

自然科學小叢書

天文家名人傳

上冊

R. BALL 著

陳遵媯 譯

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

天文家名人傳

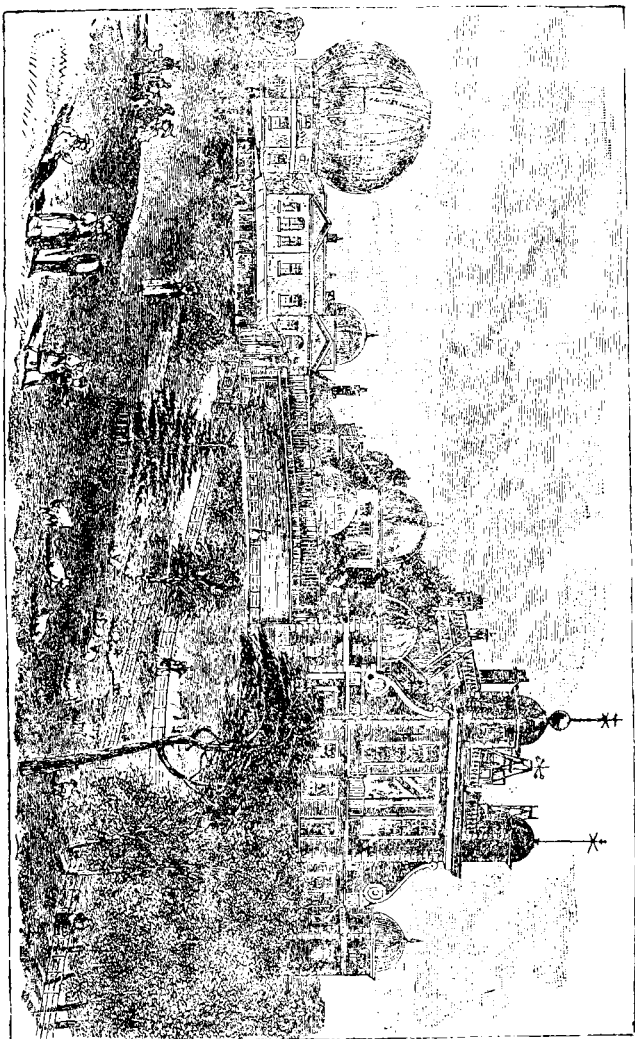
上 册

R. Ball 著

陳遵媯 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行



第一圖 格林維基天文臺

譯者序

近世科學邁進，百度維新；說者輒引以自豪，以爲迥非昔人所得企望其項背。然後人之成功，未有不建於前人基礎之上，專矜己長，抹殺前功，是飲水而不思源，數典而忘其祖。是以今日世界天文研究之進步，吾人不當徒炫於二百英寸遠鏡之鴻圖，與夫以宇宙星辰爲理化實驗室之偉業。要知推步授時之精確，觀測儀器之改良，非一蹴而幾，皆歷代天文學者嘔心殫思之結晶。茲譯是篇，旣所以揄揚先進，激勵來茲，而天文上之學說推算儀器觀測遞嬗蛻變之迹，於是亦可窺其一斑。

原著者對於茲篇之作，其目的在使讀者詳知天文家之性格及其遭遇；又於可能範圍之內，對於各天文家得以成名之重要發見，力求加以明顯之說明。惜乎著者國家界限之觀念頗深，其於英人，特加頌揚，跨大其辭；譯者多予省略，讀者幸其諒之。茲書之譯，受余友張君鈺哲之助頗多，特此鳴謝。是爲序。

民國二四年三月一日，譯者識於南京。

目錄

引言	一
多祿某	六
哥白尼	二五
第谷	三七
加里尼	五九
刻白爾	八六
奈端	一〇五
佛蘭斯替德	一三四
哈雷	一四八

布拉得列	一七一
威廉候失勒	一八二
拉伯拉斯	一九九
白林克雷	二一一
約翰候失勒	二二五
羅斯	二四七
愛勒	二六二
漢密爾敦	二七六
勒威耶	三〇五
亞當斯	三二〇

圖表

(1) 格林維基天文臺	卷首插圖
(2) 多祿某	七
(3) 多祿某行星系統	二〇
(4) 多祿某火星運行學說	二一
(5) 古代之蘇恩城	二六
(6) 哥白尼	二八
(7) 古代之富恩堡地方	三二
(8) 哥白尼行星運行解說	三四
(9) 第谷	三九

- (10) 第谷十字儀……………四二
- (11) 公元一五七二年之第谷新星六分儀……………四三
- (12) 第谷三角六分儀……………四四
- (13) 第谷天文六分儀……………四五
- (14) 第谷赤道渾天儀……………四六
- (15) 奧斯堡城之大象限儀……………四七
- (16) 公元一五七七年第谷之地球系新組織……………四八
- (17) 天堡及其地面……………四九
- (18) 天堡天文臺平面圖……………五〇
- (19) 頁嬰島之天堡天文臺……………五一
- (20) 布尼克地方第谷墓之肖像……………五二
- (21) 天堡之第谷壁象儀……………五四

(22)	加里尼之擺	六二
(23)	加里尼	六四
(24)	阿西士利加里尼住宅米爾頓訪氏之處	七二
(25)	加里尼所繪月面眞像草圖	七七
(26)	加里尼家族之飾章	八二
(27)	刻白爾之正立體系	八九
(28)	刻白爾	九二
(29)	行星系模型	九四
(30)	路多芬表之紀念物	九八
(31)	梧斯波	一〇七
(32)	劍橋大學士林立提學院	一一〇
(33)	日光之分析	一一一

- (34) 奈端……………一一三
- (35) 奈端之小返光鏡……………一一六
- (36) 奈端之日晷……………一一八
- (37) 奈端之遠鏡……………一二〇
- (38) 奈端之星盤……………一二四
- (39) 皇家學會中之奈端日晷……………一三〇
- (40) 佛蘭斯替德住宅……………一三八
- (41) 佛蘭斯替德……………一四一
- (42) 哈雷……………一五二
- (43) 哈雷時代之格林維基天文臺……………一六六
- (44) 拜絲新王街十九號候失勒之住宅……………一八五
- (45) 威廉候失勒……………一八七

(46)	葛羅林候失勒·····	一八八
(47)	斯盧夫候失勒住宅之街景·····	一九〇
(48)	斯盧夫候失勒住宅之園景·····	一九三
(49)	斯盧夫候失勒住宅之天文臺·····	一九四
(50)	斯盧夫候失勒住宅之公元一八六三年四十呎遠鏡·····	一九六
(51)	拉伯拉斯·····	二〇五
(52)	丹新克天文臺·····	二一七
(53)	約翰候失勒所作之測星表·····	二二七
(54)	約翰候失勒·····	二三一
(55)	約翰候失勒所繪之南半球星雲·····	二三三
(56)	約翰候失勒所繪之半人馬座星團·····	二三五
(57)	好望角費赫森之約翰候失勒天文臺·····	二三八

- (58) 角城費赫森之雲石柱……………二四〇
- (59) 羅斯伯爵……………二四八
- (60) 拜爾宮……………二五〇
- (61) 帕遜斯城之大路……………二五三
- (62) 羅斯伯爵之遠鏡……………二五六
- (63) 帕遜斯城之羅馬天主教堂……………二五八
- (64) 喬治愛勒爵士……………二六五
- (65) 漢密爾敦爵士……………二八六
- (66) 亞當斯……………三二三
- (67) 劍橋天文臺……………三二七

天文家名人傳

引言

一切自然科學中，未有如天文學之能供研究者以其所注重之高尙對象者。自遠古以來，星辰研究所具有之魄力，完全與現今相同。原始時代，日月星辰之運行，足以支配人類事業之想像。

天文學之實際的效用，在原始時代已頗顯著。遠古時代之格言，已示農事多受天體運行之支配。星辰位置，指示耕作與播種之時期。天體則爲探索路徑於汪洋大海中之水手之唯一可靠標記，藉此標記，即可尋出其航行的途徑。因智力的好奇心與實際的需要，遂追求星辰之運行，觀察天空所呈現之常常變化的現象，並考其變化之原因。

多數最古之發現乃在有史以前。天體之周日運動以及太陽之周年公轉，似較任何古代人類

紀念物所能指示者，更爲遙古之發現。古代觀測者之智力，能於瀰漫天空之中，指出更重要之天體，即現今吾人所謂行星是也。彼等觀及類似星辰之物體，木星，土星，火星以及更顯明之金星，乃構成之爲一種天體，以別與其運行背景完全不同之恆星；且知前者僅表面上相類似，而實非同一。古天文家之智慧，不獨如此而已；水星雖甚稀見，但彼等亦能知其屬於同一羣類。天體觀測之最古的記錄，吾人可由中國史志求之；又日食，月食及其他天象，在遠古時代，巴比倫 (Babylon) 似已有觀測。

吾人知天文學之意義，可謂始自亞歷山大府 (Alexandria) (1) 多祿某 (Ptolemy) (11) 統治時代。當時科學界中最有名者當推依巴谷 (Hyparchus)，氏於紀元前一百六十年頃，居於諾德斯 (Rhodes) (111) 並在該地進行其工作。其最可炫耀的研究，乃最初記載關於學問之合理的分科的觀察。氏認爲天體研究者之最初責任，乃編製所需搜求的天體之星表；於可能範圍內，務求其完備。依氏遂自其所擔任之事業開始其工作，與今日天文家所常用之子午儀及攝影遠鏡等有益的儀器，甚相類似。氏編製重要恆星星表，對於天文學者有特殊之價值；是爲星表之最早者。氏又研究日月之運行，並構成原理以說明其進行中所見之不斷的變化。氏努力於充分解釋行星之錯

綜複雜的運行，知其爲更困難之問題。氏爲求一足以合理的說明此問題之定理起見，對於徘徊空際之天體位置，曾作多次之觀測。吾人若回想依氏對於更純粹的天文事業之初步工作，發明數學的科學之分科，並說明其爲足以解決各問題者；可知依氏所完成之貢獻是如何之偉大。因此又發明計算上必不可缺之方法，卽現今吾人所熟知之三角法。設無此美妙的的方法，則任何天文學的計算上的真正重要進步，必不能成功。

但依氏所發見之足堪注目的天體運動卽所謂歲差 (Precession of equinoxes) 者，乃一切發見中之在任何時代皆被認爲重要思想之一者。導出此發見之考究，實含最奧妙之查察。蓋依巴谷時代所謂天體觀測之成績，僅極粗陋的記載，在其更古時代之有效的觀測，則更爲缺乏。在如斯困難情況之下，尙能發見如歲差之現象，且指示其精確之數量；吾人對此發見者之天才，惟有驚嘆而已。余所以爲此簡單天體運動性質之說明，乃因吾人知此聯合精確觀測與巧妙之解說，實爲科學史上之創舉；天文學發達以後，此等顯著之實例，固不少見。

分點 (Equinox) 一字，實含晝夜相等之條件。居於赤道上者，一年間任何時日，晝夜自然均係

相等；但居於地球之其他部分者，無論任何半球，晝夜常不相等。然在春秋二季，各有一時期，地球上任何地點，晝夜均係十二小時。春季晝夜相等之時，太陽於天空中之位置是爲春分點（Vernal equinox）；同樣，秋季太陽所在之位置，是爲秋分點（Autumnal equinox）。此天空中二分點之位置，任何天體運動之研究上皆甚重要。依氏以其天才，覺知此重要性而開始研究之。當太陽照耀之際，吾人自不見有星辰於其周圍，但實際仍有天體存在。依巴谷之發見的天才，能使其決定各分點與其極鄰近處之星體間之相對的位置。以種種不同周期，試驗分點在天球上位置之後，依氏得一結論，謂各分點在星體間爲相對的移動，但此移動甚爲緩慢，需二萬五千年始能繞行天球一周。依巴谷描出此現象，證實其爲不能變動之現象，故天文家皆認歲差爲天文學上根本事實之一。依氏發見此現象後約二千年，奈端（Newton）始解說其原因。

自依巴谷時代以至今日，天文學之地位已臻穩固。由某時代至另一時代，某大觀測家繼他觀測家之後，對於天體或其運行發見許多新的現象；由某時代至他時代，某學者理解力之發現在其後，遂得解釋觀測事實之真正重要性。因工作之發展如是，天文學史遂與天文家名人傳有不可分

離之勢。

以下各章，敘述有功於天文學之建設的大哲學家之生平與其工作。自多祿某 (Ptolemy) 始，蓋自前述依巴谷 建立天文學之基礎以後，多氏首先創立中世紀天文學之形式。次述宇宙觀念之大改革，遂想及哥白尼 (Copernicus) 之名。次述加里尼 (Galileo)，奈端 等天才，最後敘近代發見家之事蹟。依是等事業與天才，人類知識之範圍，大為擴張。本書述及近代，以求包含許多著名天文家，並說明其在過去各時代之地位。

(一) 紀元前三百三十二年亞歷山大王 所營築之埃及海港。

(二) 埃及十四國王 之名，時在紀元前二百年頃。

(三) 小亞細亞西南 Hydrunt 海中之島嶼。

多祿某 (Ptolemy)

本章所敘之學者，其生平事業乃人類學史中之最可注意者。其他學者對於天文學上之貢獻，或有比多祿某更多者，但對於天體運行問題之權威能如氏之支配人心至十四世紀之悠久期間者則未之有；在此期間多祿某之見解有無上之權威。其有名著作『多祿某天文集 (The Almagest)』所遺存之學說，盛行於此期間。當時對其工作所包含之無疑的真理，毫無實質的增加。多祿某定理終未為重大錯誤之重要改正所污辱。在天空中一切現象及地球上許多現象之研究上，（因多氏又係勤勉的地理學家，）多祿某始終不變其權威者之資格。

現今兒童所知天體運行之精確真理，雖或比多祿某所知者更多，但事實上，多祿某之工作乃使用當時某六十人對於人類智力之驚異的效果，其有非凡的結果，無足怪也。多氏當時發見奇異優良之事實的奧妙，使之為長久期間的人類之崇敬教師，吾人莫不欲知此奇人之生平事業。

不幸，對於多祿某個人的歷史知之者甚少。氏生於埃及，雖有推測其屬於多祿某皇族之家族，

但無何證據足以證實。當時多祿某之名遍傳於埃及及其生存時代，可由其觀測記錄推之；其最初觀測記錄爲公元一二七
年，(一)最後爲一五一年。(二)當吾人想及其似乎生活於亞歷山大府或其附近時代，或據其自身所言『在亞歷山大府之同方向，』可謂該地一切事件，皆與其個性有關。

多祿某乃古代天文學界之最大人

物無疑。氏搜集生在其前之哲學者之名言，以之與其自身觀測結果相聯合，並以自己之定理說明之。其思想亦即前人之思想，對於自然界



第二圖 多祿某

之真確事實，似乎皆認爲真實者，現今吾人已知其大錯誤。雖在今日時代，好自相矛盾之論者，尙不罕見；其對於多祿某學說不獨認爲似乎正確而更確認其真實性。

在力學正確知識缺乏時代，古代哲學家不得不藉某種較爲真實之原理，而此原理乃由想像其適合於事件之自然性而得之。當時未有如圓之簡單而對稱之幾何圖形者，且天體運行之徑路，顯然可知其非直線，故結果自然知其必運行於圓形之徑路上。凡有『完全』之意義者，除僅想像圓形運動，且唯限於圓形運動爲『完全』外，此觀念毫無爭論餘地。更進得知天體不能有其他所謂完全之運動者。於此假說之下，多祿某以及其後十四世紀間諸學者之意見，均謂一切天體之運行徑路，皆可用種種方法，改成圓形。

多祿某曾創想一種計劃，依據圓形運動之某種聯合，可解說其所知距離內天空中天體視位置之變化。此似乎以圓形能示圓滿運動之型式，而以其幾何學的本性調和天空中現象之完備計劃者；故吾人對於多祿某定理之奇異的成功，不足爲奇。是以吾人對此有名學說之各種方法將充分詳述之。

多祿某開始說明地球爲球形之毫無疑義的眞確事實。氏所給與之足以證明之根本事實，甚爲充分圓滿，亦卽今日所用爲證據者。第一，如地理學中所云而爲吾人所習知者，卽當見物體於洋海之遠方時，物體之下部分爲水之曲面所遮蔽，遂不能見。

多祿某以其特殊之天才，創造其他艱深之理論，並以其極誠懇的態度，指示地球之爲圓形，惜其高深之理論，衆皆難解之。多祿某曾謂向南方旅行之人，其記錄夜間天空之現象乃逐漸變化者，屬於北天之天體，逐漸低沈於空中。當大熊座環繞北極迴轉之際，從來未見其沈落於吾人之天空；但至相當之南緯度地方，亦呈出沒之現象。此種情形與地球爲平面之假說，完全矛盾。若稍加考慮，將示向南方航行之結果，星體之視運行或無如斯之變化。多祿某洞悉此論據之重大，且今人雖有近代之新發見爲資助，亦尙難改良其理論。

