Meridian circle) 此為天文臺中之基本儀器，專測恆星之赤經赤緯，形狀與南高儀相似，惟於臺

柱上 A B 二點，裝一圓環，刻度極細。環旁置一顯微鏡，可以詳窺環面度數。用時，將遠鏡迴轉，使某星來至視野內而止。待該星經過中央蜘蛛絲上，即用時辰圖測恆星時，而得該星之赤經。欲測星之赤緯，當先定天球赤道在圓環上之示度，作為零點。惟天球赤道之所在，須隨天球北極而定。蓋二者相差九十度，為一恆數耳。測天球北極之法，認定極圈星座之某星，經過子午線時記其示度。十二小時後，該星視轉半周，復測之。兩次示度平均值，即為天球北極之示度。由是天球赤道之所在，及任何星之赤緯，皆可順次測定矣。

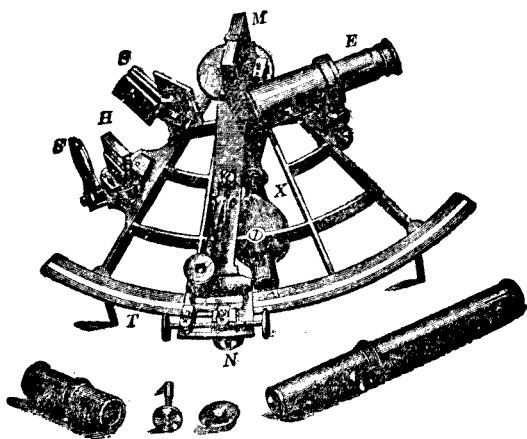


第九十三圖 子午儀

測定緯度，亦適用子午儀。法將遠鏡迴轉，使目鏡對準天底，記其示度作零點。次迴轉遠鏡九十度，得水平點。然

後將天球北極之仰角測定之，即為緯度。

(303)“六分儀”(Sextant) 此器為西曆1730年美國高弗梨氏 (Godfrey) 所發明，在測量中可以測遠處二點所成之視角。在天文中可以測太陽之高度。其構造如第九十四圖，

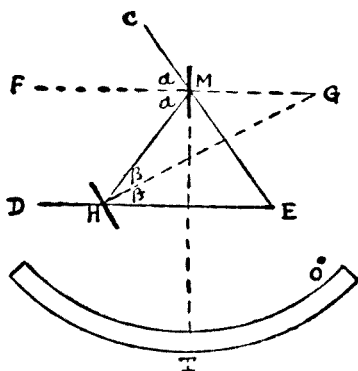


第九十四圖 六分儀

X為柄，E為遠鏡，T為刻度圓弧，M與H為與紙面垂直之平面鏡，H與E均固定於架上。H面與E軸成六十度之角。S與S'為顏色玻璃片，用以減殺遠來之強光。H之上半透明，下半鍍銀。M可繞紙面之垂直軸旋轉，其所轉之角，可由副尺N及圓弧T測之。當N之零度與T之零度一致時，M與H平行。

六分儀之原理如第九十五圖，自C點發出之平行光線，

經 M 及 H 之反射，入於物鏡 E 。所生之像，與另一點 D 之像，在視野中相合。次作二鏡之法線 FG 及 HG ，其所成之角，等於 $\alpha - \beta$ 。引長 CM 及 DH ，相遇於 E 。其所成之角，等於 $2\alpha - 2\beta$ 。故 CD 二點所成之角，等於二鏡所成之角之二倍。通常圓弧 T 上所刻之度數，皆將一度書為二度者，即所



第九十五圖 六分儀之原理

以便直接之觀測也。

在海面上，用六分儀以測太陽之高度時，一手執其柄，使遠鏡恰在太陽之下。人目在鏡中探得海面上極遠之一點後，此鏡之軸即為水平。次將 M 之桿臂迴轉之，使太陽之像亦生於鏡中。但須知海面極遠點之像，係從 H 上半部之透明玻璃而來，太陽之像，係從其下半部之反射鏡而來。逮至太陽之下緣，與海面相接，乃將 T 之度數記下，即得太陽之高度。但須多方修正，方為精密。

第十四章

中國天文學史略

(304) 導言 讀者研習歐西天文，既告一段落，今當反求諸本，略窺中學門徑。縱覽先儒所著經史子集，俱有天文記載，或則散見，或則專詳，要以二十四史中之天文志爲最備。謹摭古籍厓略，編爲十餘則。按諸史成例，有編年編目之別。然編年則唐虞三代，依次順列，不無呆滯之訾。茲從編目法入手，提挈綱領，條分而縷述之。俾知昔日之學識何如，設備何如，與歐西天文之異同又何如，庶幾觸類旁通，交相爲用，存古微旨，其在斯乎？

(305) 天宇視動 天宇視動之法則，古天文家審知已久。夏小正曰：“正月斗柄縣在下，六月初昏斗柄正在上”。蓋三四千年前，北斗離北極較近，故不沒於地下，終夜得以瞭見也。論語曰：“譬如北辰，居其所而衆星拱之”。朱子注謂“北辰北極，天之樞也”。是與西儒所稱地軸相合矣。吳王蕃

云：“周天三百六十五度五百八十九分度之百四十五，半覆地上，半在地下，其二端謂之南極北極。北極出地三十六度，南極入地三十六度，兩極相去一百八十二度半強。繞北極徑七十二度，常見不隱，謂之上規；繞南極徑七十二度，常隱不見，謂之下規。赤道帶天之紘，去兩極各九十一度稍強”。當時雖無遠鏡，而所言度數，皆與近代歐美天文學無甚出入，亦可驚矣！

(306)恆星 古代觀察星象，頗為詳賅，惜未有遠鏡，故所見不如西人之多。漢張衡云：“中外之官^①常明者百有二十四，可名者三百二十，為星二千五百，微星之數蓋萬有一千五百二十”。吳太史令陳卓總甘石巫咸三家所著星圖，大凡二百八十三官，一千四百六十四星。

恆星命名，大抵始於戰國甘石二氏，如郎將羽林，三代以下之官；左更右更，三代以下之爵；王良造父，三代以下之人；巴蜀河間，三代以下之國；春秋以前，無此名也。

天官家為便宜計，將恆星劃分區域。凡極圈諸星座以中宮稱之，而分為紫微太微天市三垣。沿黃道兩側者，分為二十八宿。隋丹元子作步天歌三十一首，分詠垣宿，足資觀星

① 古來觀星者歸子羣星以百官之名，如將相輔弼之類，故謂之星官，亦曰天官。

之助。漢書曆律志詳載宿度，角十二，亢九，氐十五，房五，心五，尾十八，箕十一又四分一，斗二十六，牛八，女十二，虛十，危十七，室十六，壁九，奎十六，婁十二，胃十四，昴十一，畢十六，觜二，參九，井三十三，鬼四，柳十五，星七，張十八，翼十八，軫十七，共三百六十五度四分度之一。此外有黃道十二宮，其名見於爾雅，大抵皆依星宿而定。漢班固以星宿度數配宮，其言最詳，自軫十二至氐四爲壽星，氐五至尾九爲大火，尾十至斗十一爲析木，斗十二至女七爲星紀，女八至危十五爲元枵，危十六至奎四爲蠛蠓，奎五至胃六爲降婁，胃七至畢十一爲大梁，畢十二至井十五爲實沉，井十六至柳八爲鶉首，柳九至張十六爲鶉火，張十七至軫十一爲鶉尾，每宮適佔三十或三十一度。

(307) **行星** 尚書曰：“舜在璇璣玉衡，以齊七政”。考璣衡爲最初之渾天儀，七政卽日月暨金木水火土五星也。可見當時恆星與行星之別，已極明瞭。自後更進而研究五星之運行，以火星之途徑離奇，故名“熒惑”；土星之運行遲延，故名爲鎮。而研究最切實者，厥惟木星。按諸史記天官書，謂歲星(卽木星)出，東行十二度，百日而止，反逆行，逆行八度，百日復東行，歲行三十度十六分度之七，率日行十二分度之一，十二歲而周天。今試以歲行之度乘十二，適得三

百六十五日又四分之一。

溯五星命名之源，饒有興趣，蓋與地面事物全相呼應者也。茲節錄淮南子天文訓之言如下：“何謂五星？東方木也，其帝太昊，其神爲歲星，其獸蒼龍，其音角；南方火也，其帝炎帝，其神爲熒惑，其獸朱鳥，其音徵；中央土也，其帝黃帝，其神爲鎮星，其獸黃龍，其音宮；西方金也，其帝少昊，其神爲太白，其獸白虎，其音商；北方水也，其帝顓頊，其神爲辰星，其獸玄武，其音羽”。觀此則五星與五行五帝五色五音無不相應矣。

(308) **隕星及流星** 古來隕星流星之事，不可勝計。左傳云：“隕石於宋五，隕星也”。史記云：“宋襄公時，星隕如雨”。此言流星密如雨點，即西儒所謂流星羣也。惟流星與隕星，大有不同，流星寂靜無聲，隕星則爆炸如雷；流星增減有時，隕星則毫無定期。昔人每以二者併爲一談，殊有未合。如宋史淳化元年十一月壬午，流星出天關，南行，歷東井郎位攝提，至大角東北，墜於地。光芒四照。聲如隕牆。是以隕星誤爲流星矣。又咸平五年九月丙申，有星流出東方，西南行，大如斗，有聲若牛吼，小星數十，隨之而隕。是隕隕二字並用矣。又景德二年四月癸卯，有星北流入天倉，尾跡丈餘。是不明言流星，而實指流星言也。

他如流星羣之紀載，亦甚詳備。漢書成帝永始二年二月癸未，夜過中星隕如雨，長一二丈，釋釋未至地滅，至鷄鳴止。唐書大和七年六月戊午，日暮及曙，四方流星大小縱橫百餘。正統四年八月癸卯，夜達旦有流星大小二百六十餘。道光甲申年閏六月丙申，嘉定黃汝成記云：“望見月食既，星流竟夕”。考流星羣之現期，類皆一定，而可以先期推算，惜古人未知此耳。

(309)歲差 續性理會通王可大象緯新篇，述歲差最詳。氏謂堯時冬至日躔在虛一度，夏至在柳十四度，春分在胃十二度，秋分在氏十度。至唐開元大衍曆，冬至日躔在斗十度，夏至在井十度，春分在奎七度，秋分在軫十三度。宋統元曆，冬至在斗二度，夏至在井十六度，春分在奎初度，秋分在軫七度。此歷代之曆，可驗者如此。蓋天行之度有餘，日月所行之度不足，故天行常外平而舒，日道常內轉而縮，其勢不得不然也。由是天漸差而西，歲漸差而東，歷隨時占候修改，求與天合，又不得不然也。漢自鄧平改曆之後，洛下閎謂八百年後當差一度。當時史官考諸上古中星，知太初曆已差五度，而閎未究。蓋古之爲曆，未知有歲差之法，其論冬至日躔之宿，一定而不移。不知天日會道，不得均齊，餘分積久，度數必爽。今歲之日躔在冬至者，視去歲冬至之躔，常有不

及之分。至晉虞喜始覺其差，乃以天爲天，歲爲歲，立差法以追其變而算之。約以五十年日退一度，然失之過。劉宋何承天倍增其數，約以百年退一度，而又不及。至隋朝劉焯，取二家中數，以七十五年爲近之，然亦未甚密。至唐僧一行，乃以大衍曆推之，得八十三年而差一度。自唐以來，曆家皆宗其法云。又據清乾隆歷象考成，謂宋代楊忠輔算歲差，以六十七年差一度。元郭守敬因之，較諸家爲密云。今歐西天文家實測晷影，驗之中星，得七十一年有零而差一度，每年差五十秒餘。吾國各家所推之數，核與西法相近者，當以楊忠輔爲最。

(310) **日月運行** 周髀家云：“天圓如張蓋，地方如棋局。天旁轉如推磨而左行，日月右行，隨天左轉，故日月實東行，而天牽之以西沒。譬之於蟻行磨石之上，磨左旋而蟻右去，磨疾而蟻遲，故不得不隨磨以左迴焉”。取喻雖未盡洽，而能確定日月在恆星間俱向東行，已道破於西儒之前矣。

日之運行周期，吳王蕃謂爲三百六十五日又五百八十九分之一百四十五，見晉書天文志；月之運行周期（指朔望月）漢鄧平等謂爲二十九日又八十一分之四十三，見漢書曆律志。

太陽每歲與月會合十二次，而一周黃道。但每會皆有一

定部位，故十二宮之名，或卽胚胎於此。又因月凡二十七日餘一周天，每夜宿處有定規，故二十八宿之數，亦有所本。

(311)儀象 璇璣玉衡爲儀象之權輿，然不見用於三代。周禮有圭表壺漏，而無璣衡，其制遂不可考。漢代創造渾天儀，謂卽璣衡遺制，其或然歟？厥後代有制作，大抵以六合三辰四游重環湊合者，謂之渾天儀；以實體圓球繪黃赤經緯度或綴以星宿者，謂之渾天象。其制雖有詳略，要亦青藍之別也。漢順帝時，張衡制渾天象，具內外規南北極黃赤道，列二十四氣二十八宿中外星官及日月五緯，以漏水轉之，令伺之者閉戶而唱也。其伺之者以告“靈臺^①”之觀天者曰，璣衡所加，某星始見，某星已中，某星已沒，皆各合符也。

唐更造渾天儀，鑄銅爲圓天之象，上具列宿赤道及周天度數，注水激輪，令其自轉。一日一夜，天轉一周。又別置二輪，絡在天外，綴以日月，令得運行。每天西轉一匝，日東行一度，月東行十三度十九分度之七。凡二十九轉有餘而日月會。三百六十五轉而日行匝。

(312)占驗 在昔司天之官，每以人事休咎國家興亡之機，悉繫於天象變遷一途，故占驗之說，史不絕書。天官書云：“秦始皇之時，十五年彗星四見，久者八十日，長或竟

①靈臺卽今之天文臺，見觀象叢編。

天，其後秦遂以兵滅六王，諸呂作亂，日蝕晝晦，吳楚七國叛逆，彗星數丈，天狗過梁野”。

隋書天文志云：“日月行有道之國，則光明，人君吉昌，百姓安寧。其臣亂國，則日赤無光，日失色，所臨之國不昌。日晝昏，行人無影，到暮不止者，上刑急，下不聊生，不出一年有大水”。又云：“日中有黑子黑氣黑雲，乍三乍五，臣廢其主。日蝕，陰侵陽，臣掩君之象”。又云：“凡月蝕五星，其國皆亡，歲以饑，災惑以亂，填(一名鎮)以殺，太白以疆國戰，辰以女亂”。

以上所述，僅其大端。西儒指為迷信，良然。但考歐洲亦有星占術，使反詰之，其又何說？况天官家既兼負星占之責，尤不得不勤於觀象，實亦古代天文學進步之一大原因也。

(313)曆法 作曆始於太昊，至唐堯而粗具規模，定三百有六旬有六日為一歲，歲十二月，月三十日或二十九日各居半，餘十二日，未盈三歲，便得一月，則置閏焉。迨夫三代，月序變更，夏以孟春月為正，殷以季冬月為正，周以仲冬月為正，蓋周禮以冬至所在之月，為一歲之始也。陲歷之後，周室衰微，史不記時，君不告朔，故疇人子弟分散，或在諸夏，或在夷狄，其禮祥廢而不統。周襄王二十六年閏三月，而春秋非之。其後戰國並爭，在於疆國禽敵排急解紛而已，

更無違念及曆法。漢興，庶事草創，襲秦正朔，以張蒼言，仍用夏曆。然朔晦月見，弦望滿虧，多非是。至武帝元封七年，漢興百二歲矣，司馬遷洛下閎鄧平等言歷紀壞廢，宜改正朔，略以一歲爲三百六十五日又四分之一，一月爲二十九日又八十一分之四十三，十九歲置七閏。上聽之，乃以元封七年改爲太初元年。於是晦朔弦望皆最密，日月如合璧，五星如連珠，是爲有史以來第一次正式曆法，名曰“太初曆”。爾後代有革新，迄今凡五十次。

(314) 言天三家 古言天者有三家：一曰“蓋天”，二曰“宣夜”，三曰“渾天”。周髀主蓋天之說，以爲天似蓋笠，地法覆槃，天地各中高外下，北極之下爲天地之中，其地最高，而滂沲四隕，三光隱映，以爲晝夜。宣夜之書，亡佚已久。惟漢邾萌謂先師相傳，天了無質，仰而瞻之，高遠無極，眼矜精絕，故蒼蒼然也。譬之旁望遠道之黃山而皆青，俯察千仞之深谷而窈黑，夫青非真色，而黑非有體也。日月衆星自然浮生於虛空之中，其行其止，皆須氣焉。是以七曜或逝或住，或順或逆，伏見無常，進退不同，由乎無所根繫，故各異也。漢靈帝時，蔡邕於朔方上書，言“宣夜之學，絕無師法；周髀術數具存，考驗天狀，多所違失；惟渾天近得其情”。其說謂天地之體，狀如鳥卵。天包地外，猶殼之裹

黃也，周旋無端，其形渾渾然，故曰渾天。周天約三百六十五度四分度之一，又中分之，則半覆地上，半繞地下，故二十八宿半見半隱，如車轂之運轉也。考渾天之說，實始於羲和，而備於張衡。張氏所制銅渾天象，精深微妙，無不驗於事實，故漢以來皆以此說為宗。

(315) **四季及晝夜長短** 周官大司徒以土圭之法，正日景，辨四時；又以銅壺滴漏紀晝夜長短。漢之造曆，必先定東西，立晷儀。冬至日在牽牛初，春分日在婁四度，夏至日在井三十一度，秋分日在角十度。若日在井，則晝最長，八尺之表，一尺五寸之景。日在婁或角，則晝夜相等，八尺之表，七尺五寸之景。日在斗則晝最短，八尺之表，一丈三尺之景。吳王蕃曰：“黃道日之所行也，半在赤道外，半在赤道內，與赤道東交於角，五少弱，西交於奎，十四少彊。其出赤道外極遠者，去赤道二十四度，斗二十一度是也；其入赤道內極遠者，亦二十四度，井二十五度是也。日南至在斗二十一度，去極百一十五度少彊是也。日最南，去極最遠，故景最長。黃道斗二十一度出辰入申，故日亦出辰入申。日晝行地上百四十六度彊，故日短；夜行地下二百一十九度少弱，故夜長。自南至之後，日去極稍近，故景稍短。日晝行地上度稍多，故日稍長；夜行地下度稍少，故夜稍短。日所

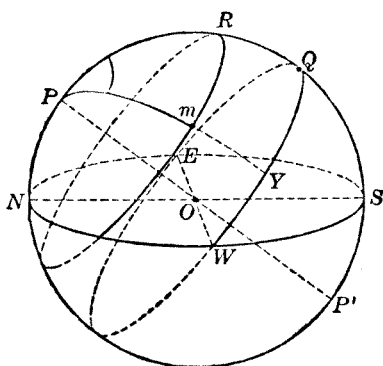
在稍北，故日出入稍北。以至於夏至，日在井二十五度，去極六十七度少彊，是日最北，去極最近，景最短。黃道井二十五度出寅入戌，故日亦出寅入戌。日晝行地上二百一十九度少弱，故日長；夜行地下百四十六度少彊，故夜短。自夏至之後，日去極稍遠，故景稍長。日晝行地上度稍少，故日稍短；夜行地下度稍多，故夜稍長。日所在度稍南，故日出入稍南。以至於南至，而復初焉”。