多祿某亦如眞正哲學家之顯示其新眞理於世界者，以種種巧妙的例證，解釋並實行其理論。余必特加以說明，蓋此理論不獨涉及自然現象，並可以證示多祿某之智慧。伶俐的辯論者，多謂地球爲平坦，故無論觀察者在何處，所見日沒必在同一瞬間。但多祿某證明日沒時刻因觀測者所在

地經度之不同而大有差異。吾人莫不信此爲顯明之事；無論何人皆知大不列顛達日沒時刻而美國之西岸尚係正午。多祿某已略具現今所易知之此類根本知識。彼如何指示亞歷山大府之日沒，確較早於其西百哩地方？當時無電報足供兩地天文家之通信，又無計時錶（Chronometer）或鐘錶可以運輸於各地，更無其他可靠的儀器足以標記時刻者。多祿某之發明天才，果能創想完全圓滿之方法以比較兩地日沒之時刻。太陰之光輝，全由太陽映射而來，此乃遠古已知之事實而傳授於多祿某者。氏知月食乃因地球插入日月之間以遮蔽日光者，若地球果爲扁平狀，則凡能見月光之處，其所見月之初虧時間必亦在同一瞬間。多祿某集合在不同地點之觀測者所記錄之月食初虧地方時，遂發見在亞歷山大府之西所記錄之時刻較早，而愈西則愈早。反之，東方觀測者所記錄之時刻比亞歷山大府見此現象之時刻較遲。觀測者所記錄之現象，固係同時發生者，今有不同之記錄，其唯一的說明，可謂地方愈東，其見月食時刻愈遲。設有多數觀測者在同一緯度上，見日沒均爲十八時，則因東方時間較早於西方，故甲地之六時必相當於其西方乙地之五時。故甲地觀測者見日沒之時刻，而此時刻之乙地觀測者尙未見日沒之現象。此可斷定的證明地球上各地方日

沒時刻皆不相同。但設地球爲扁平狀則各地所見之日沒時刻必係相同。故多氏當其說明日沒時刻各地不同時，即斷定地球決非扁平狀。

同一論證應用於地球各部分，遂知地球繞以無涯的海洋，而視若平地者。普通所想像之地球，必以其爲真實的球體，此立即引起驚異的結論。即此球體實無任何支持者，且此龐大之物體能平衡於空間而不傾倒。此對於僅藉意識之證明而不與充分的智力之說明者，確係一可驚之學說。在吾人通常之經驗中，設有一物體能無何支持者而平衡於空間之事，必認爲荒謬之談。吾人一見此現象立即問其將不落下乎？吾人以各種方法試驗之，終知其不能平衡，無可置疑。但吾人必先有『在空間無所謂上下』之觀念，謂物體下落者，僅指其於可能範圍內向地心下落而接近之之意。今天體先於他物向空中移動，其所沿之方向中，無一存在。此可以降落於紐絲蘭（New Zealand）（三）之隕石說明之，即當其向地心前進之際，地球之半球，任何地方皆覺其確向上方遠離而移動。多祿某遂辯論之曰，地球之非平衡於空間者，因一切方向，皆同樣向上或同樣向下，獨地球需要支持者，似無理由。因此，氏遂得根本的結論：即知地球係一球體而自由存在於空間，且其上下左右四

方八面皆爲燦爛之星辰所圍繞。

此高尚的真理之認知，爲人類智力發達史上開一堪以注意的新紀元。其他哲學家之搜求理智，固必有某種確定的主張與此根本的真理多少相同者。但吾人對於多祿某之所以信仰者，不獨因其發表此學說，並因其以明顯的論理的理論說明之。吾人不易使吾人思想再回至與此真理相違背的概念。對於想像地球爲無限際的廣大平原者，不得不謂其智力薄弱，因彼不得不信其所立之地球面，對於天空之龐大球體僅一極小部分而已。

多祿某由其所見天體之運行，得一結論，謂一切天體乃附着於一可驚異之球體內面之光點。此裝載天體之球體，惟以地球居其中心者爲宜。由觀測者對於天體視光度之地方的變化所示之些微的效果，明示此可驚異球體之廣袤不足與天球相較量。實際上，當天體在數碼直徑之球上時，地球可視爲一砂粒而已。

此發見表示人類知識之變遷，其可驚異也如是。吾人可推知多祿某因獲盛譽而迷惑，遂不能爲更深之研究。氏若能爲更進一步之研究，則地球在天空中之重要的畸形的觀念，亦不至束縛人

類智力至十四世紀之久。日月星辰逐日上昇，運行天空而無終止，且恰落於其運行所指定之方向，如斯明顯的事實，均需有相當之解說。恆星年年歲歲保持彼此間之距離，此現象遂使多祿某證明包含此恆星之球體，每日完全環繞地球一次，氏且相信此恆星皆固定於此球面上，氏遂說明一切出沒現象與吾人地球不動之假說相符合。多祿某對此假說或亦覺其奇異。氏知地球係一巨大物體，但氏更知其雖爲巨大，若與天球相比較，亦僅毫微而已。氏宛然信之，且繼續說服他人，使其相信天球確形成此運行。

多祿某乃一優秀幾何學家。氏知可以不同方法說明日月以及無數星辰之出沒。設當地球平衡於天球中心，每日一律的繞轉一次，則一切出沒現象，可以完滿解說之。此在運動回復一次之後，自甚明顯。君等自身乃立於地球上，而居於天球之中心者；星辰懸於君等之頭上，天空星辰，半在地平線下而他半則可見之。當地球旋轉時，頭上星辰必生變化，除君等正居兩極之位置外，新天體必經過君等之視界，其他則將不見，蓋君等終不能見比半球更多之星體。故在地球上之觀測者，可見正在上昇之星體與正在下沒之星體。吾人遂得二種完全不同之方法，此二方法皆足以充分說明

所觀測之周日運動之事實。故其假說亦有二種：一謂具有恆星及其他天體之天球，一律的迴轉於一不能見之軸，而地球則靜居於其中心。另一假說，則謂偉大天球乃靜止不動，而地球環繞於前述天球所轉之軸，但在反對之方向，且以一律的速度，遂使其一周轉恰爲二十四小時。多祿某乃一數學家，知此二種假說皆能充分解說所觀測之事實。彼所能觀測之星體運行現象，自不能使之對此二說有辨別其真僞之能力。

多祿某遂不得不藉理論之間接方法。此二假說之中，必有一說爲真，但無論採用何說，皆發生一種極大困難。多氏最有名之功績乃說明天球如此之巨大，若以地球與之相較量，則地球成爲毫無意義之物。設此巨大天球二十四小時迴轉一次，則星體運行之速必不可思議，如斯大速度殆非可能之現象。因此之故，遂採取其他一假說。此說似較簡單。即假設周日運動乃因地球之迴轉。多祿某認此最重要解說爲不可靠，或於其理想中，感覺如此。因此，遂立即主張無論地球爲何物，皆係靜止不動者。多祿某根據事情之意識的證據，知此反對論乃完全屬於吾人智力之解釋，或可置之不理。氏對於他一反對論則覺其甚爲重要者。其爭論之點，即設地球迴轉，則無物能使蒙氣參與此運

動，蒙氣不動則人類將被狂風由地球掠捲而去；此狂風乃當地球通過靜止蒙氣而運動時所發生者。多祿某以爲縱使吾人可以想像蒙氣隨地球而迴轉，但空中其他任何物體，未必皆如此。當鳥類棲息於樹上，或因地球之迴轉，攜之而前進，但當其飛翔之際，地面將以極大速度滑過於其下，故當其再落下時，將覺其自身已在同時間內傳書鴿或燕子所能飛行之十倍距離之處。如此解說之錯誤或乃偶然之事。余憶嘗聞關於輕氣球飛行之最堪注意的言論。飛行家欲達到同緯度之其他地方者，僅上昇輕氣球，以待地球之迴轉，待見其目的地正在其下時，遂放散氣體而將輕氣球落下，多祿某所知之自然哲理足以使之明瞭如斯言論乃絕對荒謬者；氏知此運動不能示蒙氣與地球間有如斯之關係的變動。氏以爲設地球有迴轉運動則蒙氣必向後遲滯。吾人皆知此乃多祿某錯誤之理解。但當時對於運動法則無何正確觀念，亦無以校正之。

多祿某曾努力於天體之研究，氏顯似不能專心研究地球運動之現象者。設地球迴轉，蒙氣必隨之而動，此經驗自然容易說服一聰明不及多祿某之哲學家。設一騎者疾馳於馬背上，拋擲一球於空中，復落於其手，恰如當球飛揚之際，騎者停而不動者；實際此球參與水平運動，故雖行人見其

確描一曲線，但騎者自身僅覺其爲上下移動，成一直線。如斯事實及其他類似之事實，顯然指示地球若有迴轉運動則其周圍之蒙氣必參預此運動。多祿某不知此事實，遂得地球不迴轉之結論。故如天球之巨大物體，每二十四小時旋轉一次者，雖係不可有之現象，但除相信此絕不可有之事實爲可有外，別無方法。如斯多祿某遂採取其向來所主張之主要學說，自成一系統，以地球爲不動，停留於天球之中心，而此天球向其周圍伸展至廣大之距離，使地球之直徑不足與之相較量。

多祿某如斯審慎的反對地動學說，不得不產生其他完全錯誤之假說。蓋欲完成天球迴轉之說者，必謂各星有相同之周期，此乃顯而易知之事。多祿某知星體距離地球極遠，但氏對於此點之觀念，不如吾人所知之正確。設星體之距離甚不相同，則於同一時間內，各星體必皆完成其迴轉，此殆不可能；多祿某遂得一結論謂星體必在同一之距離，即必皆在天球表面上。如此觀察雖係錯誤，但有顯著事實以證明之；即數世紀間各星座中，星體維持其相對的位置而不變。多祿某據此遂謂吾人雖不知支持如珠的星體之奇異的排列之實體爲何物，但知此星體皆固定於一球體之表面上。

吾人亦不輕信此學說爲荒謬。星體若果在一球體之表面而觀測者居其中心，則天空不獨現於非專門觀測家之前，並現於近代最有經驗之天文學家之前。多祿某知星體之在球體表面乃有種種不同之距離者；並知某星體之距離爲他星體之十倍，百倍乃至於千倍。然其眼力所見，乃現於球體表面上之星體，故氏之星體相對之位置之測量，卽以其在表面上之位置爲根據。如此觀測固可稱爲天文臺中關於星體位置之一切精密的觀測，殆非真實之觀測；卽觀測其投射於天球之上者，吾人之有此觀念，皆多祿某天才之賜也。

此大哲學家極巧妙的指示地球必在天球之中心，並謂否則各星體不能呈此絕對一律移動之現象，實際上亦無由描寫其特性。由此種種理由，多祿某雖有地球固定不動之根本的大錯誤，吾人仍不能不欽佩其天才。多祿某似乎尙有其他相類似之錯誤。如氏既謂地球孤立於空間，則自能運動能環繞旋轉，並能由一處運行至他處。吾人皆知多祿某審慎的採取地球不迴轉之說；氏遂不得不研究其他問題，關於地球究爲何種運動所激動之問題。氏以爲有何種運動之力施之於地球者，與真理相矛盾。氏乃駁此說曰：地球居天球之中心，設地球有運動則將不常在此點，必移動於天

球之其他部分。但星體之運動，有阻礙此運動之可能，故地球必無任何運動，亦如其無迴轉者。可知多祿某之爲地球不動論所說服，乃普通常識而有合理的哲學上根據之事。

一般哲學家之學說，固有與普通道理相背者，但如多祿某之研究以最有權威之哲學研究，證實普通道理，其所求得之真理，必爲不可攻擊者。此即多祿某理論之所以能不遭反對，操縱人類知識而有如是悠久之歷史也。

以上僅敘天體似乎每二十四小時旋轉一周之主要轉動。今更討論各種可注意之理論，此理論即多祿某以之說明太陰之月周運動，太陽之年周運動及使各行星得『游星』名稱之周期運動者。

因認爲各種運動必係圓形，或必可直接的或間接的用圓形運動說明之，多祿某以爲在彼以前之天文學家所認爲太陰運行於各星間之軌道乃以地球爲中心之圓形。太陽之周年運行亦必爲同樣運動，雖太陽光輝使日間不能見其附近之星體，但因星座位置之變動與四季之更替，足知太陽周轉於地球上。日月之運行以及天球之周日迴轉，似可表明各種天體之運行必爲『完全』

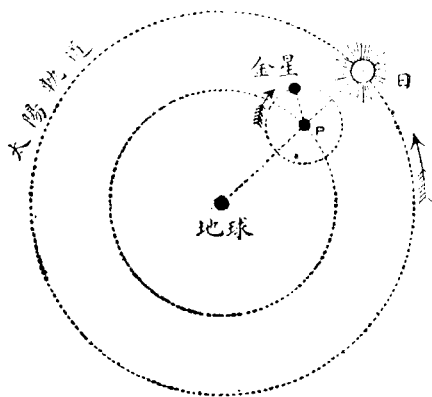
換言之，即均勻運行於唯一完全圓弧之圓形上。

然而，由最簡單之觀察，得知行星之運行不能以如是簡單之情狀說明之。於是多祿某以其幾何學的天才發見並計劃一種方法，以說明行星之視運動，知其除『完全』運動之外，無其他任何形狀之軌迹。

因欲了解氏之理論，吾人當先解釋其所觀察之事物。金星與火星在可驚訝情形之下，證明內行星之特徵，余將詳述之。由最簡單之觀察，得知金星移動於天空中之形式與日月移動之形式不同。當此星爲昏星而在最光明之時，於日沒後現於西天。吾人見金星非如日月之在各星間向東運行，週復一週，向太陽前進，至其消失於日光中而後止。其後此行星出現於他側，非爲昏星而爲晨星焉。事實上，金星在某種狀態之下，顯係隨從太陽之周年運動。時而在太陽前面某一定限度之距離，時而落在太陽後之同一距離。此種運動，完全與以爲金星之運行乃循一簡單途徑而運行之假想，不相脗合。此種運動在特殊狀態之下，顯然與太陽之迴轉有關，而多祿某即用此巧妙方法說明之。設有一臂由地球伸至太陽，如第三圖所示。此臂因太陽運動而爲均勻的迴轉。設以此臂上一點

P 爲中心，描一小圓形；金星均勻迴轉於此小圓周上，同時此小圓周本身又因太陽運動而隨之繼續迴轉不息。由此可說明金星運行之主要特徵。因其繞行於 P 點周圍之故，地球上之觀察者遂見金星時在太陽之一方，時又在其他方，但均常在太陽之附近。若適當比較此運動，則此方法可想像其由晨星變爲昏星之情形。於是金星之變動可認爲由二種運動組合而成：即 P 點在一圓周上之『完全』運動——此圓形乃 P 點均勻迴轉於地球之周圍者，——與金星在一圓周上之『完全』運動——此圓形乃金星均勻迴轉於變動中心（P 點）之軌跡。

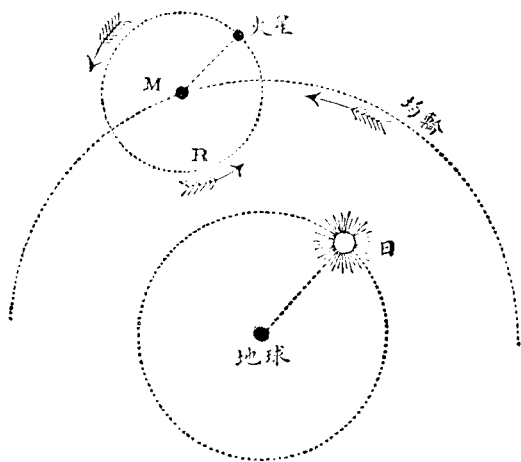
多祿某以完全同樣之方法，說明水星之各種變化的現象。水星亦時而在太陽之一方，時而在其他方；此罕見之星亦如金星之運行於一圓周上，此圓形之中心亦移動於連結太陽與地球之直



第三圖 多祿某行星系統

線上。但水星實際迴繞之圓周必較小於金星迴繞之圓周；此可證明水星比其更有名之金星更近於太陽。

如火星之外行星之運動，亦可由二個完全運動之聯合結果說明之。但火星所行徑路之變動與金星之運動，甚不相同；故其圓形之排列亦必完全不同。茲考察如火星之外行星運動上特殊之事實。第一，火星運行於天空圓圈之全部。由此點觀之，可知其與日月相類似。但若稍加注意，得知此行星之運行，有特別不規則的現象。一般言之，此星於衆星之間，由西向東疾行；若詳細觀察之，則有時見此星運行之速度漸次緩減，最後似留而不動者。數日之後，此星復向相反之方向運行，即由東而向西。且其初始運行甚為遲緩，後又