(316)結論 上列各節，大都宋以前之天文史，是時中外交通阻塞，言文隔闕，絕無西方學說參雜其中。而能以獨立精神，鑽研得此，洵非易易！元代開疆拓土，遠抵中歐，中外學說，漸相溝通，故蒙人札馬魯丁有地圓之說，見於元史。明神宗時，西洋人利瑪竇等入中國，精於天算之學，發微闡奧，運算制器，前此未嘗有也。茲僅就往古最著要之發明而言，蓋有三端：一為恆星之命名及分區，精審詳賅，直駕托勒密氏恆星圖而上之；一為渾天儀之創造，奇巧絕倫，與天合契，雖精良如天球儀，亦所弗逮；一為正式曆法之制定，寓陽曆於陰曆之中，實無顧此失彼之弊。凡此皆天文史上之特色也。所惜者，古無微積學與物理學，故不能定“五緯”運動之法則；無遠鏡與分光器，故不能測“三光”之大小遠近原質速度等數。反觀西洋“天體力學”“天體物理”，完備新穎。

不覺瞠乎其後。學者宜以歐美天文爲宗，吾國天文爲輔，取彼所長，補己之短，發揮而光大之，勿讓古人專美於前也。

附 錄

(317)“時角”(Hour-angle)與時間之關係 吾人在O點面向北極，觀測恆星M之時圈PMY與子午線PRQ所成之角，謂之該星之時角。恆星在子午線上時，其時角等於零。恆星轉至M之位置，其視角等於QY弧。今自Q點起，將天球赤道分爲二十四等份，每份合一小時，是爲時角之單位。例如圖中M之時角，約等於三小時。



第九十六圖 時角

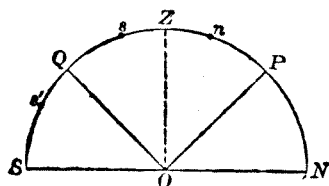
既知時角之定義，即得時之定義。恆星時者，春分點之時角也。視太陽時者，太陽中心之時角也。太陽平時者，係

一“虛構之太陽”(Fictitious sun)，與真太陽同時在春分點出發，而在天球赤道上等速運動，所畫成之時角也。此虛構之太陽自子午線出發，迄於再達子午線之期間，謂之太陽平日。一回歸年後，虛構之太陽與真太陽同時再達春分點。此外於研究潮汐之時，為便利計而用“太陰時”(Lunar time)，是即月球之時角也。

(318)“**薄明**”(Twilight) 日出以前，日沒以後，地面略有微光，可以辨人物之所在，此現象謂之薄明。所以然者，蓋全賴高層空氣之反射作用，使太陽光線之一部，返照地面故也。薄明之起訖，每以天頂附近六等星之隱現為標準。大概自星隱以至日出，可謂之薄明；自日沒以至星現，亦可謂之薄明。更以天文學立說，則太陽在地平面以下 18° 時，適為薄明之起訖。但各處地勢參差，未可一例論之。薄明之久暫，因季節與緯度而異。例如緯度 40° 之地，在三月一號及十月十二號，薄明約一小時半。迨至夏季，約二小時餘。緯度 50° 之地，在晝長最甚時，薄明至半夜始止。緯度 60° 之地，終夜有熹微之光。惟祕魯國深山中則反是，其薄明之時間，未有超過半小時者。

(319)**測緯度之又一法** 凡某天體之赤緯已知後，祇須測其天頂距離，即可求得該地之緯度。如圖，S Q P N 為子

午線，Z 爲天頂，P 爲北極，Q 爲赤道，PN 爲該地之緯度，QZ 爲天頂之赤緯。按照幾何學之理，PN 與 QZ 相等。



第九十七圖 緯度之測法

今設 s 爲恆星，在天頂以南。Zs 爲星之天頂距離，Qs 爲星之赤緯，

$$\text{則} \quad PN = QZ = Zs + Qs \cdot$$

故緯度等於星之天頂距離與赤緯之和。

又設 s' 爲恆星，在天球赤道以南。Zs' 爲星之天頂距離，

Qs' 爲星之赤緯，

$$\text{則} \quad PN = QZ = Zs' - Qs' \cdot$$

故緯度等於星之天頂距離與赤緯之差。

又設 n 爲恆星，在天頂與北極之間。Zn 爲星之天頂距離，Qn 爲星之赤緯，

$$\text{則} \quad PN = QZ = Qn - Zn \cdot$$

故緯度等於星之赤緯與天頂距離之差。

(320) 測海上經緯度之法 海上波濤洶湧，船舶震盪，南高儀子午儀等難以安置，所可攜帶者，惟六分儀與時辰儀

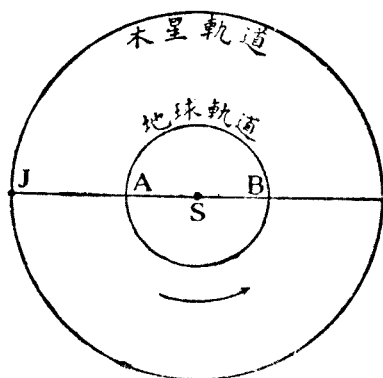
耳。測海上緯度之法，先從太陽將近正午起，用六分儀頻頻測其高度，初則度數漸增，繼而漸減，就其中最大之數，照屈折率等修正後，是為太陽經過子午線時之高度，從 90° 中減去高度即為太陽之天頂距離，如第九十七圖中之 Z_s ，更由歐美航海通書，查得當時太陽之赤緯 Q_s ，將 Z_s 與 Q_s 相加，乃得該處之緯度。

測海上經度之法，先於船舶未出港口以前，將時辰儀之快慢，依照岸上之天文鐘矯正，次依照當地之赤經，將分針秒針撥動，使與格林維基之時刻一致，待船舶出口，行於海上後，觀測者，用六分儀以測該地之緯度，次測太陽在上午或下午之高度，乃由弧三角公式，求得太陽之時角，是即該處之視太陽時，復由當日之時差，改算為太陽平時，於是將時辰儀所指之時刻，與太陽平時相減，即得該地之經度。

(321)“**光差**”(Light-equation)及“**光差常數**”(Constant of light-equation) 自某天體發光，達於地面，所需之時間，謂之光差，自一個天文單位之遠處發光，達於地面，所需之時間，謂之光差常數。

西曆1675年丹麥天文家勒麥氏 (Roemer) 觀察木星之衛星食，無意中測得光差常數，考木星有衛星九，當時僅知其四。木星在衝點附近時，氏將任一衛星食之時刻，逐次測定，

立成一表，求其所隔之時間，殆皆相等。氏乃將木星一會合週期中，衛星食應有幾次，見於何時，皆預為推定。及時實測，與之不符，木星自衝點移向合點，衛星食漸遲；自合點移向衝點，衛星食漸速。在合點時實測衛星食之時刻，較計算所得者，遲去16分38秒。如第九十八圖，木星在衝點與地球之距離為JA，六個半月後，木星在合點，與地球之距離為JB。二者相差AB，等於日地距離之二倍。氏乃決定此16分38秒之遲延，為二個天文單位間之光差，故知光差常數為8分19秒，合499秒。

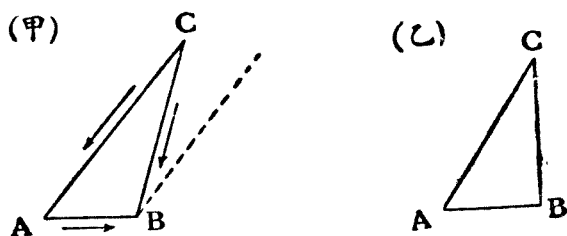


第九十八圖 光 差

(322)由光差常數求太陽遠度 西曆 1849 年，費佐氏 (Fizeau) 用極精細之儀器，測得光之速度，其法載於物理學中，茲不備述。最近有邁克爾孫 (Michelson) 與牛谷姆

(Newcomb) 二氏，用此法測得光之速度，為每秒186,330哩。以此數與光差常數相乘，即得太陽之速度為 92,979,000 哩。

(323)“光行差”(Aberration of Light) 地球沿軌道運動，非常迅速，吾人以遠鏡測恆星之方向，與地球靜止時不同，而為地球速度與星光速度合成之方向。如第九十九圖(甲)，光自C點出發，達於B點。同時觀測者自A點出發，達於B點。從觀測者之眼光觀之，似覺C之方向，不與CB一致，而反與CA平行，其理可以兩點說明之。如圖(乙)兩點自C點垂直落至B時，有人自A至B，就此人觀之，兩點之落下取CA方向。蓋假想此人手執長玻管，欲使兩點落於瓶底之中央，則此管必須傾斜，而取CA之方向始可。由是知恆星因地球運動而生之變位，實與此人所見兩點之變位相同。



第九十九圖 光行差

光行差分二種：一曰“歲週光行差”(Annual aberration)，由地球之公轉而生，無論地面何處，其值皆同。一曰

“日週光行差”(Diurnal aberration)，由地球之自轉而生，其值因緯度而異，赤道上之速度最大，其值亦最大，漸近兩極，則其值漸小。茲設 v 為地球公轉速度， V 為星光速度， CB 與 AB 垂直時，恆星之變位最大，而得

$$\tan \alpha_0 = \frac{v}{V} \quad (1)$$

式中 α_0 為恆星之“角變位”(Angular displacement)，特稱曰“光行差常數”(Constant of aberration)，其值為 $20.''52$ 。

若 CB 不與 AB 垂直，則得

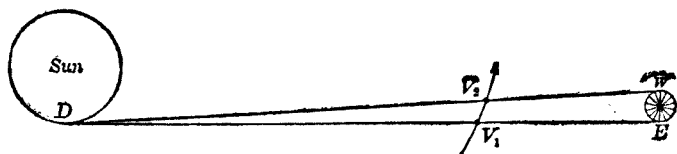
$$\sin \alpha = \frac{v}{V} \sin A,$$

其近似式為 $\tan \alpha = \sin \alpha = \frac{v}{V} \sin B \quad (2)$

(324)由先行差求太陽遠度 由前節(1)式，得 $v = V \tan \alpha$ ， α 與 V 皆為已知之數，故可求得 v 。次以恆星年之秒數，與 v 相乘，而得地球軌道之周界。更以 2π 除之，即得太陽之平均遠度，其值為 93,104,000 哩。

α 之誤差，總在 $0.''03$ 以內，由是所生太陽遠度之誤差，總在 150,000 哩以內，故此法甚為精密。

(325)太陽視差之測法 太陽之平均遠度，可用兩法測定之，既如前述。然此等測法，須以光速度為根據，在光速度未測定以前，決不適用。昔者法國得利爾氏(Delisle)曾藉金星過渡之機會，以測太陽視差。如第一百圖， E 與 W 為地



第一百圖 金星之過渡

球赤道上之兩點，其弧距幾等於 180° 。金星與日面接觸，先在 E 點見之，記其時刻。次在 W 點見之，亦記其時刻。如兩處之時計，悉依照“格林時”(Greenwich time)，則其所記時刻之差，即為金星自 V_1 行至 V_2 之時間。實測上所差之數，為 11 分 25 秒。

金星之會合週期為 584 日，在古代已知之。故經 584 日後，金星較地球多轉一周。由是推算一日之內，金星較地球多轉 $\frac{1}{584}$ 週，即 $37'$ 。一分鐘內多轉 $\frac{37 \times 60''}{24 \times 60}$ 即 $1.''54$ 。金星自 V_1 行至 V_2 ，既需時 11 分 25 秒，故在太陽上所測地球之直徑，當為 $17.''6$ 。換言之，即太陽之地平視差為 $8.''8$ 。此種測法，不甚精密。觀測者須確知各該地之赤經，方可使時計與格林時相準，此其缺點一。兩處距離，實際上不及 180° ，須加以修正，此其缺點二。且金星面有大氣，可以屈折光線，使金星接觸日面之時刻，不能精密確定，此其缺點三。

(326) 恆星視差之測法 在泰古布刺氏 (Tycho Brahe) 以前，曾試行種種方法，以測恆星之視差，俱未成功。迨至

西曆 1838 年，柏塞爾氏 (Bessel) 證明天鵝座 61 號星，有視差無疑，且從而測計之。翌年，罕迭生氏 (Henderson) 將半人馬座 α 之視差測定之。惟此項手續，為實用天文學中最精細者，其常用之法有二，即“絕對法” (Absolute method) 與“相差法” (Differential method) 是也。此外尚有一法，專測聯星視差，是為“分光法” (Spectroscopic method)。茲於下三節中，分述其大意。

(327) **絕對法** 此法先用子午儀將某恆星之赤經赤緯，間數日而一測，以一年為度。次將逐次所測，依照歲差，光行差，恆星正動等修正之，以推定其種種位置。該星如有視差，位置必不合符，乃一一繪之於圖，所成之閉合曲線，為一小橢圓，是即恆星一年間視運動之軌道，其長徑為視差之二倍。

此法在理論上甚為完備，在實際上鮮有美滿之結果。蓋一年間之溫度溼度，每依週期性而生變化，儀器蒙其影響，多方錯亂，雖經數年之功，倍其所測而平均之，仍屬無濟。雖然，此法有時用之甚效，未可一例棄之。例如半人馬座 α 之視差，即藉此而測定者也。

(328) **相差法** 以極遠之恆星為標準，測近傍一星一年間之變位，而求其視差，是較他法更為可恃。惟近傍二字，

含有視位相近，不出數分之意。且所謂極遠之恆星者，其視差當然極小，可以不計。

譬如觀測者依遠山上之大樹爲標準，以測近傍小石之視位後，取一定方向，步行數呎，復測小石之視位，則與向所測者稍異。依理推之，地球沿軌道運動，一年間往復一次，吾人所測近星對於遠星之視位，亦必逐漸變移，往復一次。量其視位之變移後，即可約略推斷近星之視差。

約略推斷四字，於意云何？蓋近星視位之變移，非表其真正之視差，乃近星視差與遠星視差之差也。故觀測雖精密，而所得視差之值，必小於真值。由是而求速度之值，必大於真值。

此法所用之儀器有三：近星與遠星之視角在一二分以內者，用測微器。在數分以外者，用“日儀”(Helio-meter)或用照相鏡。

以上二法，須就近地之恆星，測其視差，方爲便利。恆星近地與否，可用二法推斷之：一爲正動，速者恆近，遲者恆遠。一爲光度，强者恆近，弱者恆遠。但如恆星向地而來或背地而去，則其正動與否，漠然不知。又弱星之數，較強星爲多，弱星數百萬顆中，必有近於半人馬座之 α 在，是以推斷之法，未必可恃。

(329) **分光法** 聯星之遠度，可用分光法求之。其法先測任一星之週期，及其軌道與視線之傾斜度，次以分光器量計其在視線上之速度，無論在軌道何點，須間日量計之，次數以多為妙。由是計算軌道之周界有若干哩。同時用測微器量計二星之視角，而推求聯星之遠度。既知遠度，則視差亦可測定。然欲得其結果，須費數載之功，蓋聯星週期甚長，非一時所能測定也。

西曆1905年，力克天文台台員來特氏(Wright)，曾用此法在南美洲測半人馬座 α 之視差，與舊二法所得之結果相同。

此外尚有數法，可以間接測定恆星之遠度。其中之一，適用於遠星，最為重要。考恆星分光景中某某輝線之強度，與該星之“絕對等級”(Absolute magnitude)有一定關係。所謂絕對等級者，乃假想該星移至規定之遠處，所發光輝之等級也。既知該星之等級，又知其絕對等級，則實在之遠度，可以求矣。

習 題

- (1) 天球上何點之赤經赤緯皆爲零？
- (2) 本地地平面與天球赤道成何角度？
- (3) 列舉天球上之主要點。(如天頂等共十四點)
- (4) 天球上之主要大圓，與地面毫無關係者，何名？
試列舉之。
- (5) 今日日沒時，應見黃道帶上何星座昇於東方？應見黃道帶上何星座在子午線上？(見星圖)
- (6) 設今晚八時，見織女一在子午線上，問一星期後，此星應於何時在子午線上？
- (7) 八月十五號下午四五點鐘時，吾人應見何一明星在子午線上？(見星圖)
- (8) 何月何日之半夜，見天狼在子午線上？
- (9) 織女一之赤緯爲 $38^{\circ}41'$ ，當其經過子午線時，在觀察地之天頂以南，仰在天頂以北？
- (10) 黃道北極之赤緯赤經幾何？

- (11) 天球北極之黃經黃緯幾何？
- (12) 太陽能否經過本地之當頭？設或不能，試言其故。
- (13) 六月二十二號正午，北平（北緯 $39^{\circ}54'$ ）所測太陽之天頂距離應為若干？
- (14) 北平地平面與黃道面所成之角，最大時幾何？最小時幾何？並說明其變動之理。
- (15) 黃道傾斜角如為 30° ，則溫帶之闊度幾何？如為 50° 則幾何？欲使溫帶與熱帶同闊，則黃道傾斜角應為幾何？
- (16) 春分秋分是否總在三月二十號及九月二十二號？苟其不然，試言其故；並問日期之變化多少？
- (17) 西曆 1900 年三月十號正午太陽之赤緯，是否與 1903 年同日之赤緯一致？
- (18) 智利元旦在年中何季？
- (19) 太陽在金牛座中，同時在黃道帶何宮之內？
- (20) 太陽經過北回歸線之當頭時，應在何星座中？且與何星相近？（見星圖）
- (21) 晝夜相差最甚在何時？
- (22) 三月二十號，六月二十號，及十二月二十號，地面何部份之晝長最大？試分別述之。
- (23) 地球與太陽相距最遠時，何以吾國各地反覺天氣

最暖？

(24) 西曆1900年二月二十八號，相當於俄曆何日？同年五月二十八號，相當於俄曆何日？

(25) 英美曆書中，所載太陽自日出以至正午，與自正午以至日沒之時間，每不相等，是何故歟？（試觀二月二十號及十一月二十號便知。）

(26) 地球之直徑，如縮小一半，則其平均密度幾何？

(27) 欲求太陽之遠度，必須先知地球之直徑否？

(28) 地球若不自轉，則依水平線發射之子彈，與現時所行之途徑有何差別？

(29) 若地球之直徑縮小，則地面物體之重量有何變易？

(30) 地球繞日運動，何者可使其速度持久？

(31) 恆星月較會合月為短，何故？

(32) 一月之中，月球按日東升否？

(33) 某星期二夜間十一點四十五分時，月球東升，問下星期二月球東升，應在何時？

(34) 月球繞軸自轉，一年內有幾次？

(35) 月牙彎端所指之方向，依何者而定？

(36) 假想有人在月面上觀望地球，亦見其東升西沒否？

(37) 月球不自發光，如何知之？

- (38) 何以知月面無水？
- (39) 用分光器觀察月球，可得何等知識？
- (40) 在何種條件之下，方見月食？
- (41) 晝間有月食否？
- (42) 月無金環食，何故？
- (43) 在上海所見日食與月食之次數，何者為多？
- (44) 月食時月能掩蔽金星否？能掩蔽木星否？
- (45) 何種天體不自發光？
- (46) 行星在何時為晚星？
- (47) 行星之會合週期，大於其恆星週期者，何名？試列舉之。
- (48) 行星與地球相距最近之時候，試就赤經而述其視動。
- (49) 吾人如見某行星與太陽相距 120° ，問此星為內行星，抑為外行星？
- (50) 火星能掠過日面否？
- (51) 當木星現於夜間，則見其衛星掠過表面，問衛星之影，居前乎，抑隨後乎？
- (52) 假如月球之遠度，四倍於今日，求一恆星月之長（用刻卜勒氏第三定律）。