第四圖 多祿某火星運行學說

增加其速度，至達到某種速度後，復又低減，迨至第二次留而不動爲止。經過相當停止時期後，復運行於由西向東之原來方向，復作同樣之變化。此種運動顯然與任何環繞地球一簡單圓圈之完全運動，完全不同。多祿某之幾何學天才，能使其明知火星視運動之意義，同時對其所認爲重要之各種完全運動之說明，加以限制焉。第四圖卽示多祿某之火星運動學說。與第三圖同，以地球爲中心，而太陽之圓形軌道，乃繞此中心者。火星之徑路，假定其在太陽軌道之外側。吾人設於M點有一假行星，均勻迴繞於所謂均輪（Deferent）之圓周上。如斯視爲完全運動之M點，乃一圓周之中心——此圓周乃隨M而前進者——而火星卽均勻運行於此圓周上。此二種完全運動相結合之結果，與觀察所得火星在天空之移動位置，完全相合，此乃易爲說明者。由圖上所示之位置，火星所行之徑路，由觀察者觀之，顯係由西向東而運行者。但當其在R點位置時，因此變動圓形之迴轉結果，遂視其由東向西運行於矢端所示之方向。反之，圓形全部則向反對方向而運動。若後之運動較前之運動緩慢，則火星在天空中將向後運行，此乃吾人所欲說明之者。適當規定臂之相對的長度，則觀察此行星之運動，得充分解說之。

其他多祿某所認識之外行星，如木星及土星，其運動情形與火星相同。多祿某創想各行星完全迴轉於各自之圓形，而此圓形又以地球為中心而為完全運動；氏如此解釋行星之運動，得同樣的成功。

多祿某未作進一步之研究，似頗奇異；氏若更進一步則其理論之系統，可大為簡單。例如對於金星之運動，若使移動圓圈之中心為太陽本身，而擴大金星迴轉之圓圈，則其結論完全無異。氏又可排列外行星所運行之圓圈，亦以太陽為中心。於是行星系包含一地球——固定於其中心，一太陽——均勻迴轉於地球之周圍，與一組行星；而此行星皆迴轉於以太陽為移動中心之各自圓圈上。多祿某或未念及於此，或因其知有反對之理論。此重要部分終為第谷(Tycho)所發見。彼以為一切行星皆迴轉於太陽周圍而為圓形運動，且此太陽自身，挾此各個軌道，環繞地球成一大圓形。達至此步後，僅需更進一步，即可達到發見太陽系構造之重要真理。此最後一步由哥白尼(Copernicus)實現之。

(一) 漢順帝永建四年。

多祿某

天文家名人傳

(二) 漢元嘉元年。

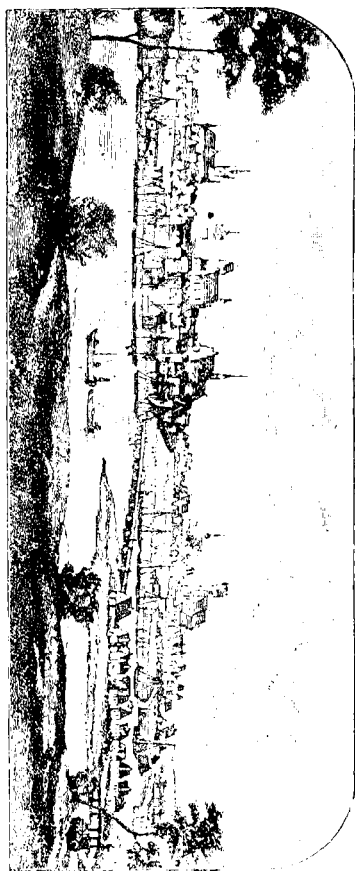
(三) 澳洲之東南，南太平洋中羣島，今爲英國殖民地。

哥白尼 (Copernicus, 1473—1543)

哥白尼於公元一四七三年(一)二月十九日生於帷圖拉(Vislula) (二)之蘇恩(Thorn)城，(三)此城有二世紀以上之發達史。此城位於普魯士(Prussia)與波蘭(Poland)之邊界，因有寬大之河道，成爲大商業區。哥白尼生長時代之蘇恩城如下圖所示。城牆與其望樓，均可見之；蘇恩城之位置，當十五世紀時代爲戰爭上之緊要地點，現今亦然，故德國政府近來建築第一等礮臺於此城。

天文家哥白尼以其發見，爲刻白爾(Kepler)及奈端(Newton)之偉大前輩；其家族非如其他早年天文家之貴族，其父乃一商賈。據歷史家所記載，氏有一叔父爲教主。吾人對於氏之幼年及青年時代之詳情，仍不熟悉；一般情形，凡一人得到榮譽之時，其事迹，始成有趣。少年李加拉(Nicolaus)——氏之基督教徒名字——於進入加拉哥(Cracow) (四)大學之前，皆受家庭教育。氏

在大學所受之教育，必皆太古時代之言論，但氏能極力利用之。彼專心於醫學之研究，蓋欲用之爲其一生之職業。後傾心於天文家，對於數學甚爲努力研究；且與其有名之後起者加里尼（Galileo）



第五圖 古代之蘇恩城

氏相同，皆嗜繪畫藝術，甚覺興趣，並得相當之成功。

哥白尼二十七歲時，放棄其爲醫學家之志，決定專心於科學。後任數學教師，且得相當名譽。因

其聞名於世，遂引起其教主叔父之注意；哥白尼受其勸導，遂爲僧職，並指定其爲帷圖拉河口附近富恩堡 (Frauenburg) 大教堂之牧師。

具有各種天才之哥白尼遂隱退於富恩堡。氏有刻苦遁世的精神，專心於有最嚴重性質之工作。氏避免一切通常社交，僅限於尊貴與學者爲其知己朋友，並謝絕各種無謂之談話。氏之繪畫貢獻，似尙無足道者；要之，吾人尙未知其有繼續練習之者。當其辭去宗教職務之後，其生涯半爲施醫以救貧人之生命，半則專心研究天文學及數學。他對於研究天體之儀器設備，似乎甚爲缺乏。氏抗置洞孔於其亞冷斯丁 (Allenstein) 住宅之牆上，藉以觀測天體通過子午圈之現象。氏有實用力學之才能，可由其代富恩堡居民設法使水由河中上昇之建築證明之。此機械之遺跡，現今尙能見之。

中世紀智能之衰落狀態，藉哥白尼之革命學理，爲之一振。當氏發見其太陽系統之時，正值世界史上最堪注意之時期，此誠一饒於興趣之事。當哥倫布 (Columbus) 發見新大陸之時，此大天文家正達成人時期。

在哥白尼研究結果未發表之先，社會一般所公認之科學上信條，斷言地球爲不動體，而各天體之視運動乃實際之運動。多祿某創此學說於千四百年之前。在其學說中，此大錯誤與許多重要真理相結合，且皆示可以說明天體運動之同一方法，故多祿某學說，直至哥白尼大工作發見之後，終未受重大的疑問。在哥白尼之先，自然亦有時時以不確定方式與或爲可信之想像，猜疑太陽系實際迴轉之中心乃太陽而非地球者。但敘述科學的事實爲一事，由觀測與實驗所得成立之事實，完全另爲一事。畢達哥拉斯 (Pythagoras) 確曾告其弟子曰：太陽爲運動軌道之中心而非地球，但畢達哥拉斯似乎無何根據，能一定其學說，使科學上能承認之。由吾



第六圖 哥白尼

人所能得知之報告，畢達哥拉斯對於天體現象上之方法，似乎與若干自然哲學上之荒謬理解相聯合。畢氏自然可以作一太陽系上最重要事件之正確敘述，但必不能供給與此有關之有理的證明。哥白尼以正確之理解，能使聽其說者信服太陽爲太陽系之中心。研究氏所力說之論證，即其所以使智能革命常與其名字相關聯之辯論，對於吾人，是爲有益。

哥白尼大發見中之第一件，即關於地球自轉於其軸之現象。多祿某以視運動爲實際運動之假說，說明一般周日運動；此周日運動即恆星及其他一切天體於二十四小時內，似乎完全迴轉天空一周之現象。吾人已知多祿某自身已覺其假說須包含如天球之偉大組織者，實甚爲困難焉。如斯運動須有若干以不可思議之大速度，運動於天空之天體。哥白尼亦知天體每日之出沒現象，可由地球不動而天球迴轉移動之假說，說明之；亦可由天球不動而地球迴轉於反對方向之假說，說明之。氏比較此二種之辯論，亦如多祿某之所作；但研究結果，遂得與多祿某相反之結論。哥白尼對於假設天球迴轉所覺之困難，實遠甚於使多祿某反對地球自轉所覺之困難。

哥白尼明顯表示一切觀察現象，可由天體迴轉說明之者，完全亦可由地球自轉說明之。氏並

謂設有運行於靜水上之航船，居其中者，以爲船係靜止不動，而覺岸上物件向後移動。故地球若均勻自轉，吾人居其上者，不覺吾人之移動，而以實際上由吾人自己運動結果之轉移，錯誤的認爲各星之迴轉。

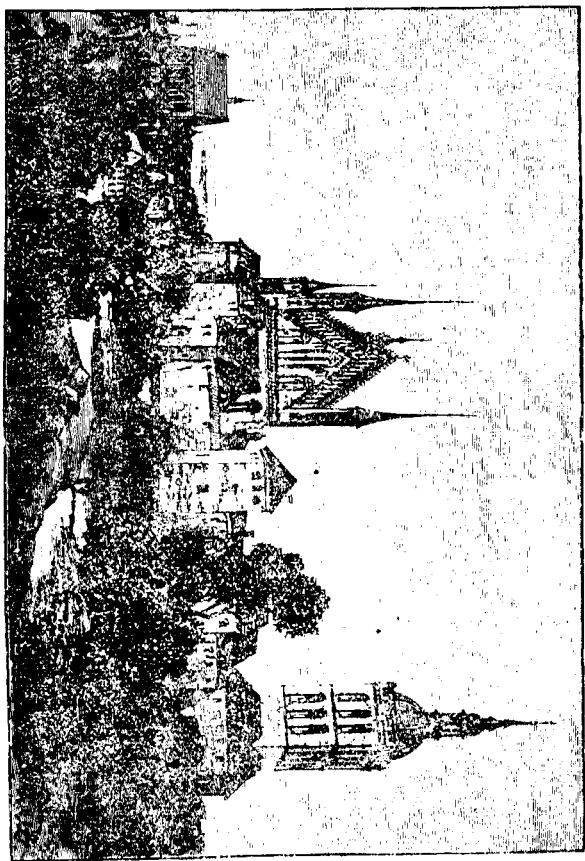
哥白尼已知多祿某所竭力證明地球不能迴轉之辯論，乃無關重要者。氏以爲無論如何，未嘗能證明反對地球自轉之信念者，乃顯然之事。山氏對於此事之聰慧，吾人特別尊崇哥白尼之智慧。如天然哲學家者。設地球有迴轉運動，則其運動不能傳及空氣，且因吾人爲空氣所攜動之結果，受可怖之風力，將不能有人類住居於地球，此節前已力說之。哥白尼自身相信此種推論乃大荒謬。氏證明空氣必隨地球而迴轉，恰如當其行走於路上之時，其衣服必在其體也。氏遂得證明凡由因推果反對地球運動者，皆係背理，故得比較二種關於周日運動之似是若非的反對方法。

爭論結果會達至如此形式，但其結果當然不能長久懷疑。其問題乃地球如大球中心之一沙粒，每二十四小時自轉一周乎？抑同時時間內，大球全體迴轉於反方向一周乎？此二說以何者較爲可信？前者之設想較簡單於後者乃明顯之事。但事實上有更有有力之證明。多祿某曾假設一切星體皆

附着於球而多氏如斯假設，毫無根據；僅因若不如斯假設，則天體之環繞固定的地球之迴轉運動，幾不能說明之而已。然哥白尼以其哲學家之天才，由適合於幾何學上之觀察，想及天球不過表示視現象之一種方法，事實上不能有實體存在。第一步，若有天球之實體存在，則千萬之星體與地球之距離必相同。當然無人敢斷定此說或其他關於星之武斷的排列，必不可能；但既無足以說明各星與地球之距離必定相同之理由，則謂各星乃如是排列者，似更不可信。

哥白尼對於多祿某奇怪球形由何物質所構成之問題，甚感困難，乃無可懷疑者。除球爲無窮大外，在球之外側必有空隙存在，此種考察將發生種種困難之問題；雖聰慧如哥白尼之哲學家尙不能洞悉之。無論天球之爲無窮大或爲有限，而其直徑必數千倍於地球者，乃顯然之事。哥白尼據此推知恆星及其他天體必係大物體之重要事實。於是氏將此問題成爲除正確答案外不能接收其他之形式。地球每二十四小時自轉於其軸周圍一次；抑千萬巨大星體，於同時間內，迴轉於地球之周圍，而此星體繞行之圓形軌道有比地球赤道圓圈更大數千倍者；二者孰較合理乎？明顯的答

案，遂使哥白尼放棄多祿某地球不動之學說而歸天體周日運動於地球自轉之現象。



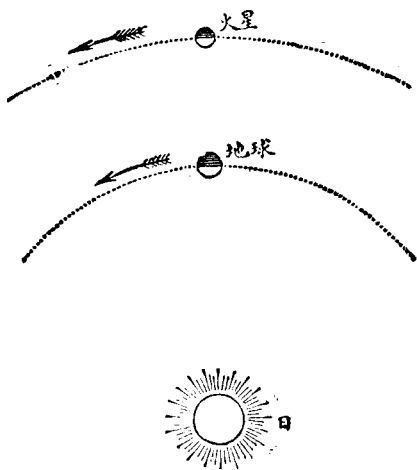
第七圖 古代之富恩堡地方

獲得此驚人進步之後，關於天體之畸形的觀念所發生之困難，得以消滅，因無復認爲各星位置務在與地球等距離之必要。哥白尼覺知諸星可在種種不同之距離，某星之距離可爲他星之數百倍乃至數千倍者。以天球爲實體之複雜構造亦隨之而消失；僅留幾何學上之觀念，吾人遂得使於指示星體之位置。哥白尼學說完全明顯之時，凡有傾向於其說與有了解其說之能力者，莫不接受其真理。地球不動之學說遂永爲過去。

哥白尼曾經慎重考慮之後，取消地球之固定，成立天體運動之學說；此似乎當然考究地球自轉之學說，是否能將其他天體現象所生之難點除去。一般皆認地球非支持於空間者，哥白尼更進一步，示其有自轉運動。遂得承認其非固定，謂地球尚有其他相類似之運動者，似係合理的推想。哥白尼因之努力解決比其目前所注意更難之問題。以地球自轉，說明天體每日出沒之現象，乃比較容易之工作。每一行星均勻迴轉於太陽之周圍，而地球亦爲行星之一，每年繞行太陽一周，則多祿某所認爲大成功之行星運動，得以此假想完全說明之；此乃更難之工作。

以現今所述之概說，詳細說明哥白尼完善研究所藉之幾何學問題，乃不可能之事。吾人僅能

列舉若干先導原理。普通可謂移動中之觀察者，若不自知其移動之事，必以為在其周圍之不動物體，為與其自身相等而方向相反之移動。小艇上之旅客，將見兩岸之物體，顯然向後移動，其速度與其自身向前移動者相等。應用此原理，吾人能說明一切行星運動之現象，此即多祿某巧妙的以其圓圈表示之者。吾人可以外行星之不規則運動之特殊情形為例。吾人曾經注意之火星，通常雖由西向東運行於星體中，有時留而不動，回遡其軌若干時，又復不動，然後復歸常態，向前運行。哥白尼明顯的指示此現象乃由地球真運動與火星真運動相組成而生者。第八圖乃根據哥白尼學說，示地球及火星運動軌道圓形之一部。余特示地球正在行星與太陽間之時，因此時逆行（火星向後運行時之謂）乃在最高點。其後火星向矢尖所示方向而前進，地球亦進行於同方向。然吾人在地球上，不



第八圖 哥白尼行星運行解說

覺自身之運動，如余前述之原理，認爲火星之相等而方向相反之運動。關於此行星所見之現象，遂爲二種運動，一爲真運動之方向，一爲其反方向之視運動。地球運行之速度若與火星相等，則視運動與真運動正相抵消，而火星遂似乎與周圍星體成相對的不動。但實際情形，地球之運行速度比火星速，故其結果，此行星之向後視運動比其向前真運動爲速，抵消結果，遂呈視逆行運動。

哥白尼以完全的技能，示如何應用同一原理，可以說明各行星之特殊運動。其推論於相當時期，說服一切反對論。在此系統中，地球失其特殊重要之地位，僅爲行星之一而已。

此大天文家對於季節，又爲最初與以同樣的有理之說明者。各種難解之天文現象，氏亦均注意之。

氏之稀有發見，遲延刊布於世，直至晚年，始有發表。氏早已料及其學說必引起反對風潮。但最後氏終爲友人懇情所屈服，而將其著述付梓。在其著書出版之前，哥白尼已罹重病。公元一五四三年五月二十三日斯書始送達於其病榻。氏雖尙能觀之觸之，但爲時甚暫，僅數小時之後，卽長逝焉。氏葬於與其生涯有密切關係之富恩堡教堂 (Cathedral of Frauenburg)。