(53) 有一小行星，每八年繞行太陽一週，問此星距太陽幾何？（用刻卜勒第三定律。）

(54) 彗星尾之視長 (Apparent length)，與何種情形攸關？

(55) 隕星與觀測者之距離及其高度，如何測定之？

(56) 何種天體不包含於太陽系之內？

(57) 恆星俱係太陽，如何知之？此種論斷，於意云何？

(58) 用相差法以測某明星之視差，須擇其近傍之小星爲標準，而假定小星遠在明星以外。但有時從實測上證明小星反較明星爲近，問其測法如何，方可證明？

(59) 假定半人馬座 α 之視差爲 $0''.75$ ，且恆以地球公轉之速度，直向太陽而行。問經若干時間，方與太陽相遇？

(60) 假如牽牛(河鼓二)之遠度，十倍於今日，則其光度應列幾等？如千倍於今日，應列幾等？（光度與遠度之平方成反比例。）

第一表 天文常數

恆星日	小時 分 秒 23 56 4.091 太陽平時
太陽平日	小時 分 秒 24 3 56.555 恆星時
恆星時	1.00273791 × 太陽平時
太陽平時	0.99726957 × 恆星時
回歸年(牛谷姆[Newcomb]改算至1900年)	日 小時 分 秒 365 5 48 45.98
恆星年(同上)	365 6 9 9.54
近點年(同上)	365 6 13 53.01
平均朔望月(自新月至新月)	日 小時 分 秒 29 12 44 2.864
恆星月	27 7 43 11.545
回歸月(春分點至春分點)	27 7 43 4.68
近點月(近地點至近地點)	27 13 18 37.44
交點月(交點至交點)	27 5 5 35.81
黃道傾斜角(牛谷姆)	23°27'8.726 - 0.4681(t-1900)
歲差常數(牛谷姆)	50.72564 + 0.000222(t-1900)
章動常數	9.721
光行差常數	20.47
地球赤道半徑	= 6,378,388 呎 = 3963.34 哩
地球兩極半徑	= 6,356,809 呎 = 3949.99 哩
地球橢率	$= \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297}$
地球平均半徑	$= \frac{1}{3}(2a+b) = 6,371,230 呎 = 3958.89 哩$

第二表 星座之
(黃道十二宮以橫線表之，非

赤 緯		+90°至+50°		+50°至+25°		+25°至
赤 經						
小時 I,	小時 II,	王 后	46	公 主 北三角	18 5	雙魚 白羊
III,	IV,	—	—	大 將	40	金牛
V,	VI,	★鹿 豹	36	御 夫	35	獵戶 雙子
VII,	VIII,	—	—	★天 貓	23	小犬 巨蟹
IX,	X,	—	—	★小 獅	15	獅 子
XI,	XII,	大 熊	53	—	—	★后 髮
XIII,	XIV,	—	—	★獵 犬 牧 夫	15 35	—
XV,	XVI,	小 熊	23	北 冕 武 仙	19 65	巨 蛇
XVII,	XVIII,	天 龍	80	天 琴	18	天 琴 天 箭
XIX,	XX,	—	—	天 鵝	67	★狐 狸 海 豚
XXI,	XXII,	國 王	41	★蜥 蜴	13	小 馬
XXIII,	XXIV,	—	—	—	—	飛 馬

位置及星數

托勒密之星座以星號表之•)

+0°	+0° 至 -25°	-25° 至 -50°	-50° 至 -90°
18 17	海 怪 32	鳳 凰 夫 32 ★玉 15	鳳 凰 蛇 見前 長 18
58	波 江 64	波 江 見前	★時 表 11 ★網 器 9
37 28	天 兔 18	★天 鶴 15	★劍 魚 16 ★繪 架 14 ★山 案 12
6 15	大 犬 27 ★麒麟 12	天 舟 133	天 舟(艚) 見前 ★飛 魚 9
47	長 蛇 49 ★六分儀 3	— —	天 舟(桅) —
20	巨 爵 9 烏 鴉 8	半人馬 54	天 舟(龍骨) — ★堰 艇 13
—	室 女 39	豺 狼 34	半人馬 見前 ★南十字 13 ★蒼 蠅 15
23	天 秤 23	★矩 尺 14	★步 弓 10
37 5	天 蝎 34 持蛇夫 46	★天 壇 15	★南三角 11 ★天 燕 15
23 10	弓 手 38	南 冕 7	★遠孔 16 ★南 雀 37 ★南 極 22
5	山 羊 22	南 魚 16	★印第安 15 ★南 極 見前
43	水 夫 25	★天 鶴 30	★杜 鵑 22 ★南 極 見前

第三表 太陽系之

名 稱		符號	軌道半長徑 (天文單位)	與太陽之 平均距離 (百萬公 里)	恆星週期 (太陽平日)	週期年數
屬地行星	水星	♁	0.387099	57.85	87.96926	0.24
	金星	♀	0.723331	108.10	224.7008	0.62
	地球	♁	1.00000	149.45	365.2564	1.00
	火星	♂	1.523688	227.72	686.9797	1.88
	穀神星	♁	2.767303	413.58	1681.449	4.60
	愛神星	(133)	1.458296	217.94	643.230	1.76
遠大行星	木星	♃	5.202803	777.6	4332.588	11.86
	土星	♄	9.538843	1425.6	10759.201	29.46
	天王星	♅	19.190978	2868.1	30685.93	84.02
	海王星	♆	30.070672	4194.1	60187.64	164.78

名 稱		符號	視直徑	平均直徑		質 量	
				公 里	♁ = 1	☉ = 1	♁ = 1
	太陽	☉	31'59''(平均)	139,600	109.1	1.000	331,950
	月球	☾	31'05''(平均)	3476	0.273	$\frac{1}{27.7000}$	$\frac{1}{81.56}$
屬地行星	水星	♁	4.7''至12.''9	5000	0.39	$\frac{1}{8.0000}$	0.04
	金星	♀	9.9''至64.''40	12400	0.973	$\frac{1}{410000}$	0.81
	地球	♁	——	12742	1.000	$\frac{1}{331950}$	1.000
	火星	♂	3.5''至25.''1	6770	0.531	$\frac{1}{30850.0}$	0.108
	穀神星	♁	0.''27至0.''69	770	0.000	$\frac{1}{2.5 \times 10^9 ?}$	$\frac{1}{8000 ?}$
遠大行星	木星	♃	30.''5至49.''8	139560	10.95	$\frac{1}{1047.40}$	316.94
	土星	♄	14.''7至20.''5	115100	9.02	$\frac{1}{3499}$	94.9
	天王星	♅	3.''4至4.''2	51000	4.00	$\frac{1}{22650}$	14.06
	海王星	♆	2.''2至2.''4	50000	3.92	$\frac{1}{19350}$	17.16

要素(西曆1920年)

公轉速度 (每秒公里爲單位)	軌道偏心率	對於黃道之傾斜角	升交點之黃經	近日點之黃經
47.83	.20562	7° 00' 12''	47° 22' 59''	76° 12' 39'
34.99	.061	3 23 38	75 57 35	130 26 44
29.76	.01674	0 00 0)	— — —	101 33 53
24.11	.09333	1 51 01	48 56 25	334 35 12
17.89	.07653	10 36 56	80 45 39	149 26 12
24.64	.22297	10 49 4)	303 35 0	121 25 32
13.05	.04837	1 18 28	99 38 24	13 02 01
9.64	.05582	2 29 29	122 57 29	91 28 10
6.80	.04710	0 46 22	73 35 27	169 22 07
5.43	.00855	1 46 38	130 53 56	43 55 50

體積	平均密度		自轉週期	赤道與軌道之傾斜	橢率	表面重力
	⊕=1	水=1				
1,500,000	0.256	1.41	24.日65(赤道上)	7°10.5'	0.0000	27.89
0.0203	0.004	3.33	27日7時13分11.秒5	(對於黃道) 6°40.7'	0.0006	0.165
0.06	0.70	3.8	88.0 日	————	0.00	0.27
0.92	0.88	4.86	————	————	0.00	0.85
1,000	1,000	5.52	23時56分 4.秒09	23°26'59''	$\frac{1}{296}$	1.00
0.150	0.72	3.96	24 37 22. 58	25°10'	$\frac{1}{192}$	0.38
0.0002	0.6?	3.3?	————	————	————	0.037?
1212	0.242	1.34	9時50分至9時55分	3° 6.9	$\frac{1}{15.4}$	2.64
734	0.13	0.71	10時14分至10時38.分5	26°44.7	$\frac{1}{9.5}$	1.17
64	0.23	1.27	10. 時 7	98° 0	$\frac{1}{14}$	0.92
60	0.29	2.58	15. 時 ?	151°	$\frac{1}{40}$	1.12

第四表

行	衛星名稱	發現人名及年份	與本行星距離 (公里數)
☾	月球	——	384,403
♃	1. 戰神身子(Phobos)	荷爾(Hall) 1877	9,380
	2. 戰神次子(Deimos)	荷爾 1877	23,400
♄	1. 江中女神(Io)	伽利略(Galileo) 1610	421,300
	2. 啡王公主(Europa)	伽利略 1610	671,500
	3. 牧童(Ganymede)	伽利略 1610	1,069,300
	4. 仙婢(Callisto)	伽利略 1610	1,881,000
	5. 無名	巴那德(Barnard) 1892	181,200
	6. 無名	拍爾林(Perrine) 1905	11,450,000
	7. 無名	拍爾林 1905	11,730,000
	8. 無名	梅洛脫(Melotte) 1905	23,500,000
	9. 無名	尼科爾遜(Nicholson) 1914	24,100,000
♅	1. 電鬼(Mimas)	赫塞爾(Herschel) 1789	185,700
	2. 巨神(Enceladus)	赫塞爾 1789	237,900
	3. 水神(Tethys)	喀西尼(Cassini) 1684	294,500
	4. 山神(Dione)	喀西尼 1684	377,200
	5. 天女(Rhea)	喀西尼 1672	526,700
	6. 日神(Titan)	海互斯(Huyghens) 1655	1,220,000
	7. 太陽公子(Hyperion)	逢德(Bond) 1848	1,480,000
	8. 天子(Iapetus)	喀西尼 1671	3,558,000
	9. 月神(Phoebe)	畢克登(Pickering) 1898	12,930,000
♆	1. 神師(Ariel)	拉塞爾(Lassell) 1851	191,700
	2. 妖怪(Umbriel)	拉塞爾 1851	267,000
	3. 仙后(Titania)	赫塞爾 1787	438,000
	4. 仙王(Oberon)	赫塞爾 1787	586,000
♁	無名	拉塞爾 1846	333,700

衛星

恆 星 週 期			對 於 黃 道 之 傾 斜 角			直 徑 (公 里 數)
27 日 7 小 時 43 分 11.5 秒			5°	08'	33''	3476
7	39	13,851	25°	19.6		15?
1	6	17 54.9	24	14.7		8?
1	18	27 33.51	3°	6.7		373)
3	13	13 42.0	3	5.8		3150
7	3	42 33.35	3	2.3		5150
16	16	32 11.21	2	42.7		5180
	11	57 22.70	3	6.9		160?
250.68			28	45	(1900)	130?
260.06			27	58	(1900)	40?
738.9			148	4	(1910)	25?
745.0			156		(1914)	25?
	22	37 5.25	26°	44.7		650?
1	8	53 6.82	26	44.7		800?
1	21	18 26.14	26	44.7		1300?
2	17	41 9.53	26	44.7		1200?
4	12	25 12.23	26	41.9		1750?
15	22	41 26.82	26	7.1		4200?
21	6	38 24.0	26	0.0		500?
79	7	56 24.4	16	18.1		1800?
550.44			174.°7			250?
2	12	29 20.8	97°	59'		900?
4	3	27 36.7	97	59		700?
8	16	56 26.7	97	59		1700?
13	11	7 3.5	97	59		1500?
5	21	2 38.1	139°	49'	(1900)	5000?

第五表 主

號 數	名 稱	位 置 (19 0 年)	
		赤 經	赤 緯
1	公主座 R	0 時 18.8 分	+38° 01'
2	海怪座 O	2 14.3	- 3 26
3	大將座 ρ	2 58.7	+38 27
4	大將座 β	3 1.6	+40 34
5	金牛座 λ	3 55.1	+12 12
6	御夫座 ε	4 54.8	+43 41
7	獵戶座 α	5 49.7	+ 7 23
8	雙子座 η	6 8.8	+22 32
9	雙子座 ζ	6 58.2	+20 43
10	大犬座 R	7 14.9	-16 12
11	獅子座 R	9 42.2	+11 54
12	長蛇座 U	10 32.6	-12 52
13	長蛇座 R	13 24.2	-22 46
14	天琴座 δ	14 55.6	- 8 7
15	北冕座 R	15 44.4	+28 28
16	巨蛇座 R	15 46.1	+15 26
17	武仙座 α	17 10.1	+14 30
18	持蛇夫座 U	17 11.5	+ 1 19
19	弓手座 X	17 41.3	-27 48
20	弓手座 W	17 58.6	-29 35
21	玉夫座 R	18 42.1	- 5 49
22	天琴座 β	18 46.4	+33 15
23	天鵝座 χ	19 46.7	+32 40
24	天鷹座 η	19 47.4	+ 0 45
25	天箭座 S	19 51.4	+16 22
26	狐狸座 T	20 47.2	+27 52
27	國王座 T	21 8.2	+68 5
28	國王座 μ	21 40.4	+58 19
29	國王座 δ	22 25.4	+57 54
30	飛馬座 β	22 58.9	+27 32
31	王后座 R	23 53.3	+50 50

要變光星

變光範圍 (等級)	週期 (日數)	附註
5.6 至 13	410.7	
1.7 至 9.5	331.6	此星週期有變化
3.4 至 4.2	33 ?	
2.3 至 3.5	2日20時48分55.秒43	此星週期今已變短
3.4 至 4.2	3日22時52分12.秒	
3 至 4.5	無定	此星屬第六類變光星
0.7 至 1.5	無定	
3.2 至 4.2	231.4	
3.7 至 4.5	10日 3時41分30.秒6	
5.9 至 6.7	1日 3時15分46.秒	此星屬第六類變光星
5.2 至 10	312.8	
4.5 至 6.3	194.65	
3.5 至 5.5	425.15	此星週期變短
5.0 至 6.2	2日 7時51分22.秒8	此星屬第六類變光星
5.8 至 13	無定	
5.6 至 13	357.0	
3.1 至 3.9	二三月	此星週期頗不一定
6.0 至 6.7	20時 7分42.秒56	
4 至 6	7日 0時17分57.秒	
5 至 6.5	7日14時16分13.秒	
4.7 至 9	71.10	
3.4 至 4.5	12日21時47分23.秒72	週期中點為第二最弱點
4.0 至 13.5	436.045	此星週期變長
3.5 至 4.7	7日 4時11分59.秒	
5.6 至 6.4	8日 9時11分48.秒5	
5.5 至 6.5	4日10小時27分50.秒4	
5.6 至 9.9	387	
4 至 5	430 ?	
3.7 至 4.9	5日 8時47分39.秒3	
2.2 至 2.7	無定	
4.8 至 12	429.5	

第六表 恆星之正動及

號 數	名 稱	等 級
1	半人馬座 α	0.7
2	拉卡厄 21158 號 (Lacaille 21158)	7.5
3	天鵝座 61 號	6.1
4	天狼	-1.4
5	天龍座 ν'	4.9
6	C.Z., V., 243	8.5
7	南河三	0.7
8	古隆比烈日三十四號 (Groombridge 34)	7.9
9	拉卡厄 9352 號	7.1
10	印第安座 ϵ	4.8
11	阿革與渥爾二氏 (Arg.-Oeltzen) 17415 號	9.0
12	拉卡厄 21258	8.5
13	天鵝座 α	1.0
14	大熊座十號	4.2
15	公主座 η	3.8
16	阿革與渥爾二氏 10603 號	7.0
17	波江座 e	4.4
18	天琴座 α	0.4
19	古隆比烈日一千八百三十號	6.6
20	極星	2.1

視差

正 動	歲週視差	距離(光年)
3.67	0.76	4.3
4.75	0.47	6.9
5.16	0.41	8.0
1.31	0.38	8.6
0.16	0.32	10.2
8.70	0.32?	10.2
1.25	0.31	10.5
2.80	0.30	10.9
7.00	0.29	11.1
4.68	0.28	11.6
1.27	0.25	13.1
4.40	0.24	13.6
0.65	0.24	13.6
0.50	0.20	16.3
1.20	0.19	17.2
1.43	0.18	18.1
3.03	0.16	20.4
0.36	0.15	21.7
7.05	0.15?	21.7
0.045	0.074	44 ±

第七表 西星

西名	譯名	中名	西名
Achernar	波江座 α	水委一	Canopus
Albireo	天鵝座 β	輦道增七	Capella
Alcyone	金牛座 η	昴宿六	Castor
Aldebaran	金牛座 α	畢宿五	Celæno
Alderamin	國王座 α	天鈎五	Dabih Major
Algenib	飛馬座 γ	壁宿一	Dabih Minor
Algol	大將座 β	大陵五	Deneb
Alhena	雙子座 γ	井宿三	Deneb Algedi
Alioth	大熊座 ϵ	玉衡(北斗五)	Denebola
Alkaid	大熊座 η	搖光(北斗七)	Dubhe
Almak	公主座 γ	天大將軍一	Electra
Alphard	長蛇座 α	星宿一	Fomalhaut
Alpheratz	公主座 α	壁宿二	Iclarkrau
Altair	天鷹座 α	河鼓二	Kaus Australis
Ancha	水夫座 θ	泣二	Kaus Borealis
Antares	天蠍座 α	心宿二	Kaus Media
Arcturus	牧夫座 α	大角	Kochab
Asellus Austrinus	巨蟹座 δ	鬼宿四	Maia
Asellus Boreus	巨蟹座 γ	鬼宿三	Markab
Ast rope	金牛座 21 號	昴宿三	Mebstuta
Atlas	金牛座 27 號	昴宿七	Menkar
Bellatrix	獵戶座 γ	參宿五	Merope
Benetnasch	即大熊座 η	搖光(北斗七)	Mintaka
Bet-geuze	獵戶座 α	參宿四	Mira

專名一覽

譯名	中名	西名	譯名	中名
天舟座 α	老人	Mirach	公主座 β	奎宿九
御夫座 α	五車二	Mirfac	大將座 α	天船三
雙子座 α	北河二	Mizar	大熊座 ζ	開陽(北斗六)
金牛座 16號	昴宿增六	Nashira	山羊座 γ	壘壁陣三
山羊座 β	牛宿一	Nushaba	弓手座 γ	箕宿一
山羊座 16號	牛宿增十二	Pleione	金牛座 28號	昴宿增十二
天鶴座 α	天津四	Polaris	北極星	今爲勾陳一
山羊座 δ	壘壁陣四	Pollux	雙子座 β	北河三
獅子座 β	五帝座一	Præsep	巨蟹座 早團	積尸
大熊座 α	天樞(北斗一)	Prima Giedi	山羊座 α^1	牛宿增六
金牛座 17號	昴宿一	Procyon	小犬座 α	南河三
南魚座 α	北落師門	Regulus	獅子座 α	軒轅十四
天蠍座 δ	房宿三	Rigel	獵戶座 β	參宿七
弓手座 ϵ	箕宿三	Scheat	飛馬座 β	室宿二
弓手座 λ	斗宿二	Secunda Giedi	山羊座 α^2	牛宿二
弓手座 δ	箕宿二	Sirius	大犬座 α	天狼
小熊座 β	帝(北極二)	Situla	水夫座 κ	虛梁三
金牛座 20號	昴宿四	Spica	室女座 α	角宿一
飛馬座 α	室宿一	Taygeta	金牛座 η	昴宿二
雙子座 ϵ	井宿五	Vega	天琴座 α	織女一
海怪座 α	天囷一	Vindemiatrix	室女座 ϵ	東次將
金牛座 23號	昴宿五	Wa at	雙子座 δ	天鱗二
獵戶座 δ	參宿三	Zavijava	室女座 β	右執法
海怪座 \circ	天囷十三	Zubenelgenubi	天平座 α	氐宿一

希臘字母

字母	名稱	字母	名稱	字母	名稱
A, α	Alpha.	I, ι	Iota.	P, ρ, δ	Rho.
B, β	Beta.	K, κ	Kappa.	$\Sigma, \sigma, \varsigma$	Sigma.
Γ, γ	Gamma.	Λ, λ	Lambda.	T, τ	Tau.
Δ, δ	Delta.	M, μ	Mu.	Υ, υ	Upsilon.
E, ϵ	Epsilon.	N, ν	Nu.	Φ, ϕ	Phi.
Z, ζ	Zeta.	Ξ, ξ	Xi.	χ, χ	Chi.
H, η	Eta.	O, \omicron	Omicron.	Ψ, ψ	Psi.
$\Theta, \theta, \vartheta$	Theta.	$\Pi, \pi, \bar{\omega}$	Pi.	Ω, ω	Omega.