天文家名人傳

(一)明憲宗成化九年。

(二)歐洲北部之大河。

(三)Warsaw 西北一五哩之普魯士 West Prussia 州之都會。

(四)澳洲 Galicie 之都市。

第谷 (Tycho Brahe, 1546—1601)

天文學史中，最栩栩如生的人物，當推本章所述之有名丹麥 (Denmark) 老天文家，毫無容疑。第谷之天文天才，與其不能形容之激烈性情，同一著名。氏之哲學家的浪漫生活，丹麥貴族的好矜炫鋪張之性情，及其熱烈友誼與兇猛鬪爭之事實，均為傳記家之理想的資料。其在天文學上之偉大事蹟，遂獲不可消滅之名譽。

第谷之傳記，德拉耶博士 (Dr. Dreyer) 曾讚述之；德氏乃已成就之天文學家，現管理阿馬 (Armagh) (1) 天文臺，係第谷同鄉。關於大丹麥貴族事蹟之研究者，必認德拉耶博士之工作為此論題之主要考據。第谷出自世代貴族之家。氏之家族繁殖於瑞典 (Sweden) 與丹麥凡數世紀之久，現今尙能見其後裔焉。氏父乃樞密院顧問官，歷任丹麥政府要職，後擢為頁新堡 (Helsingborg) (11) 市長，終其晚年於此。其著名兒子第谷生於公元一五四六年，(三) 乃其子女十人中之

第二者，但係長子。

第谷之父奧杜 (Otto)，似有長兄曰佐治 (George)，無子。然佐治欲繼一子，施之以情感，並傳之以遺產。當奧杜結婚時，兄弟間有一稍爲簡單之約定。雙方同意言定奧杜之長子，當由其父母交佐治養育，承繼其宗祧。經相當時期之後，第谷出世，佐治立即要求履行規約。但父母愛子之天性，當訂約之時早已潛伏，此時自然阻止之。第谷之父母取消此規約且拒絕離其子。佐治認爲身受虐待。但氏不用強烈手段，直至一年後，第谷之弟產生時，遂斷行原始規約所給與之權利，攜其第一姪而遁。迨後，其父母似乎默認其損失，而將來之天文家，遂過其幼年時代於其伯父佐治之家。

當吾人知第谷於十三歲卽入丹京之哥朋哈梗 (Copenhagen) (C) 大學時，或可想像其在孩童時期已表現可驚之才能，將來必能驚動全世界焉。但此推論未必合理。實際當時入大學校之學生年齡，常較幼於現今。當時十三歲孩童所知者，自然亦不較現今十三歲孩童所知者爲多。當時大學校之程度，遠不及於近代之大學校程度。德拉耶博士曾告吾人曰『威添堡 (Wittenberg) (五) 大學某一教授，於開學演講，常指示雖算術中之乘除方法，任何及格學生仍可學習之。』由此

即可證明當時大學程度之一斑。

第谷在大學中，肄習修詞學及玄學諸科，以作他日入官之準備，乃秉承其伯父之意旨也。然氏迅速顯示其意趣於諸教師之前，即氏雖一熱心學生，但能使其覺有興趣者，乃天體之運行而非玄學之詭計。

公元一五六〇年（六）十

月二十一日日有食，哥朋哈梗

得見其一部分。當時第谷雖尚幼年，但對此現象，甚饒興趣。氏對此現象之熱心與驚異，乃受日食時



第九圖 第谷

刻得確實預報事實之激動。因欲了解此現象，第谷搜求足以說明其所欲知事實之書籍。當時各種書籍均甚缺少，而科學書籍更不可得。但當日食發生前數年，多祿某天文著作之拉丁文本業已出版；第谷遂購一本，此乃當時關於天空現象之重要著作。此青年天文家雖如是幼年，對於多祿某所述，雖或有不明瞭之處，但仍勤苦攻讀；迄今該書被其圈點註疏，塗鴉殆滿，猶存於布尼克(Prague) (七) 大學，係該校圖書館所收藏之曠世之珍。

第谷攻讀於哥朋哈梗大學約三年之後，其伯父因當時之習例，以爲送其留學外國完成其教育，較爲完善。其伯父期望如斯方法，或可移變此青年天文家對於天體之注意，而研究其所認爲更爲有用者。當時智者對於自然科學之研究，當然認爲曠廢時間，若能專攻倫理學或修辭學或其他諸科學則在當時當更爲有用。其伯父爲使第谷忘其科學興趣起見，特擇一練達而正直之教師隨之；此教師名葉得爾(Yedol)，較第谷長四歲。公元一五六二年(八)此師生二人遂住居於德國之來不錫(Lieipzig) (九) 大學。

其傳不久即覺其所負之工作，毫無希望。彼不能使第谷對於法律或其他彼所期望之學科感

覺此微之興趣。星體，且唯有星體，始足引起其徒之注意。第谷將其所有之款，祕密購置天文書籍及儀器。氏用一小球研究各星之名稱，氏祕存此小球不爲葉得爾所見，且當其師不在時始使用之。因此，師弟之間屢起齟齬，但日久之後，漸有情感，遂互相敬愛焉。

第谷在十七歲前，開始計算行星運動及其在天空時之方位之艱難工作。氏實測所得之行星位置與由諸天文家遺留最完備工作所算出之位置，大不相同，氏大爲訝異。氏由其天才的觀察，知長期觀測天體之位置乃觀察天體運動之唯一精確方法。吾人現今固知此方法乃極明顯之事，但在當時完全爲一新學說。第谷立即盡其所能，用此方法，開始其有規則的觀測。氏於此方法所用之第一儀器，實甚簡陋，乃一對兩腳規而已。氏置其眼於樞鈕處，然後張開兩腳規之兩腳，使其一腳指一星，他腳則另指一星。後將此規與刻度之圓周相較量，得決定兩星間之視角距離。

氏進一步之儀器設備，乃其自身所設計之十字儀（Cross staff），每逢機會，氏均用之以觀測諸星。吾人當然須知當時尙無遠鏡之設備。天文家因無光學上之幫助，不能如近代觀測者之得利用透鏡，故只得使用各種機械的器具，以測量各星之位置。如斯器具中，在第谷之先，或可謂最巧妙

者，如第十圖所示。

設吾人欲量二星間所成之角度，若其角度不甚

大，則可由下列方法決定之。設桿棒 A B 分爲吋數及

吋之分數，他一桿棒 C D 可沿縱桿 A B 而上下滑動，

且此兩桿常相交成直角。A 及 C 皆具有類似來福鎗

之描準孔，而 D 則具小釘。將動桿沿定桿而滑動，至適

當之位置時，若兩星之角距離不甚遠大，則由 D C 可

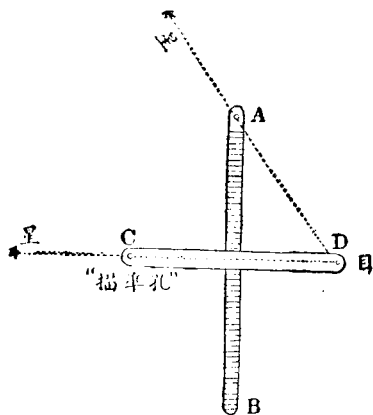
描得一星，由 D A 復描他星。如斯完成之後，在刻度尺上所得由 A 至橫木之長度，與預先推算之表

相較量，可得所需求之角距離。若兩星間之角距離過大，不能用上述方法測量之，則移動小釘 D 於

橫桿 C D 上，可使各星之角距離在此儀器範圍之內。

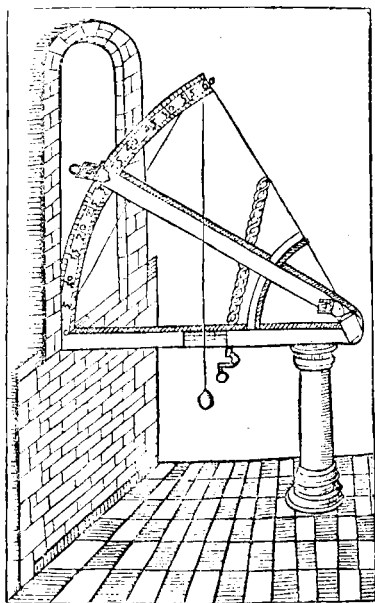
十字儀自係極簡陋之儀器無疑，但第谷能巧妙使用之，遂得頗正確之結果。對此有興趣之讀

者，余甚望其能自製一十字儀，而觀用此器械所能得之測量結果。



第谷用此小儀器時常規避其正直教師之監督，而此教師則認為阻止各種虛擲光陰之工作，乃其責任者。當葉得爾酣睡時，第谷攜其十字儀，潛出觀測各天體之位置。如斯早年第谷所為之各種觀測，均成為近代精確天文學基礎之完善原理。氏知其小儀器有不能免之誤差，每先定其誤差之值，以修正其觀測之結果。公元一五六四年（一〇）此青年所用之計算十字儀以修正觀測結果之原理，降至今日，具有現代光學家技術所造成之最優美儀器之格林威基（Greenwich）皇家天文臺，尙師承其法。

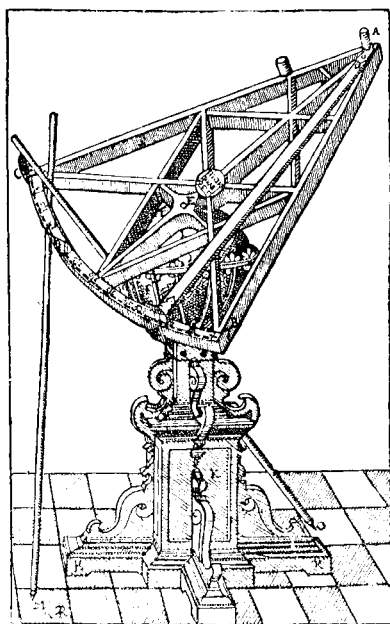
第谷年十九，其伯父逝世，此青年哲學家對其所研究之學科，遂不復受何拘束。因其好動之性



第十一圖 公元一五七二年之第谷新
星六分儀（臂係胡桃木製，長約五英尺半）

情，遂改入羅斯多克 (Rostock) (一) 大學，是時氏因公元一五六六年 (二) 十月二十八日之月食而成名。第谷與當時其他天文家相同，將天文學與星占學 (Astrology) 相聯合。氏認為天體現

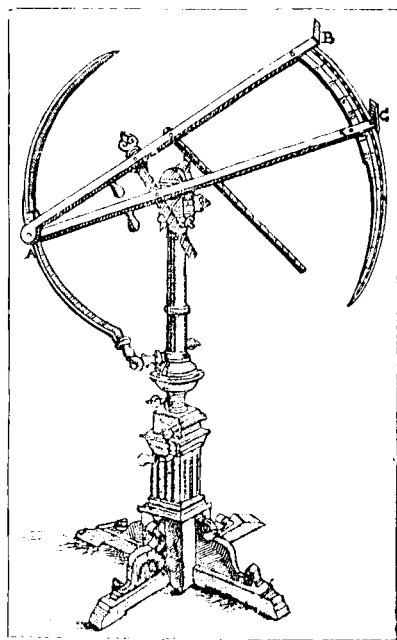
象常有關於人事之寓意。氏乃詩家，遂以詩家、星相家及天文家之共同才能，賦短什，作休咎談，揭示於校中；聲言當時之月食，乃主土耳其國王 (Turkish sultan) 崩殂之兆，而此國王之偉大功業，當時曾充滿於人心者。既而國王崩殂之消息傳至該地，第谷之名乃大著；不久遂知國王晏駕之時日，實在於月食之先，時人頗有譏訕第谷早有所聞，而故作星占預言以炫人者。



第十二圖 第谷三角六分儀
(臂 AB 及 AC 長約五英尺半)

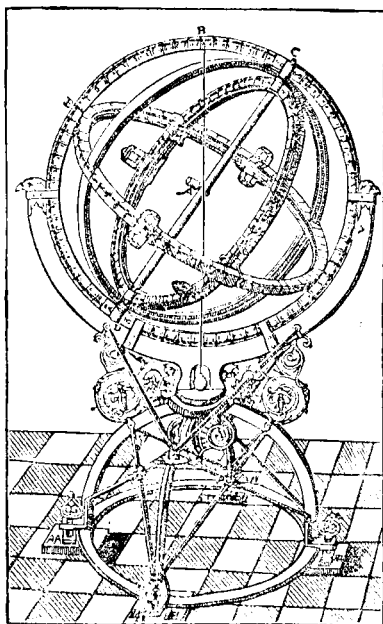
第谷素性暴烈，在羅斯多克大學時，曾與其他丹麥貴族爲劇烈之爭鬪。其紛爭之確實原因，吾人不得而知，但似乎除爭辯兩人數學造詣之高下外，無何荒謬原因。此二人於熬黑之深夜，決鬪於空曠之場地，恰如二天文家之決鬪者；當第谷鼻尖爲敵刀削去一片之時，此決鬪始獲停止。爲修補其傷痕故，此大儀器製造家之天才，又復有用；氏以金銀混合物代補其鼻。此贗造之佳，殆與真面目無異，無能辨其真僞者。諾資(Lodge)博士之如斯簡潔的陳述，無論友敵皆深信之。

其後數年間，第谷在各地專心研究各種科學。某一時期，吾人聞氏於奧斯堡(Augsburg)古



第十三圖 第谷天文六分儀
(鋼製，臂 AB 及 AC 長凡四英尺)

城，幫助一天文臺職員設立一可驚之木質機械——十九英尺半徑之象限儀——以之爲觀測天空之用。他一時期，吾人知丹麥國王聞氏之才能，賜以類似牧師之乾俸的教職，使其可以專心於科學的研究。吾人又聞第谷努力從事化學之實驗，但此不可認爲與氏之專心於天文學之研究相矛盾者。在古代各種科學知識似乎有神秘的關係。煉金術家與星相家謂數個行星與幾種金屬物體，有神秘的聯帶關係。故第谷將金屬性質之研究，包括於其天文學工作程序之內，誠無足怪焉。

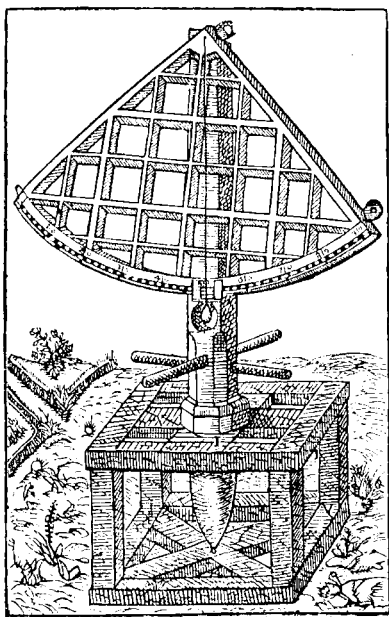


第十四圖 第谷赤道渾天儀

(子午圈 EBCAD 係鋼製直徑約六英尺)

但公元一五七二年(一三)發生一現象，遂引起第谷之天文學上事業，並開始其一生之工作。

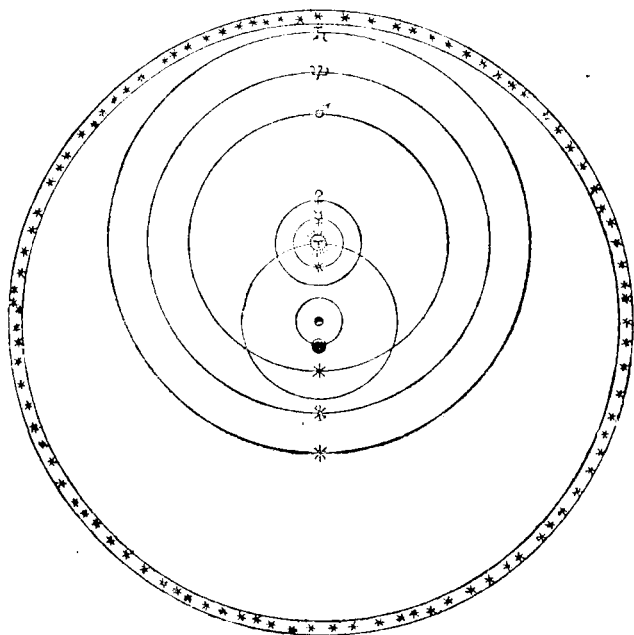
是年十一月十一日，當氏在其實驗室工作終日後返舍晚餐之際，氏忽仰首望天，見有明亮新星一顆。是星位於仙后座（Cassiopeia）中，當氏從前注視此部分之天空時，該處決無明亮之星存在。此現象如是之驚異，使氏不能自信其知覺之真確。氏疑為夢寐，遂呼其從僕，詢以於其所指之方向，果見一明亮之物否。彼等確然見之，氏遂相信此神異之物，非僅由幻想所發生，乃一真實之天體——一特別光耀之新星，忽然出現。當時慎重觀察天體之後，吾人對於新星之偶然出現，習以為常。但任何從來所出現之新星，其光度如公元一五七二年新星之明耀者，乃不可信之事。