各種符號

\sphericalangle	合	A. R.	或 α	赤經
\square	弦	Decl.	或 δ	赤緯
\circlearrowright	衝	λ		黃經
Ω	升交點	β		黃緯
\cup	降交點	ϕ		地面緯度
ω	{ 交點線與遠近地線所成之角 { 一作黃道傾斜角			

天文學名詞索引

西名	譯名	節數
Aberration of light	光行差	25,74,323
Absolute magnitude	絕對等級	329
Absolute method	絕對法	326,329
Absorption spectrum	吸收景	111
Achilles	勇士星	175
Achromatic telescope	消色遠鏡	291
Albedo	反射率	158
Aleyone	昴宿六	32
Aldebaran	金牛座 α	32
Algol	大將座 β	251
Almucantars	地平緯線	8
Alphard	長蛇座 α	39
Alpheratz	公主座 α	28
Altair	天鷹座 α	48
Altitude	地平緯度	8
American Ephemeris	美國天文叢書	196
Andromeda	公主星座	18,28
Andromedes	公主座流星羣	232
Angular displacement	角變位	323
Annual aberration	歲週光行差	323
Annual parallax	歲週視差	91
Annular eclipses	環食	132
Annular nebula	環狀星雲	271
Anomalistic year	近點年	94
Anser	天鵝星座	18,47
Antares	天鵝座 α	44
Antlia	抽水機星座	18,43
Apex of the sun's way	太陽進路之絕頂	241
Aphelion	遠日點	78
Apparent distance	視距	262
Apparent diurnal rotation	日週視轉	9
Apparent motion	視動	74,239

西名	譯名	節數
Apparent noon	視正午	286
Apparent place	視立	6
Apparent revolution	視轉	1
Apparent solar time	視太陽時	58
Apparent velocity	視速	223
Aquarius	水夫星座	18,52
Aquila	天鷹星座	18,48
Ara	天寶星座	18,44
Arcturus	牧夫座 α	41,239
Argelander's durckmusterung	阿華蘭得星錄	237
Argo Navis	天舟星座	18,37
Ariel	神師星	194
Aries	白羊星座	18,30
Ascending node	升交點	90
Aselli	二驢	37
Asteroids	小行星	139,174-177
Astraea	義神星	174
Astronomical clock	天文鐘	301
Astronomical day	天文日	60
Astronomical unit	天文單位	140
Astronomy	天文學	1
Auriga	御夫星座	18,31
Aurora	極光	108
Autumnal equinox	秋分點	15
Azimuth	地平經度	8
Bearings	軸承	285
Bellatrix	獵戶座 γ	33
Betelgeuze	獵戶座 α	33
Biela's comet	俾拉彗星	210
Biellids(即 Andromedes)		
Binary star	聯星	264,265
Bode's law	波得定律	141
Bootes	牧夫星座	18,41
Bright-line spectrum	輝綫景	111
Bruce photographic telescope	布魯斯攝影遠鏡	238
Calendar	曆法	85
Camelopardalis	鹿豹星座	18,25
Cancer	巨蟹星座	18,37

西名	譯名	節數
Canes Venetici	獵犬星座	18,41
Canis Major	大犬星座	18,36
Canis Minor	小犬星座	18,36
Canopus	天舟座 α	87
Capricornus	山羊星座	18,49
Capture theory	羈留說	270
Cardinal points	方位主點	12
Carina	龍骨	37
Cassiopeia	王后星座	9,18,24
Castor	雙子座 α	35
Celestial equator	天球赤道	11
Celestial globe	天球儀	19,235
Celestial latitude	黃緯	15
Celestial longitude	黃經	15
Celestial meridian	天球子午線	8
Celestial sphere	天球	5
Centaurus	牛人馬星座	18,43
Central eclipse	中心食	132
Central sun	中心太陽	32,278
Cepheus	國王星座	18,24
Ceres	穀神星	174
Cetus	海怪星座	18,30
Chromatic aberration	色收差	291
Chromosphere	色輪	115,118
Chronograph	紀時儀	301
Chronometer	時辰儀	63,301
Circle of perpetual apparition	永照圓	27,57
Circle of perpetual occultation	永隱圓	57
Circumpolar constellations	極圈星座	9,22
Civil	俗用日	60
Clusters	星團	21,270
Coggia's comet	科甲彗星	216
Collimeter	進光筒	110
Columba	天鵲星座	18,34
Coma	首	208
Coma Berenices	后髮星座	18,40
Comet	彗星	2,200
Comet group	彗星羣	220

西名	譯名	節數
Comparison prism	比較三稜鏡	114
Conjunction	合	88,146
Constant of aberration	光行差常數	323
Constant of light equation	光差常數	321
Constellations	星座	4
Continuous spectrum	連續光	111
Corona	日冕	121
Corona Borealis	北冕星座	18,42
Coronium	氫	122
Corvus	烏鴉星座	18,39
Cosmogony	宇宙開闢論	279
Counter glow	對光	179
Crater	穹形口	100
Crater	巨爵星座	18,39
Crescent moon	彎月	96
Cygnus	天鵝星座	18,47
Dark star	暗星	247
Dark strip	暗線	216
Declination	赤緯	1 ¹
Declination axis	赤緯軸	298
Declination circle	赤緯圓	298
Deimos	戰神次子星	172
Delphinus	海豚星座	18,50
Denebola	獅子座 β	38
Descending node	降交點	90
Designation	名稱	22
Diffraction	迴折	293
Differential method	相差法	326,328
Dione	山神星	192
Direct motion	順行	145
Diurnal aberration	日週光行差	323
Diurnal circle	週圓	9,55
Diurnal libration	日週天平動	95
Diurnal parallax	日週視差	91
Donati's comet	多那提彗星	200
Doppler's principle	杜柏勒原理	117
Double equatorial	雙赤道直線	298
Double nebula	對偶星雲	271

西名	譯名	節數
Double star	雙星	23, 262
Dowes's holes	多氏深穴	106
Draco	天龍星座	18, 25
Dumb-bell nebula	啞鈴星雲	47
Eccentricity	偏心率	155
Eclipse month	食月	136
Eclipses	食	127
Eclipse theory	星食學說	256
Eclipse year	食年	136
Ecliptic	黃道	13, 15
Ellipticity	橢率	71
Elongation	離角	88, 146
Enceladus	巨神星	第四表
Encke's comet	恩刻彗星	201
Envelopes	包被	208
Equation of light	光差	321
Equation of synodic motion	朔望運動之公式	89
Equation of time	時差	59
Equatorial	赤道儀	298
Equinoctial (即 Celestial equator)		
Eq. inoetial colour	二分圈	75
Equinoxes	二分點	75
Equuleus	小馬星座	18, 50
Erdaus	波江星座	18, 34
Eros	愛神星	177
Eruptive prominences	爆發日珥	120
Evening star	晚星	148
Eye-piece	目鏡	104
Faculae	白紋	105, 146
Family of comets	彗星族	206
Fictitious sun	虛構之太陽	317
Filaments	細線	105
First of aries (即 Vernal equinox)		
Formalhaut	水夫座 α	52
Foucault's pendulum	佛科氏擺	70
Fraunhofer lines	夫牢因和斐線	111
Full moon	滿月	88, 96
Galactic plane	銀河面	275

西名	譯名	節數
Galaxy	銀河	26,275
Gemini... ..	雙子星座	18,35
Geocentric parallax... ..	地心視差	91
Gibbous moon	凸月	96
Granules	米粒	105
Grating	迴折格子	110
Great dipper	北斗七星	9
Great nebula	大星雲	28
Great red spot... ..	大紅斑	185
Great square	大正方	28,51
Green nebula	綠色星雲	52
Greenwich time	格林時	63
Gregorian calendar	格氏曆法	87
Grus... ..	天鵝星座	18,52
Guardians of the pole	護極星	28
Gyroscope	陀螺儀	80
Half moon... ..	半月	96
Halley's comet	赫列彗星	201,221
Harmonic law	調和定律	142
Heavenly bodies	天體	1,2
Hector	暴徒星	175
Heliocentric parallax	日心視差	91
Heliometer... ..	日儀	328
Hercules	武仙星座	18,46
High water	滿潮	138
Holmes's comet	和謨茲彗星	209
Horizon	地平面	7
Horizontal parallax... ..	地平視差	91
Hour-angle... ..	時角	12,317
Hour-circle... ..	時圈	11
Hour-index... ..	時標	285
Hung ria	匈牙利星	175
Hyades... ..	牛面星團	82
Hydra	長蛇星座	18,39
Hyperion	太陽公子星	153
Iapetus... ..	天子星	192
Inferiors conjunction	下合	146
Inferior planet	內行星	146