第十五圖 奧斯堡城之大象限儀
(用橡樹心製造半徑約十九英尺)

此物體最初出現之價值自不待言，但在天文學上，尙有更大之價值存焉。一方面言之，第谷發見此新星，毫無容疑；但由他一方面言之，謂新星發見第谷亦無不可。若非因此湊巧現象之發生，第谷可從事於他種事業，其對於科學之貢獻或遠不及於其最後所從事者，此乃完全可能之事。

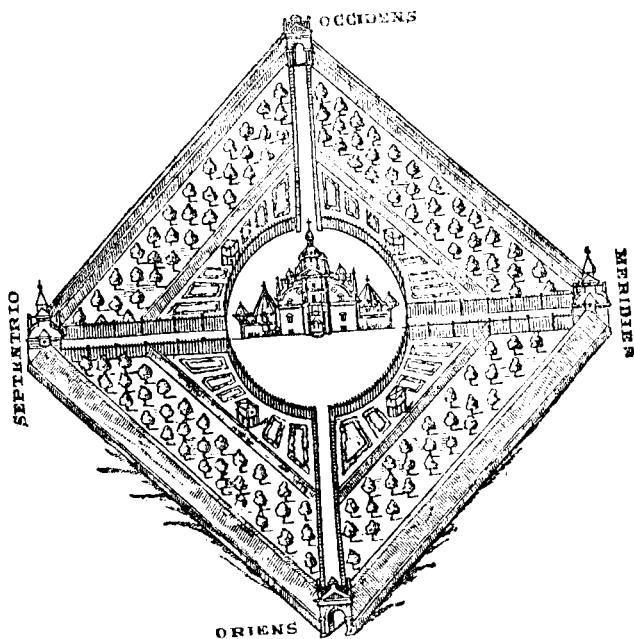
於此足堪紀念之傍晚，第谷返家時，即用其大象限儀觀



第十六圖 公元一五七七年第谷之地球系新組織

測此新星之位置。氏之觀測，特別注意此星距離之決定。氏合理的推測若此星較其附近之星爲近，則此明星之距離，於短時間內，可由其與附近各點距離之視變而定。由此星與其附近各星之比較，當觀測其在極下與十二小時後觀測其在極上之時，其視位置不覺有何之變動；此簡單之事實，立即指示此新星不能較近於太陰。因此星之光亮，足於白晝見之，故可

第谷

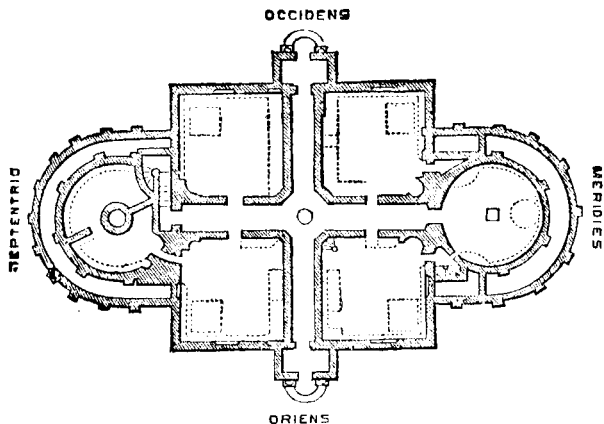


四九

第十七圖 天堡及其地面

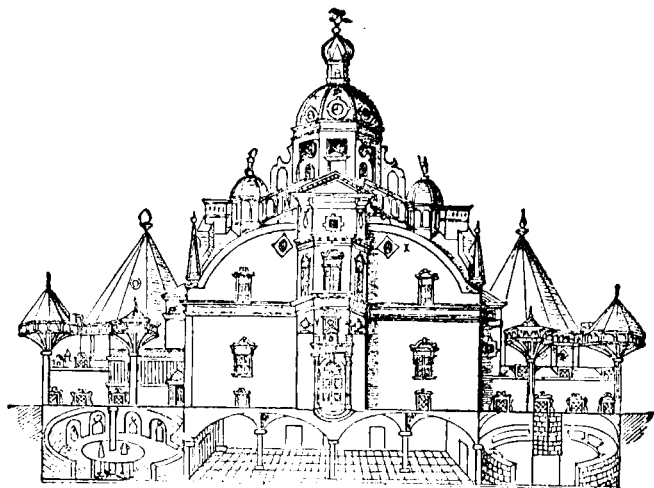
爲如斯之觀測。第谷決定的謂此星乃在遙遠之距離，而地球直徑與此星距離成爲無意義之比例。當吾人知其他關此問題之觀察者所得之錯誤結果，謂此新星之距離與太陰相同，甚至較近於太陰者，由此觀之，氏之成功更堪注目。實際吾人可謂關此問題第谷已發見遠鏡未發明時代所能發見之各種事實。氏不獨證明此星之距離太遠，不能測量，並示此星在天空中無自行 (Proper motion)。氏記錄此星光度之連續變化，週復一週，又記錄與光度變化同時發生之色澤變遷。

第谷對此新星雖曾爲徹底的科學觀測，但其心目中，尚以爲其含有深奧星占學的意義，近世當



以爲奇。據德拉耶博士所言，吾人得知第谷之意謂「此星最初與金星及木星相類似，故其表徵爲太平；但其後變與火星相似之時，遂發現戰爭，叛亂，俘虜，王子之死亡，城市之毀滅，亢旱，瘟疫與毒蛇等等。最後變如土星，遂發生饑荒，死亡，監禁以及其他可悲之事。」此種思想普傳於社會之中。實際當時學者以爲如斯現象必預示驚駭之事，乃理之明顯者。公元一五七二年之新星乃示世界之末日，恰如伯利恆 (Bethlehem) 星之示耶穌第一次與第二次降生者，此乃當時所認爲主要學理之一。

第谷對此新星之研究，乃其第一次成爲著



第十九圖

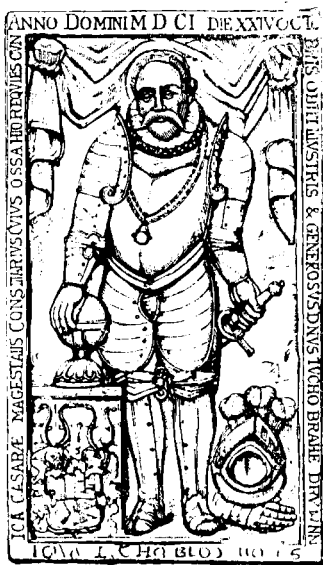
頁嬰島之天堡天文臺

作者之機會。但其著作，因親友之熱烈反對，遂致遲未刊行；蓋其親友以為埋頭著書，乃寒士所為，豈有動閱之貴冑而從事腐儒之業哉？幸氏成竹在胸，見解超卓，悍然不顧時俗之言，竟以付梓。自是而後，尚有出版，而以其書為其天文著述之第一卷焉。

時此丹麥貴冑之名，播揚遐

邇，丹麥王召氏回其故鄉，且講學於哥朋哈梗大學。氏雖不願，終從王意，而其演講之詞，迄今猶存。講詞發軔，盛誇天空現象之偉觀與趣味。氏指示天體之連續的與有系統的觀測，乃進益吾人知識所不可缺者。氏為引證科學之實用，謂若無測量時間之方法，將有何

文明國家得存在乎？更進指示偉麗天體之研究得「屏俗慮之勞神，超心精於天上。」復鼓吹之，謂「天文學之特殊用途，可使吾人由天體之運行得知人類之氣運。」即氏對於日常之應用，休咎之



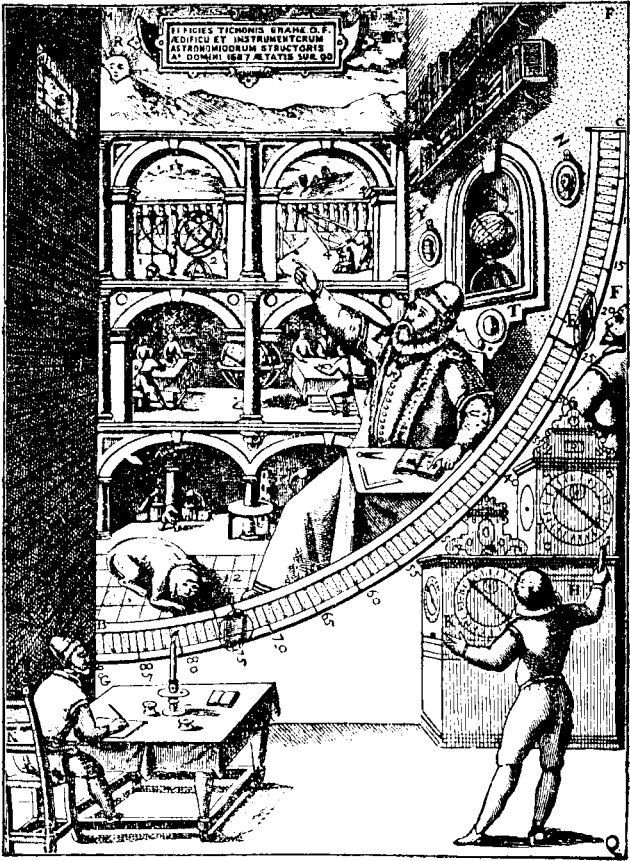
第二十圖

布尼克地方第谷之肖像

預知，亦推讚不遺餘力。

公元一五七二年有一趣事，紛亂第谷對於天文研究之心緒。氏發生戀愛。其所戀愛之少女，出自微族。氏之貴冑的親友，因氏所愛之配偶不合於貴族，故又極力勸阻之。但任何事件，第谷均不放棄之。氏因恐摩登女子所需要者，將影響其專心研究科學之時間，故不於其相當階級之貴族女子中，選擇其配偶。總之，第谷之配偶，似甚快樂者，氏有兒女甚多，但無一具有其父之才能。

德國有第谷之科學朋友甚多，皆甚尊重氏之工作。氏在德國所受之待遇，似乎較優於其在丹麥之時，遂欲遷居巴斯尼（Bath）且有永久僑居之意。此意傳入具有雄心之丹麥國王佛尼德立克二世（Frederick II）之耳。遂覺第谷若能留居丹麥國境，以繼續其生平之偉大工作，則其國王所得之榮譽，不知將有若何之偉大。國王之決心挽留第谷，立即成爲事實。以一貴族青年爲專使，命其日夜兼程，奔馳第谷之處，召氏入覲。公元一五七六年（一四）二月十一日晨，王令到達時，此天文家尚在熟睡之中。第谷當然立即動身，朝見國王於哥朋哈梗。此天文家申述其所希望乃專心研究學術而不受何煩擾者，王遂賜以埃新諾（Elsinore）（一五）附近散德（Sound）海峽（一六）之頁



第二十圖 天堡之第谷壁象儀

嬰島 (Island of Hien)。氏遂得享受其所期望之隱居於是島，王復賜金以供建築之用，創立從前未有之天體研究用之大天文臺。第谷與其友人經過相當考慮商量之後，遂受國王之賜。王立即賜氏俸給，且明文指定百嬰島歸氏終身之用。

公元一五七六年八月三十日此有名之天堡 (Uraniborg) 行奠基禮。此禮儀極其莊正嚴肅，乃按第谷之華麗意見而行者。氏之科學家朋輩羣集，且擇定天體在吉兆位置之時間。於此堂皇盛會美酒遍斟之時，基石遂奠。此專為研究星體之奇異場所，其堂皇富麗直擬宮庭之狀態，由第十九圖可見而知之。

第谷所用以研究天體之最可驚異之儀器曰壁象儀 (Mural quadrant)，氏置於天堡中之一室。用此儀器觀測所得之天體地平緯度比其前所得者較為準確。此奇異之設備，如第二十一圖所示。其屋之牆壁修飾以各種裝飾圖案，乃通常科學建築所無者。

數年後百嬰天文臺之名，傳播遐邇，青年羣集受業於第谷。氏遂另築一臺以供其弟子之用，儀器則置於地堡中，而此地堡乃掘地成坑，祇屋頂露於地外者。在此地下天文臺入口之處，有奇異詩

賦之銘刻，表示雖在地中亦有地穴用供天體之研究，而搜求烏亞里亞（Urania）（一七）之驚異。

在此地下天文臺之四壁，懸有天文家八人之肖像，每一肖像均有適當之題記——八人之中，當然有一代表第谷自身者，其下之題記暗示後代以判斷其工作。第八肖像乃當時尚未存在之天文家定其名曰賽第谷（Tychohinder），而其題記則為第谷期望當此天文家發見之時與其前輩有同樣之價值。至於建築與維持此奇異建築物之耗費，均由皇家歲時賞賜。

第谷努力工作於天堡中，研究科學凡二十年。其主要工作乃測定太陰行星及其他星體在天球上之位置。氏以舊日之簡陋儀器，能為精確之觀測，當時所受之極度困難，誠堪為後來天文家所欽佩。氏之島上住宅，可供休息之用，又可為工作之所。氏之家族及不需要之朋輩，環居其左右；又似乎有一寵愛之倭人同居於其精巧之住宅。氏有時雖其天文工作，常與其弟子研究於其化學實驗室中。氏所注意之化學上特別問題，實不得而知之。但吾人聞悉第谷努力於醫藥之製造，且因其佈施分送，病者遂無缺乏醫藥之痛苦。

第谷之傲慢與專制之性情，常使氏感覺困苦，此性情似乎隨歲月而更甚。氏曾虐待頁嬰烏一

租戶，而法庭之不利判決，使此天文家大爲激怒。氏與哥朋哈梗皇庭之關係亦隨之而大變。公元一五九六年（一八）新君繼統，反對前君對於百嬰島之政策。對第谷之賞賜漸衰，終至剝奪其俸給。第谷遂憤怒忍辱，放棄百嬰島。數年後，吾人知氏在泊百米亞（Bohemia），已成龍鍾老人矣。氏歿於公元一六〇一年（一九）十月二十四日。

(一) Ireland 之 Ulster 州地方。

(二) 瑞典 Malmohus 州之海港。

(三) 明世宗嘉靖二十五年。

(四) Zealand 島東北海岸，人口四十六萬餘。

(五) 柏林西南五十五哩，普魯士 Saxony 州之都會。

(六) 明世宗嘉靖三十九年庚申。

(七) Vienna 西北鐵路二百十七哩處之 Bohemia 首都。

(八) 明世宗嘉靖四十一年。

(九) 德國 Saxony 王國之都市。

(一〇) 明世宗嘉靖四十三年。

天文家名人傳

- (一一) 德國 Mecklenburg-Schwerin 大公國之海港。
- (一二) 明世宗嘉靖四十五年丙寅。
- (一三) 明穆宗隆慶六年。
- (一四) 明神宗萬曆四年。
- (一五) 丹麥 Zealand 島海港。
- (一六) 瑞典丹麥間連結 Cuttegar 海與 Baltic 海之海峽。
- (一七) 希臘神話司天文之 Muse 神。
- (一八) 明神宗萬曆二十四年。
- (一九) 明神宗萬曆二十九年。

加里尼 (Galileo, 1564—1643)

天文家名人中，生平之饒興趣及飽經浮沈之生活者，無出乎加里尼之右。吾人可尊重其爲有恆心之觀察家與顯赫之發明家。吾人又可注意其私人關係，其女公子西來斯脫 (Sister Maria Celeste) 乃一非凡性情之女子，尤堪注意；又此哲學家自身所引起之威脅審問，遂成加里尼晚年之傷心悲劇。

關此奇異人物之記述資料，甚爲豐足。吾人尤可特別利用其女自尼菴寄與之可愛信札。此信札中，現今尚有保留者達百封以上，且由親愛子女寄與其父母之華麗動情信札，誠未有出其右者。其中之可尊敬的記述，包含於一小書中，是書名曰加里尼之私人生活 (The Private Life of Galileo)，公元一八七〇年由馬米南 (Messrs. Macmillan) 用匿名印行；余對是書著者，當表敬意，蓋本章所述之事實，採自該書者不少。

公元一五六四年（一）二月十八日加里尼生於碧沙（Pisa）（二）氏乃夫羅因丁（Florentine）貴族溫生佐加里尼（Vincenzo de' Bonajuti de' Galilei）之長子。加里尼雖係貴裔，但此大哲學家幼年所居之家似乎貧寒。至少當其青年之時，必習一藝以謀生，此乃明顯之事實。因其父之遺傳與教訓，氏酷嗜音樂，且似乎將變為最好之琵琶專家。氏天性又具美術能力，且勤奮攻修之。有時此將來之天文家，似乎懷意專攻繪畫為其職業。但其父決定必使之習醫。故當加里尼十七歲時，除美術外，尚有希臘及拉丁文字之知識，遂送入碧沙大學。

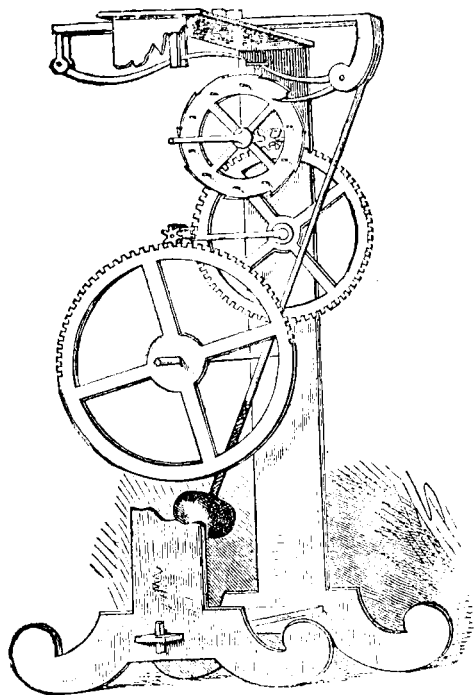
此青年哲學家於校中稍涉數學，對此科學，甚覺興趣，遂請求允許其習幾何學，其父允許之，並延師課之；但此實違其意，蓋恐此青年學生，對於其所認為重要課業之醫學，減少其注意。其父之如斯考慮，立有事實證明之。加里尼沈迷於歐几里德（Euclid）（三）幾何學原理，其父為避免其更昏迷起見，辭退數學教師，認為妙算，但為時晚矣，加里尼至是已有根底，頗能自修繼續其幾何學上之研究。氏先研究其所尊重之第四十七有名問題，更進一步，讀畢歐几里德書六卷，此乃當時最有價值之著作。

此青年學生在碧沙大學雖攻讀彌勤，學識淵博，但未引起學校當局之信任。當時認爲亞理士多德（Aristotle）（四）學說包含自然科學以及其他一切之人類智慧。每一學生均須誠心學習亞理士多德，乃其應盡之職務；對此尊崇先師之學說若有懷疑，甚至考問者，均認爲不能容許之推測。但青年加里尼胆忍自己想像關於自然之定律。當氏可直接由自然辨其真僞時，氏不信亞理士多德對於事實之斷定。氏之教師，對氏由不弛垂的勤勉所獲得之知識，雖不能不敬佩，但仍認其係一走入歧途之青年。

吾人熟知鐘錶內應用擺具，但或不知用此方法以調節測時器，乃此大天文家有名發見之功。似乎一日氏坐於碧沙之禮拜堂中，集中注意掛於頂棚懸燈因風所生之動搖。氏所注意之點，乃無論擺具所搖動弧線之長短如何，而每次擺動所需之時間則如一。此有思想之觀察者，遂推測擺具能用以調節計時者；加里尼用此原理，首先製造一鐘。此器具之直接目的，乃應用於醫學，以之測定病人脈搏之徐疾。

加里尼之才能，終得當局之相當承認，當年二十五時，被任爲碧沙大學之數學教授。當時遂爲

加氏自身認爲具有抵抗力足以打倒附從舊哲學者之時期。關於氏之物體運動學說之一重要部分，亞理士多德斷言墜石所需之時間，隨其重量而異，故由地面上某高度之點落石時，石愈重則落下所需之時間愈少。此種敘述，可由簡單之實驗駁倒之，且哲學上任何學理均永不能維持此說之地位。但亞理士多德曾敘說之，且倘有懷疑者，衆必嗤之曰『子豈以子之聰明尙勝於亞理士多德乎？』加里尼決心以最有力方法證明積年皆爲學者所認可之學說，乃係錯誤。碧



第二十二圖

加里尼之擺

沙斜塔之巔，遂爲此大實驗之實現地點。此青年教授由斜塔之上端，同時墜下輕重懸殊之物體。據亞理士多德之學說，重者比輕者宜先達地面，但事實則否。於萬目共睹之下，此簡單事實，證明二物相並而下且同時觸地。於是第一步推翻無容疑的附從主義之荒謬系統，而此系統曾妨礙自然知識之進步者約二千年之久。

此對於從來信仰之革命態度，使氏與學校當局不能合作。同時氏不幸又與其他部分相敵視。當時黎荷因港 (Port of Leghorn) (五) 市長耶奧溫里 (Don Giovanni de Medici) 計劃淺港 加里尼以挑釁態度，指示此事業之謬誤，遂使市長大爲憤恨，雖市長之計劃失敗足以證明加里尼批評之眞確，仍不能息市長之怒。由各方面觀之，加里尼覺其留居碧沙 之位置，不甚愉快，終被迫放棄其在校之教席。公元一五九二年，(六) 氏由其友人之熱而努力，擇任柏洞亞 (Padua) (七) 之數學教授，氏之終身幸獲此等友人之豐富給養。

於此新位置，加里尼開始其研究之奇異生活，此研究即所認爲革命科學者。氏對於職務之熱心，乃其不肯疏忽之本性。氏不久即能吸引羣衆聽其自然哲學之講述，而其教室常無立錐之地。氏

又在家私教弟子。在此工作之餘，氏致力其私人研究及不斷之實驗。

加里尼有發明研究哲學所

用機械之驚人智慧，其增進吾人

對於自然之知識，正與其他哲學

家相同。公元一五九九年，(八)氏

爲使其實際工作便利起見，僱用

技巧工匠於其自宅，而常試製加

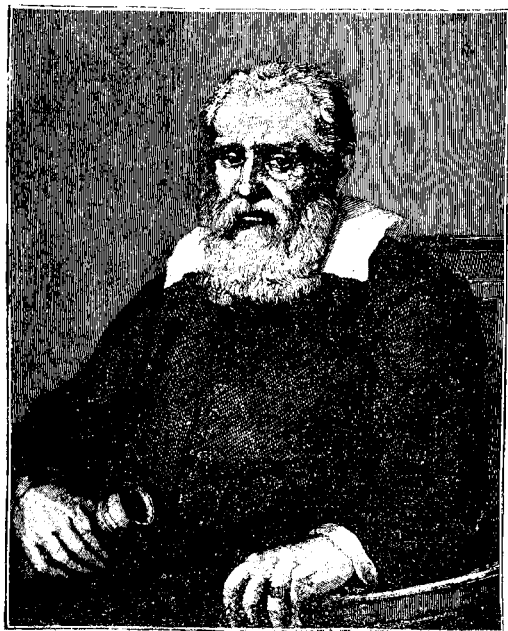
里尼豐富頭腦所想像之機械。氏

之最早發明，似係溫度表，乃公元

一六〇二年(九)所製。此器械之

雛形，與現今吾人所稱之溫度表，

當然有不同之處。加里尼最初利用水之漲縮，以測量溫度。其後氏覺若用酒精於此同樣目的，則其



第二十三圖

加里尼

效用更大。直至半世紀後始認水銀爲用於溫度表上最普通最適當之液體。

時期已近加里尼發明關於人類文化進步之偉大方法，繼而應用遠鏡於天文學。至於如斯儀器之如何發生，吾人可由其自身之敘述知之。吾人由氏寄與其姊夫南達西 (Tanducci) 之信札得知其經過。

『余作此信，因有一消息告君，但未知君聞之爲喜爲悲；余無回故鄉之希望，但此遭遇，反獲有用及榮幸之結果。君當知二月前有一消息傳佈於佛蘭脫斯 (Flanders)，(10) 謂有人獻一眼鏡於納素 (Nassau) (11) 之馬利斯公爵 (Count Maurice)，(12) 使遠者視之如近，故能使兩哩外之人，顯然在望。余對此甚爲奇異，遂開始思索之。余以爲須有透視原理之基礎，開始計劃其如何製法，終得成功，並製成一較優於荷蘭 (Dutch) (13) 人之遠鏡。余製一遠鏡之消息，傳至威尼斯 (Venice) (14) 一星期之後，令余呈閱於議長及議員，彼等感得無限驚奇。紳士及議員，雖年達耆耄者，均分次上昇威里斯之最高鐘樓，眺望遠在海港口外之舟楫，見之均甚顯然；若無余之遠鏡，則雖眺視二小時之久，亦不得見焉。此儀器之效用可使五十哩外之物體，視之若在五哩以內者。』

遠鏡之驚奇的效用，立即引起智者之注意。加里尼曾得各方面請求其新儀器，遂製造多具分贈顯者。

加里尼自身則應用此儀器於天體之觀測，因其具有特別效用，遂開天文學之新紀元。於此方面之首先發見，乃關於星體數目之增加。加里尼由其小遠鏡內所視之星數，十倍於其肉眼所能見者，覺甚奇異。誠然，此乃驚奇之事。吾人現今所熟知之天文學上根本事實，在遠鏡未發明之當年，常不易由觀察以解釋天空之現象。昔人皆認星體附於觀察者等距離之球面上，但吾人誠難假想加里尼亦懷抱此錯誤之信仰者。無論何人，若由加里尼遠鏡窺望天空之星數，十倍於其肉眼所見者，必不能再信仰此錯謬之學說。如斯推論，乃不能反對之者；星數增加之現象，乃較遠之星須藉遠鏡之力，始能見及；恰如威里斯海外之舟楫，在肉眼所能達到範圍之外，但用遠鏡則能窺見之。

加里尼之天空發見，層出無窮。銀河之壯美，久爲愛自然者所讚賞，但在此柏凋亞天文家神祕遠鏡未發明之前，由肉眼終未知其真相。眼光之美麗帶狀，乃由無數小星分佈於天空黑暗背景之上。各星過於微小，若無光學之幫助，則不能分別之；但因其數目之多，故由天體所發之光輝仍能使

觀星者熟知之。

加里尼發見四衛星繞木星而行，此可謂早年利用遠鏡之最大發見，或可謂利用遠鏡以來未曾有之最大發見。此種現象，完全出乎加里尼意料之外，故氏最初尚不信其視覺之爲真。但不久即知此四衛星環繞木星而運行之現象，乃毫無容疑之事實。多數顯者集於加里尼之前，觀賞表示太陽與迴轉於其周圍之行星系統之美麗模型。

當然仍有反對之者，不信另有四個移動天體加入行星系統之說。毀之者譏笑其說，謂此衛星實隱於遠鏡之中，而非天空之大體。某一懷疑態度的哲學家曾謂縱其自身見及木星之月，因其存在與常識原理相矛盾，彼仍不能信之。

在科學史上之特別時代，此新發明具有特殊意義，自無容疑。吾人當憶及昔日哥白尼學說所謂太陽爲此系統之中心而非地球，且地球每日自轉其軸一周與每年環繞太陽周圍一次，至是時始得宣傳。此自然界之新意見甚遭激烈之反對。在木星之衛星未發見以前，加里尼自身對於哥白尼學理之奧妙，似乎尙未完全信服。但自知多數小球圍繞一大球爲中心而迴轉之圖像後，不能不

感知此美麗遠鏡所表現乃行星與太陽關係之表記。此對於加里尼明示哥白尼之行星系統學說乃真確無誤。此見解對於大哲學家將來命運之重要，立即呈現。

加里尼之居住於柏凋亞，自身似乎認爲乃被迫而離其可愛故鄉之他斯加利（Tuscany）（一五）者。氏常渴望回歸其故鄉，最後果達其目的。當時加里尼之名聲甚著，他斯加利大公爵甚望此哲學家住居於夫羅因斯（Florence）（一六）認爲此舉足以光耀其領土。遂建議於加里尼，果於公元一六一六年，（一七）吾人知氏重返夫羅因斯任大公爵之哲數太師。

加里尼於柏凋亞生二女曰波里生奈（Lolissena）與烏爾新里亞（Virginia）及一男曰威因生佐（Vincenzo）。意大利紳士之女長大時，對其將來事業即已大概決定此乃當時之習俗或即尋求配偶或入尼菴以紗覆面，似乎以尼自居者。加里尼之二女，當幼年時即皆準備入阿西士利（Arcetri）之馬太（St. Matthew）（一八）法蘭西甘（Franciscan）尼菴。長女波里生奈以馬利亞西聶斯迪（Sister Maria Celeste）爲聖名，而次女烏爾新里亞則改爲阿甘傑那（Sister Arcangela）之名。次女似常文雅而深慮，與加里尼傳記之敘述，無甚關係。但其長女，雖永未離其尼

菴，對於加里尼仍保持父女之親密關係。加里尼訪問長女於尼菴，乃發生親密關係之一小原因；而此訪問常無定期，且常隔長久之時間。但加氏寄與長女之書信，實甚繁多且富情感，尤以晚年爲甚。氏所寄與之書信均已遺失，乃一最不幸之事。吾人確信乃當加里尼被捕審問時盡量毀滅之故，因恐以之爲反對氏之證據，或恐當其收到之時累及尼菴也。幸而波里生奈寄與其父之書信均得保存，且均極動人。

波里生奈對於加里尼常親愛的稱之曰「最親愛的主與父親」；每逢其寄與小札時，必附以小禮物，此禮物雖甚細微，但皆此貧苦尼姑所能贈與之最佳者。因加里尼之其他親族，均不足道，故此可愛通信所發生之恩愛，更形貴重。氏對於親戚常取寬厚態度，但彼等之蠢惡，惡習，自私及強橫，常使氏煩惱；氏所受此種之苦痛，殆至於終年。

公元一六二五年（一九）十二月十九日波里生奈書云「女爲此數日之夜禱，送上烘乾之梨二枚，更送上玫瑰花一棵，值此缺乏此花之季節，當可使吾父極度喜悅，而爲最大之優遇者。吾父對此玫瑰花宜受其刺，此乃示吾主之蒙難者，而其綠葉則示其希望吾人可懷抱此同一神聖之遭難；

吾人已過吾人生命中短期冬天之黑暗後，可得天上永久春季之光明與幸福。」

當加里尼之碌碌無能兄弟之妻子住居於此哲學家家中時，波里生奈頗以爲喜，蓋以爲彼等雖不能滿足人意，但對於照顧乃父，當能盡其責任。耶穌誕日之前夕，女士寄一小簡並附以小禮物，彼希望

「在此聖節中，上帝之平安降於吾父與其他同住之人。最大領及衣袖送與阿伯丁諾 (Alber-tina)，其他二領送與較小之二男孩，小狗送與嬰孩，又餅乾中加料者送與吾父，餘送諸各人。…」
加里尼對於自己屢示其不足以愛顧之人，尙繼續費其時間金錢與能力，施之以恩情。此良善尼姑曾批評之曰：

「最親愛的主及父親，吾今知吾父每逢機會，常施恩於無情義之人，乃行正道之路。此乃最道德最完善而最困難之動作。」

當瘟疫猖獗於其鄰居之際，加里尼愛女之憂慮可由下信知之：

「茲送上二壺甜藥，可用以防止瘟疫。其中無紙條者，乃由乾無花果，胡桃，芸香，淳鹽及蜜混合

而成。於晨朝食一塊如胡桃之大小，用希臘酒少許，迅速嚥下。」

瘟疫蔓延更甚，波里生奈種種困難之後，始得少量特別神聖尼姑埃蘇奈 (Abbees Ursula) (二〇) 所製之有名液體。遂送於其父並附以如下之信：

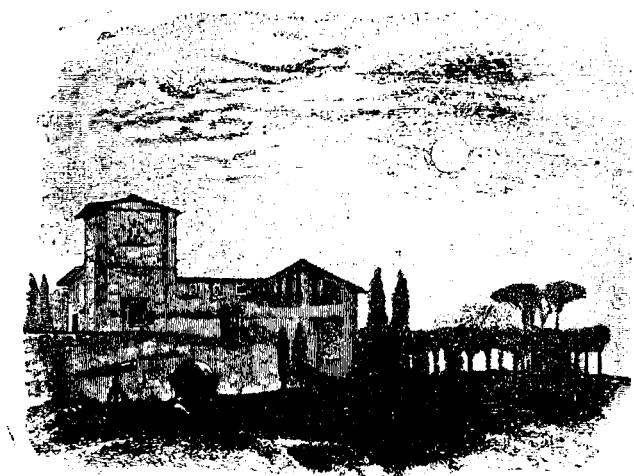
『敬祈吾父信此藥劑之力。因吾父若信女之可憐祈禱，亦必更信此神聖之尼姑；依其給與之賞罰，吾父必能免此瘟疫之危險，毫無容疑。』