西名	譯名	節數
Intra-mercurian planets	水星軌道內之行星	178
Jets	噴霧	206
Julian calendar	朱氏曆法	86
Juno	婚神星	174
Jupiter	木星	180-187
Kepler's law	刻卜勒氏三大定律	142
Lacerta	蜥蜴星座	18,50
Lags	尾潮	138
Latitude	緯度	53,54,319,320
Law of analogy	類同律	69
Leap year	閏年	86
Leo	獅子星座	18,38
Leo minor	小獅星座	18,38
Leonids	獅子座流星羣	232
Lepus	天兔星座	18,34
Lexell-brooks comet	雷布赫星	201
Libra	天秤星座	18,42
Libration	天平動	95
Libration in latitude	緯天平動	95
Libration in longitude	經天平動	95
Light equation	光差	321
Light ratio	光比	244
Light year	光年	36,243
Line of apsides	遠近線	78
Line of nodes	交點線	90,20)
Local time	地方時	64
Longitude	經度	62,320
Low water	落潮	138
Lunar eclipse	月食	127
Lunar time	太陰時	317
Lupus	豺狼星座	18,43
Lynx	天貓星座	18,35
Lyra	天琴星座	18,46
Lyrids	天琴座流星羣	232
Magnifying power	倍率	289
Magnitudes	等級	21
Major planets	遠大行星	139
Malus	桅	87

西名	譯名	節數
Manger	飼槽	37
Markab	飛馬座 α	51
Mars	火星	166--173
Mean solar day	太陽平日	59
Mean solar time	太陽平時	59
Mercury	水星	155--160
Meridian	子午線	8
Meridian circle	子午儀	54, 302
Meteor	隕星	223
Meteoritic iron	隕鐵	119, 224
Meteoritic showers	流星羣	232--235
Meteorite	隕石	223
Meteoritic hypothesis	流星假說	282
Micrometer	測微器	299
Microscopium	顯微鏡星座	18, 52
Midnight sun	午夜太陽	80
Milky way (即 galaxy)		
Mimas	電鬼星	第四表
Mira ceti	海怪座 θ	252
Miza	大熊座 ζ	10
Monoceros	麒麟星座	18, 36
Morning star	晨星	148
Multiple star	聚星	262, 269
Musca Borealis	北蠅星座	80
Nadir	天底	7
Neap tides	小潮	138
Nebula	星雲	2, 271
Nebula hypothesis	星雲假說	281
Nebulous stars	星雲的恆星	271
Negative eyepiece	負目鏡	294
Neptune	海王星	195--199
New moon	新月	88, 96
Nodes	交點	90
Norma	矩尺星座	18, 44
North galactic pole	銀河北極	274
Norva aquila	天鷹座中之新星	251
Norva persei	大將座中之新星	251
Nucleus	核	208

西名	譯名	節數
Nutation	章動	82
Oberon	仙王星	194
Object-glass	物鏡	104
Oblateness (見 ellipticity)		
Oblique sphere	傾斜球	57
Obliquity of the ecliptic	黃道傾斜角	75
Opera glass	雙眼千里鏡	287
Ophiuchus	持蛇夫星座	18,45
Opposition	衝	88,146
Orion	獵戶星座	18,33
Pallas	智神星	143,174
Parallax	視差	74,91
Parallels of declination	赤緯線	11
Parallel sphere	平行球	56
Parsec	秒差	243
Partial eclipse	偏食	129
Patroclus	勇友星	175
Pegasus	飛馬星座	18,51
Penumbra	半影	106
Perihelion	近日點	78
Periodic comets	週期彗星	205
Persoids	大將座流星雲	232
Persens	大將星座	18,31
Perturbations	攝動	90
Phaet	天鵝座 α	34
Phases	位相	96
Phobos	戰神星	172
Phoebe	月神星	第四表
Phoenix	鳳凰星座	18,30
Photosphere	光輪	105
Pisces	雙魚星座	18,29
Piscis Australis	南魚星座	18,52
Planetary nebula	行星的星雲	271
Planetesimal hypothesis	微星假說	283
Planetesimals	微星	283
Planets	行星	2,130 - 154
Pleiades	七姊妹星雲	18,32
Pluto	冥王星	199

	西名	譯名	節數
Pointers	… … … … …	指極星	9
Polar axis	… … … … …	極軸	298
Polar distance	… … … … …	極距	12
Polaris (見 Pole star)			
Poles	… … … … …	兩極	10
Poles of the ecliptic	… … … … …	黃極	25,75
Pole star	… … … … …	極星	9
Pollux	… … … … …	雙子座 β	35
Positive eyepiece	… … … … …	正目鏡	294
Præsepe	… … … … …	積尸	37
Precession	… … … … …	歲差	14
Precession of the equinoxes	… … … … …	分點歲差	82,309
Prime	… … … … …	初潮	138
Prime vertical	… … … … …	卯酉線	8
Procyon	… … … … …	小犬座 α	36
Prominences	… … … … …	日珥	109,119
Proper motion	… … … … …	正動	239
Puppis	… … … … …	船	37
Quadrature	… … … … …	弦	88,146
Quadruple star	… … … … …	四合星	46,269
Quiescent prominences	… … … … …	寧靜日珥	120
Radiant	… … … … …	射源	232
Radius vector	… … … … …	向量半徑	78,79
Real motion	… … … … …	真動	241
Reflecting telescope	… … … … …	反射遠鏡	287
Refracting telescope	… … … … …	屈折遠鏡	287
Regulus	… … … … …	獅子座 α	88
Relative motion	… … … … …	相對運動	263
Rectil	… … … … …	小網	295
Retrograde motion	… … … … …	逆行	145
Reversing layer	… … … … …	煙輪	116
Revolution	… … … … …	公轉	77
Rhea	… … … … …	天女星	192
Rice grains	… … … … …	米粒	105
Rigel	… … … … …	獵戶座 β	33
Right Ascension	… … … … …	赤經	14
Right Ascension circle	… … … … …	赤經圓	298
Right sphere	… … … … …	垂直球	55

西名	譯名	節數
Ring nebula	環狀星雲	271
Rings	光環	188,191
Rordame's comet	陸達美彗星	222
Rotation	自轉	69,103
Rotation period... ..	自轉週期	169
Sagitta	天箭星座	18,48
Sagittarius	弓手星座	18,49
Satellites	衛星	2,153
Saturn	土星	188-192
Scorpio... ..	天蠍星座	18,44
Sculptor	玉夫星座	18,30
Serpens... ..	巨蛇星座	18,45
Sextant... ..	六分儀星座	18,38
Sextant... ..	六分儀	303
Sheath of the comet	彗鞘	220
Shooting-star	流星	2,228-231
Sidereal clock	恆星鐘	61
Sidereal day	恆星日	61
Sidereal heavens	恆星羅列之天	275
Sidereal month	恆星月	89
Sidereal noon	恆星午	61
Sidereal period	恆星週期	151
Sidereal time	恆星時	61
Sidereal year	恆星年	61,84
Signs of the zodiac... ..	黃道十二宮	29,76
Sirius	大犬座 α	36
Solar eclipse	日食	131
Solar parallax	太陽視差	325
Solar system	太陽系	2
Solstices	二至點	75
Solstitial colure... ..	二至圈	75
Spectroscope	分光器	109
Spectroscopic binaries	分光器的聯星	268
Spectroscopic method	分光法	326,329
Spectrum	分光景	46
Speculum	鏡筒	293
Spherical aberration... ..	球面收差	291
Spica	室女座 α	40

西名	譯名	節數
Spots	黑點	103,107
Spring nebula	螺旋星雲	271
Spring tides	大潮	138
Spurious disk	虛圓面	293
Standard time	標準時	64
Star catalogues	恆星錄	237
Star map	恆星圖	17
Stars	恆星	2,236
Stellar parallax	恆星視差	326
Summer solstice	夏至點	75
Sundial	日晷	58
Sun spots (見 spots)		
Superficial gravity	表面重力	93
Superior conjunction	上合	146
Superior planets	外行星	146
Swift's comet	斯耐夫特彗星	222
Synodic month	朔望月	89
Synodic motion	會合運動	148
Synodic period	會合週期	147
Syzygy	朔望	88
Tail	尾	208
Taurus	金牛星座	18,32
Taurus Poniatovii	小牛星座	18,45
Telescopic power	遠鏡視力	244
Telescopium	遠鏡星座	18,52
Telluric lines	地上線	116
Tempel's comet	滕配爾彗星	204
Temporary stars	暫星	24,31
Terminator	明暗線	96
Terrestrial planets	屬地行星	189
Tethys	水神星	192
Thatch straws	茅草	105
Thuban	天龍座 α	25
Thule	北地星	174
Tidal theory	潮流學說	231
Tides	潮汐	137
Titan	日神星	192
Titania	仙后星	194

西名	譯名	節數
Total eclipses	全食	129,132
Transit... ..	過渡	160
Transit instrument	轉鏡儀	300
Triangulum... ..	北三角星座	18,29
Trifid nebula	三裂星雲	271
Triple star	三連星	23,269
Tropical year	回歸年	84
Tropics... ..	回歸線	75
Twilight	薄明	318
Twins	雙子星	186
Tycho's star	泰占星	250
Ultra-neptunian planets	海王星軌道外之行星	199
Umbra	本影	106
Umbriel	妖怪星	194
Uraninite	青礮石	119
Uranography	恆星圖說	17
Uranus	天王星	193-194
Ursa Major... ..	大熊星座	9,18,23
Ursa Minor	小熊星座	18,23
Vanishing point	合點	232
Variable star	變光星	21,247-257
Vega	天琴座 α	44
Vela	帆	37
Venus	金星	161-165
Vernal equinox	春分點	13
Vertical circles	地平經線	8
Vesta	竈神星	174
Virgo	室女星座	18,40
Visitor... ..	賓	205
Vulcan	火神星	178
Vulpecula	狐狸星座	18,47
Willow leaves	柳葉	105
Winter solstice	冬至點	75
Zenith	天頂	7
Zenith distance	天頂距離	8
Zodiac	黃道帶	76
Zodiacal circles	黃道圈	285
Zodiacal light	黃道光	179

	西名	譯名	節數
Zodiacal signs	… … … … …	黃道十二宮	29



¥3500