加里尼服此藥劑與否，吾人固不得而知，但氏果避免此瘟疫之厄矣。

於夫羅因斯之加里尼新屋中，加氏又用遠鏡向於天空，且獲驚怪發見，以酬此天文家之工作。加里尼研究木星所得之大成功，自然使其更進而為土星之觀察。氏遂見一足可令人驚愕之奇觀，但不能正確說明之。土星非如木星或火星之簡單圓面者，乃極明顯之事實。加里尼似乎以為土星乃合三體而成，一大球居於中央而二小球各居其兩側。此發見之難解，遂使加里尼以迷惑狀態公布之。氏以多數字母集成一串而發表之；若按適當次序調置之，則成一句，意謂土星乃合三體而成者。現今吾人當然已知此行星呈此奇異現象乃因其光環之二個投影部分。由加里尼遠鏡之細微

能力，似乎僅見如小球或中央大球之附屬物而已。

加里尼在天文學上之最後大發見乃關於太陰之天平動 (Libration of the Moon) 余認爲加里尼之識知此種現象，足示其觀察之精細，比其他遠鏡所能作成之功績，均更驚異。太陰常以同一半面向我地球，此乃熟知之事實，但當細察月面之斑點與標識，得知其略有週期的變動，使吾人見之，有時稍偏於月面平均位置之東方或西方，有時又偏於北方或南方。



第二十四圖 阿西士利 (The Villa Arctri)

加里尼住宅，米爾頓(Milton)訪氏之處

加里尼之事業使傳述家特感興趣者，不獨因氏所得之勝利，亦因氏所受之痛苦，但其遭難與勝利有密切關係，吾人須經相當考慮，或可謂為科學史上之大戲劇更為適宜。

因哥白尼不朽工作之發見，得知地球自轉於其軸，更知地球與其他行星相同，亦繞太陽周圍而迴轉者，正教聞之大為驚駭。哥白尼之天旋論 (De Revolutionibus Orbium Coelestium) 曾經神聖羅馬教會提請判決於禁書目錄會 (Congregation of the Index) (二一) 經相當審查之後，遂於公元一六一五年 (二二) 判為邪說。因有相當確實之證據，加里尼遂被認為信仰哥白尼之邪說者。公元一六一六年二月二十六日氏遂被祕密召見於主教柏拉敏 (Cardinal Ballarmino) (二三) 之前，並警戒其不可教授或申辯此易受反對的學說。加里尼大為如斯通告所困。氏認為褻奪其與友朋談論哥白尼系統之權利，與剝去其教授弟子以其所信之大學說精確原理之特權乃一嚴重之事。氏既感自由之喪失，復自以虔謹之信徒，而見疑於教會，其抑鬱憤懣之情，有非可以言喻者。

公元一六一六年加里尼朝見教皇波爾第五 (Pope Paul V) (二四) 此教皇接見大天文家

甚爲慇懃，二人且行且談歷四十五分之久。加里尼向其控告敵人企圖以教會之權力困己，而教皇則慰勉有加。教皇自身相信加里尼之正道無疑，而且擔保於其在位期間，禁書目錄會決不再與加里尼爲難。

逮公元一六二三年（二五）波爾第五歿後，埃爾板第八（Urban VIII）（二六）被選爲教皇。此新教皇當其爲紅衣主教時，已爲加里尼之至友，且確曾書拉丁短賦以讚頌此大天文家及其發見。加里尼是時自然認爲時機已至，若加相當之謹慎，氏可繼續其研究及著作，不必慮及教會之不悅。果於公元一六二四年，加里尼之某友自羅馬請其再臨其城，並附言曰：

「在此最優善，博學及慈祥教皇庇護之下，科學必能發達。君之光臨必受其歡迎。彼曾詢余，君肯來乎？將於何時光臨乎？要之，彼之敬愛君，似乎更甚於昔日。」

加里尼之光臨立即實現，且當其回返夫羅因斯時，以攻者（Il Saggiatore）一書貢獻教於教皇。教皇甚悅，每令人於餐時朗誦之。曾召加氏入宮傾談，允以年俸賜其子，並函諭他斯加利新公爵費丁南德（Ferdinand），稱道此哲學家之才學，並令其優加禮遇。下文乃其函諭之一段：

「吾人覺知加里尼不獨學問卓越，更爲敬愛上帝者，且賦有易得主教善意指導之各種天性。現今當其光臨此城慶祝吾人高昇發展之際，吾人宜極親愛的歡迎之。且君當知其對吾人之親愛，吾人願賜以道德上及宗教上之榮耀證明書。吾人更希望君所施與之各種恩澤，亦如令尊之仁愛或更超過之者，當能使吾人滿意焉。」

教皇埃爾板第八對於加里尼之優加禮遇，似乎使氏希望宗教當局對於地靜大問題之態度宜有相當之變更。氏遂從事於其生平傑作『多哥兩系統之論辯 (Dialogue of the two Systems)』是書曾呈送法定當局審查。教皇自身以爲若能按照其所給與之一定條例，可不反對此書之刊行。第一點，此書之名稱，宜慎重其詞，務使明示哥白尼學說僅一種數理上之假說而非科學上之事實。加里尼又以教皇自身所擬之特別辯論，作爲是書之結論；而教皇以爲如斯論結，可以完全斷定反對哥白尼之新學說。

審查官遂發給加里尼公布其論辯之正式許可證，是書因之而印行。吾人必以爲此天文家對於是書之憂慮，當可冰息。實際上，此等憂慮尙未真實開始。神聖皇宮之主管利加迪 (Riccardi) 忽

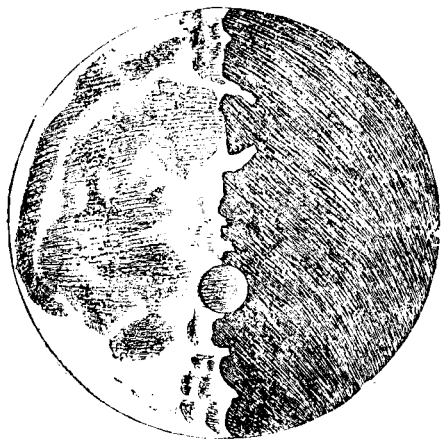
有所疑懼，令加里尼將包含其學說之手稿——正在排印之中——再送審查。利加迪所得之結論，顯然謂當初發給發行之權利時，或過於匆促，彼未曾加以充分之注意。因此重行審查之故，是書之發行大為遲延。但結果，於公元一六三二年（二七）六月加里尼之最大傑作『多哥兩系統之論辯』雖完全毀滅不朽之作者，終告出版而為世界之教本。

是書發行之後，風行於世，人人爭誦。但神聖皇宮之主管，復得理由，悔恨允許該書之發行。遂下專令沒收其在意大利之書。教皇對於加里尼態度之忽然變更，遂成為他斯加利大公爵上書羅馬當局力為規勸之論題。教皇自身似乎立即感覺是書含有邪說之印象。是書雖屢經神學家代表當局審查之，但其普通解說似乎仍為當局誤解其正當之意義。教皇回答大公爵之信謂彼將召集博學真正賢者討論是書，使其考慮書中每字之分量。教皇個人對此論題之見解，乃相信論辯包含最乖戾之說足傳入讀者之手。

神聖皇宮之主管者因准論辯之發行，大為當局所譴責。彼以出版之書與呈繳之原稿未盡符合辯護之。且引證加里尼未遵守其規約，未將教皇所擬辯護老正學說之辯論適當附加之。其一部

分曾經採納，自無容疑，但關於修改加里尼方面，未免使此可憐哲學家，過於難受。教皇所擬之辯論，於論辯中，乃出諸一人名辛布立西奧（Simplicio）者之口，反對加里尼者，力謂加里尼用此方法表示教皇之意見，誠有意譏笑教皇自身且辛布立西奧之名，具愚蠢之義，譏之者謂加里尼故以愚者疑教皇，宜乎其蓄怨之深。加里尼之友朋，力辯除表明其意旨外，誠無其他用意。但如斯惹起之疑慮，似乎有關於宗教當局之尊嚴。

公元一六三二年十月一日加里尼因受嚴重控告其邪說之故，被命赴庭鞫於羅馬宗教裁判所。加里尼當然表示服從命令，但以年屆古稀與老病爲辭，請求展期赴庭。教皇不允，並謂當昔日其爲加氏至友之時，業已警告氏之危險。教皇命令終不能不從。加里尼可任意徐行，但務必立即



第二十五圖 加里尼所給月面影像草圖

動身焉。

公元一六三三年（二八）一月二十日加里尼因服從此不容反對的傳票，開始其羅馬之行。二月十三日氏遂爲他斯加利公爵特命大使李哥立利（Niccolini）之賓客，李氏對於加里尼之境遇甚表同情，且係加氏永久仁愛之友朋。宗教裁判所對於加里尼似乎顯然亦有特別寬容與尊重之傾向。教皇爲尊敬他斯加利大公爵之故，特許加里尼有留居大使邸中之權利，此乃待遇其他邪說囚犯所未曾有者。嚴格言之，加氏須囚於裁判所之地牢中，當被告審問開始之時，加里尼實未囚於地牢而居於裁判所舒適房屋之中。

李哥立利力勸加里尼宣讀於審判官前之悔過書，極其機敏動人且有和解之意，大爲審判官所滿意，彼等遂代向教皇請求釋放。於其他裁判審問之中，加里尼遂被准許回居於大使邸宅，且受熱烈之歡迎。波里生奈以爲此乃表示全案業已結束者，於是自謂

『吾父前此最後之信使余歡樂異常，曾重覆誦述於各尼之前，彼等聞其內容，大爲欣喜，使余大受刺激，以致頭痛異常。』

加里尼於其申辯中，力說公元一六一六年被控爲邪說之時，已邀主教柏拉敏之恕宥；此次著述與昔同其論調，而前次學理之正確已經鄭重證實，當可無罪。問官頗有從輕意，顧教皇不爲動。加里尼遂於六月二十一日又復被傳，以酷刑恐嚇加氏，令其立即聲明著作論辯之理由。於此訴訟中，教皇對於大公爵鄭重聲明其因尊敬公爵之故，認加氏爲公爵之家僕，而於可能範圍內予以最大之寬恕。但其發行論辯，顯係違背公元一六一六年令氏緘默之命令，故不得不施刑罰於此天文家，以資懲戒。加里尼雖起訴謂此書業經神聖皇宮主管者屢次審查許可而後發行者，亦未邀恕宥。因認爲神聖皇宮主管者若未注意此哲學家十六年前所受之嚴重警告，加里尼有促其注意此事實之責任。

公元一六三三年六月二十二日加里尼被引入裁判所之大廳中，迫跪於衆主教之前，以聽其罪狀之宣佈。於苦心作成之長篇公文中，確定控告加里尼發行論辯犯有公開討論地動學說之重大罪狀。此公文確說加里尼明知此學說乃教會所極力宣傳與聖經相反者，而彼尙公開討論之，其對於教會當局之侮辱，莫此爲甚。又控告氏於論辯中所用之強烈辯論，不出諸維持純正學說者之

口，而出於維持曾經教會鄭重宣言有罪之地動學說者之口。

犯人之申辯，經相當考慮之後，知其自身使宗教裁判所疑爲邪說更甚；且其干犯神聖教規之各種刑罰及其他對於是等犯人所公布之法令，加里尼若能以己書之文字，自己宣布拋棄所被認爲之邪說，則懲罰之嚴重部分將得赦免。

同時宜加注意者，即對於所犯之重大罪惡取鄭重態度，乃欲以懲罰加里尼並警戒其他。加里尼遂被判決監禁於教皇宮中，每週誦懺悔之篇，以三年爲期。

於此裁判所之大廳中，遂有一永可紀念之活劇，即此衰老之加里尼——遠鏡發明者及著名天文家——跪下懺悔於主教及審判官之前。加里尼置其手於福音（Gospels）之上，呪詛痛斥虛僞之學說，此學說即所謂太陽居宇宙中心而不動，以及地球不居中心而且移動者。氏宣誓以後永不復作是言，並謂倘蹈前愆，甘受神聖教條之重刑。教皇乃命人以加里尼悔過之辭，宣讀於夫羅因斯，使加里尼徒聞之知所警惕，其所受挫折，亦可謂備至矣。

吾人應當注意者，即無論公元一六一六年之第一次或公元一六三三年之第二次，當局教皇

對於加里尼之命令均未簽字。遂發生爭論，謂波爾第五及埃爾板第八對於羅馬教仇視哥白尼學說之態度，均負擁護學術之責任。如斯情形乃評論從來所謂教皇決無錯誤之說。

當此驚駭密問之時，波里生奈對其親愛父親之憂慮，自在意料之中。加里尼至友大使李哥立利之妻曾將此事，函告此尼，於可能範圍內，極力安慰之。是女寄與其父之信札，復有許多動人之處。其所書之信札，例如：

『吾父新近受難之消息，使吾精神極其苦痛，此事之發生，全出乎意料之外。』
當其聞知准許加里尼離開羅馬之時，又作書曰：

『女欲將諸尼聞知吾父到達西亞奈（Subiaco）（二九）消息之歡樂情形，以辭表之。此誠屬異常之事。尼姑長及諸尼姑聞此消息皆跑至女前面擁抱，且因喜樂及仁愛之故，甚至於流涕。』

禁錮之判決，初由教皇寬厚的宣佈之。加里尼遂被准許有期監禁於西亞奈大主教家中。加里尼被迫離別其愛女，乃其所覺之最痛苦者。蓋氏最後知愛其女與其女愛氏之程度相同。氏女常告其父曰彼從未有能如服侍其父之快樂者。當其發現可以減輕其父誦織悔篇之工作時，彼作書曰：

「女不久以前開始爲此，且使女極其欣悅。第一因女相信爲服從神聖宗教而祈禱者必生效力；第二因可省吾父回憶之苦。若女入住狹小於現今所居之監獄，能使吾父自由者，女亦願爲之。」

波里生奈之康健日衰，但其得有尙能擁抱其親愛父親一次之莫大權利。實際加里尼已被准許回歸其老家；但此最後命令傳到之時，恰係加氏聞其女逝世之日，使氏永久悲慘的留居於其屋。

加里尼於老年日衰，親友斷絕與愛女死亡之中，仍以努力工作爲慰。氏開始其關於運動論辯之名著。但氏目力漸衰，終至喪明，使氏更形痛苦。公元一六三八年（三〇）一月二日氏與其友人戴奧達特（Diodati）書

云：

「嗚呼，君親愛友僕加里尼之雙目，已於前月盡盲矣。此天空，此地球，此茫茫宇宙，賴余遠鏡之



第二十六圖 加里尼家族之飾章

奇異發明，數理之推算表證，得以擴張至昔賢所信念者千百倍；然自今而後，余之世界，將收縮至於肢體感覺所及之小區域中。』其處境亦大悲矣。

本日臨降於此大哲學家之前，氏罹低熱病，而至於死，時公元一六四三年（三一）一月八日。享年七十有九。

(一) 明神宗嘉靖四十三年。

(二) Florence 西四十九哩之意大利 Tuscany 部之一州。

(三) 紀元前三百年頃希臘有名幾何學者。

(四) 385—392 B. C 希臘有名哲學家，逍遙學派 (Peripatetic) 之始祖，其學說乃以物質與形狀爲萬物之基礎，其事業最著者爲論理學演繹法之大成。

(五) 意大利 Tuscany 部之一州。

(六) 明神宗萬曆二十年。

(七) 意大利 Venetia 部之一州。

(八) 明神宗萬曆二十七年。

(九) 明神宗萬曆三十年。

加里尼

(一〇)自 Dover 海峽至 Schelde 河口北海沿岸之歐洲古國。

(一一)昔德之公國，今爲 Hesse-Nassau 州之一部。

(一二)德之將帥行政官 (1601—1679)。

(一三)荷蘭領東印度諸島。

(一四)意大利之海港。

(一五)昔中央意大利之大公國，今爲意大利之一部，含 Florence, Lucca, Massa e Carrara, Pisa, Leghorn,

Grosseto, Arezzo, Sienna 諸州。

(一六)意大利 Tuscany 部之一州。

(一七)明神宗萬曆四十四年。

(一八)基督教徒之一人，新約全書馬太傳之著者。

(一九)明熹宗天啓五年。

(二〇)據基督教傳說，Ursula 乃一處女殉教者，即與一萬一千個處女，於 Cologne 附近，同爲 Huns 軍所殺。

(二一)教會中討論禁止教徒當日之書日會議。

(二二)明神宗萬曆四十三年。

(二三)意大利之教皇樞密員，Jesuit 派之神學者 (1542—1621)

(二四)即 Amelio Borghese，自一六〇五年至一六二一年任羅馬教皇 (1552—1621)

(二五)明嘉宗天啓三年。

(二六)卽 Matteo Barberini (1568—1644)自一六二三年至一六四四年任羅馬教皇。

(二七)明毅宗崇禎五年。

(二八)明毅宗崇禎六年。

(二九)意大利 Tuscany 部之一州。

(三〇)明毅宗崇禎十一年。

(三一)明毅宗崇禎十六年。

刻白爾

(Kepler 1571—1630)

當著名天文家第谷臥病於臨死之牀第，有一可謂爲科學史上重要事件之會談。吾人皆知第谷生平關於天體位置之精密觀測累積甚多，但彼自身未由其豐富資料推知此等資料所指示之結果。他一天文家曾由第谷星算書籍發表說明該書所含之宇宙大真理。此青年哲學家被召請於大丹麥天文家之榻側，且第谷於臨終之時，請其整理各種計算，藉之以發見天體運動之祕密。如斯之鄭重的委託，當然爲此青年哲學家所樂受，而受之者亦卽著名不朽之刻白爾氏。

公元一五七一年(一)十二月二十七日刻白爾生於德國維登堡(Würtemberg) (1) 之維爾(Weil)城。氏幼年時似乎必遇特別不幸之環境。氏父雖出自貴族，但係一游蕩不事生產之冒險家；此大天文家更不幸而有其母。氏母乃一無知識性情暴厲之婦人，勃谿之聲，時有所聞；此不和之配偶，果於其長子約翰(John)亦卽吾人本章所述之英雄十八歲時，宣告離異。此青年雖得盛譽，但

於幼年時曾逢更苦之境遇，卽當其四歲時，患天花之疾。不獨目力永損而體質亦因此可怖之症而荏弱。

但青年約翰刻白爾之身體荏弱，似乎乃使其注意研究學問之直接原因。氏對於通常勞苦工作，若與其他孩童受同樣之待遇，則其將委身於勞苦工作，亦難疑料。但氏身體雖弱，不久卽示有豐富之勞心能力。氏遂認爲合乎其才能之職務，惟於教會中求之；蓋教會之職務，在當時乃爲勞心事業之最高尙者。吾人已知刻氏十七歲時已具進入銖平根 (Tubingen) (iii) 大學之相當標準學識焉。

刻白爾肄業於是校時，對於天文學與神學似乎並重。凡精通二種學問之人，常不能明白判斷何者宜爲其真正職業，此乃常有之事。其友人及旁觀者所認爲其應取之路，常比其自身所判定者更爲明白。刻白尼對於宗教天算均具深沈之造詣，故擇業時何去何從，殊難自決。氏自身似乎有以牧師職務爲有望事業之傾向。蓋刻氏傑出之天才，已流露於不知不覺之間，而自身反懵然無觀。幸同窗之侶，咸勸其從事天算之業，氏自身亦知當局者迷，旁觀者清，遂從友人之勸，於公元一五九四

年(四)應哥拉次(Green)(五)大學聘而充天文重要教授。

吾人生於近代，難知十六世紀時代天文學教授之特別職務。刻氏自然宜應用其天文學之知識，預言日月交食及天體之運行。此似乎有充分之理由；但實際出乎吾人意料之外，此天文家須預言國家之命運及個人之天命。

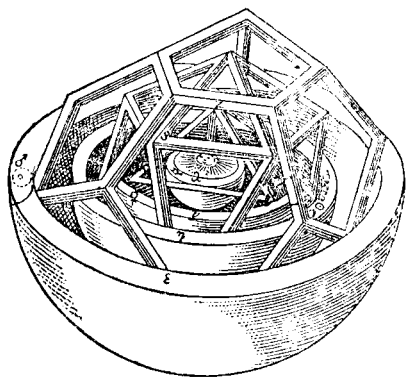
吾人務知當時普通之信念乃一切天體以各種玄妙形式繞行於地球周圍，而地球則爲宇宙間最重要之物體。想像日月各星運行之變化乃示國家及個人之事業。此乃普通社會之觀念，故有解釋天體運行職務之教授，遂被認爲務必說明天體關於人類幸福之暗示。

刻白爾對此大文教授之幻想工作，甚爲熱心，氏努力研究古人幻想所集成之星占學上各種定律。因氏之誠實信仰星體現象與人事有關係，使氏由其自身生平之事實，覺知確有定理足以確證行星對於人類命運之影響。

刻白爾時代之哲學家，似乎尙有其他種種謬誤，而與星占學全無關係者。前數世紀最有才能之人，對於宇宙系統，尙有如斯大謬之觀念，今日思之，殆係不可思議之事。茲舉一特異觀念爲例，此

種觀念會被認爲一種發見而首先使刻白爾得以成名者。幾何學者早知正立體有五而且僅限於五個。例如立方體有六面，乃如斯立體之最熟見者。除立方體之外，尚有四面，八面，十二面及二十面等立體。古人所知之行星適亦僅有五個，即水星，金星，火星，木星及土星是也。刻白爾之勃勃幻想，以爲如斯相同，乃示五個正立體相當於五個行星，更設種種想像的數學關係，以引證於此問題上。此學說之謬誤，甚爲顯然，現今吾人已知尚有三大行星（天王星，海王星，冥王星）及一羣小行星，超越於正立體之幻想數目。但在刻白爾時代，不以此學說爲謬誤，並以其公布爲學術上之成功。刻白爾立即爲人所尊敬。實際上，似乎因此之故，使氏得與第谷通信。更因此使加里尼亦知刻白爾之名。

當時對於科學教授思想變遷之注意，似乎比今日大學教授所遭遇者更甚。刻白爾乃一基督



第二十七圖 刻白爾之正立體系

教新教徒，且因此始得被任爲哥拉次之教授。但大學當局之宗教信仰發生變化後，新教徒之教授，悉被排斥。獨刻白爾因特別著名，特加優禮，復被聘回哥拉次，恢復其教職。但其徒星散，故此大天文家願受第谷之聘，任職於第谷新近在布尼克附近所成立之觀象臺。

不久第谷逝世，刻白爾遂得表現其天才之機會。氏繼第谷之後，被命爲路多夫第二（Rudolf II）之數學太師。但俸給減半，又多懸欠，禮遇稍衰。第谷首創之天文儀器，理應歸諸刻白爾管轄者，亦靳不之與，祇以第谷之觀測記錄歸之。刻白爾對於觀測之業，非性所近，故天文儀器雖落於他人之手，於彼實無損。而第谷之觀測結果，以付託得人，經刻白爾二十五年苦心孤詣之研究，終獲種種發見，成爲天文學史上重要之部分。

刻白爾又可認爲大天文家中最初用遠鏡觀測天體之一者。公元一六一〇年（七）氏首先獲得加里尼新近所用以觀測天體之小儀器一具。但吾人須知刻白爾所得成立新紀元之功績，非由於氏之遠鏡觀測，亦非由於他人之觀測。此皆苦心孤詣由第谷之行星位置觀測結果而推斷之。第谷之觀測乃用其自製大儀器而無遠鏡之助者。

科學界由刻白爾大工作所獲得之驚人進步，得由事實證明之，即在氏以前之天文家對於天體運動研究之難題，乃因其以行星必爲圓形運動之故。設某一行星非爲某一定圓形運動，則由多祿某學說得有一定之答案，卽此行星所運行之圓形自身亦有運行，故其中心又爲他一圓形運動。此卽所謂圓形運動之本輪均輪是也。

當刻白爾獲得第谷特殊技能所完成之火星種種奇異觀測結果時，經苦心研究之後，遂證明火星之運行，不能以圓形運動示之。亦不能想像火星運行於一圓形上，而此圓形之中心復運行於他一圓形者。欲使行星之運行與第谷實際觀測所得之位置相一致者，毫無良策。遂引起關於行軌道真正形狀之驚人發見。行星運行之軌道不能以一圓形或以數圓之組合表示之，但其可以圓形狀說明之；此原理之成立，可謂爲天文學史上之最大光榮。橢圓形有二點，俗稱曰焦點，太陽卽居此焦點之一。

刻白爾所示天文學上有驚人意義之橢圓，可用極簡單儀器繪之。卽具雙釘一線，無不能繪之。法插兩釘於紙上，以線兩端結繫成圈，套繞於兩釘之外。再用鉛筆之尖，牽線使緊張，則筆端與兩釘

成三角形，以線圈爲其邊。苟使此線緊張無懈，而同時移動鉛筆之位置，所繪之美觀弧線即係橢圓。而此二釘之位置即此橢圓之二焦點(Foci)。設此線圈之長不變，若此二釘愈相近接，則橢圓愈與圓形相類似；二釘距離愈遠則橢圓愈長伸。大行星之軌道通常乃近於圓形之橢圓。獨火星之橢圓軌道，不如其他重要行星軌道之近於圓者。關於行星軌道真正形狀之發見，吾人自然不能不歸功於刻白爾之驚異成功。第谷之觀測結果，不能確示行星軌道之橢圓性，例如金星之軌道與圓形相差甚微。



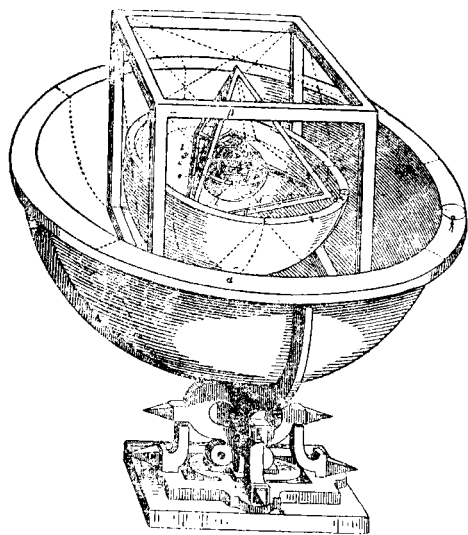
第二十八圖 刻白爾

吾人對此可紀念之成功愈加默思，則驚異愈甚。吾人務知近代由物理學知識言之，行星必爲橢圓運動而非其他弧線者。但刻白爾無此知識。甚至其晚年仍不知有何自然理由，使行星必按幾何學者所熟知之特別弧線而運行。刻白爾指定橢圓乃行星軌道之真正形狀，遂被認爲輝煌之臆測，而其真理乃第谷之觀測結果，使氏證實之者。刻白爾又發見一種定律，足以精確說明行星在其軌道上各點之速度。於茲吾人又宜讚佩此奇異天文家臆測天然深理之精明。斯時氏又不知有何自然理由，使其務必服從其所發見之定律。刻白爾又確稍具現今吾人所謂萬有引力之知識。氏曾宣布顯著學說，卽謂上下潮必由於太陰對地上海水之吸引作用。但氏似乎未料及不久之後奈端從事於此奇異之發見，而奈端曾謂刻白爾奇異穎悟所發覺之定律乃萬有引力之自然結果。

欲鑑別刻白爾與第谷之關係，務知此二著名天文家對於天空系統之觀察點，極不相同。須知哥白尼已立真正系統之說，以太陽居行星系統之中心。但於第谷時代，此學說未得普通之認識。實際此大觀測家自身亦未接受哥白尼之新說。第谷意謂地球不獨似乎爲宇宙萬物之中心，而確係其中心焉。研究天文精密如第谷者，尙審慎反對哥白尼學說而贊同現今似乎甚爲荒謬之系統，其

堪注意者誠不爲小。第谷終其一生之大事業，乃繼續觀測日月行星之位置，且確然主張如斯一切天體皆以地球爲中心繞之而行。但刻白尼有服從新說之機會。氏利用第谷之觀測結果，以發展第谷所堅定反對之大哥白尼學說。

新科學之一篇，或可表明各大人物智力之不同關係。哥白尼天空學說之革命，常與達爾文 (Darwinian) 學說對於生物學者所發生之人類住居地球上之革命相類似。達爾文學說最初未得普遍之認識，甚至於專心研究動物而獲大成功之動物學者，亦不信其說。例如大動物學家歐文 (Owen) 教授之工作，曾使吾人對於古代住居地球上化石動物之知識，大爲增進。歐文之研究與達爾文之大工作有密切關係。且常供給達爾文以改



第二十九圖 行星系模型

造新紀元之資料，但歐文仍審慎反對接受達爾文之新學說。歐文與第谷相似，保存堆積其事實於一種關於生物起原說之各種見解勢力之下，而此見解乃現今普通所認為錯誤者。故吾人若以達爾文比擬哥白尼，以歐文比擬第谷，則可以現今之生物學家比諸刻白爾，而氏乃以健全之學理解釋真確觀測之結果。

以吾人近代學識之眼光誦讀刻白爾之著作，常深感刻氏對於自然大真理之見解喜驛人不能之談。但吾人當知刻氏著書之時，雖如今日吾人所知之科學初步，亦殆完全不知焉。

人類之任何歡樂，有比研究自然真理成功者之歡樂更為真正者，殊屬疑問。刻白爾經數年之刻苦奮力，始告成功，且氏認為乃其最初發見驚人定律中之最大者，刻氏之忻悅欲狂，凡從事科學者，無不表同情焉。刻白爾正確決定一行星繞行太陽一周所需之時間與其與太陽之距離有某種關係；換言之，與行星軌道之半徑有關係，故吾人遂可假設行星之軌道乃係圓形。

當刻白爾探求未知之定律時，並無正確之力學原理足以指示其步驟。當然，現今吾人不獨精知行星距離與其周期時間，更知其係萬有引力之自然結果。刻白爾對此問題，確非無相當臆度，但

不過最幻想之性質而已。氏對於行星之觀念，在某重要方面雖如斯真確。但混以關於金屬性質之漠然思想與正立體之幾何學關係。要之，氏之理解，常插入星體之星占學上關係及其所指示關於人類命運者。於此混雜觀念影響之下，刻白爾決定爲種種試驗，以探求行星太陽間之距離與其繞行太陽一周所需時間之關係。

行星與太陽之距離愈遠則其繞行太陽一周所需之時間愈久，此乃明顯之理。吾人可以想知此時間與距離成正比例。但此設想與事實不符，亦易知之。刻白爾覺知此關係非如斯之簡單，遂假設種種計算方法，以求足以表明其關係之真實方法。最後，經種種無用之嘗試，始得知行星繞太陽一周所需時間之平方與其與太陽平均距離之立方成正比例。二十年學道，一旦功成，刻氏此時之樂，誠有南面王不易之概矣。

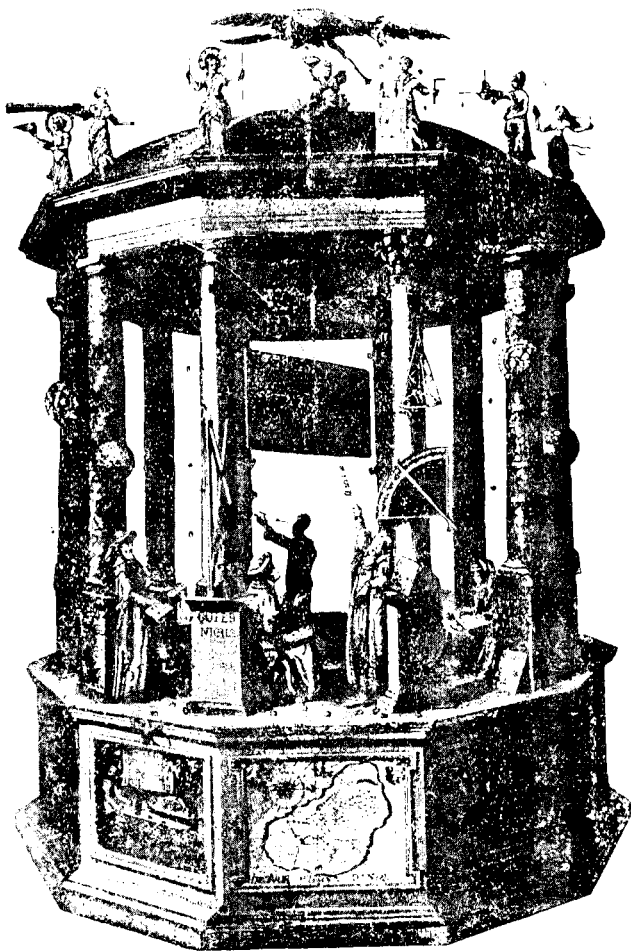
刻白爾對於天空現象研究所用之異常方法，可由上述之顯赫發見證明之。當其公布行星太陽間距離與其周期關係之定律時，混以各行星性質之荒謬概念。氏謂各行星各具特別奧妙之音樂，非人耳所能聞者，又謂其呈如斯之音樂，僅因人類靈魂作成太陽生氣勃勃之靈氣。氏擅各爲創

立一調。地球之調則指爲 3(Mi) 4(Fa) 3(Mi)。因斷世上所以充滿生老病死之痛苦實由於此。蓋苦痛 (Misery) 從 Mi，而饑饉 (Famine) 則從 Fa 也。其放誕無稽乃至於此。

刻白爾又爲天文家中，首先敢爲行星凌日驚奇現象之預言。公元一六二九年（八）氏公布天空之希奇現象，預言公元一六三一年冬季之某一定日期，水星及金星必將凌日，即將通過太陽面。水星之凌日，加生迪 (Cassendi) (九) 果按時觀測之；至於金星凌日，現今吾人雖知其必發生，但當時歐洲天文家之能力尙不能見此現象焉。

刻白爾除由上述發見，得永垂其名於不朽外，其最得天文家之感佩者，莫如路多芬表 (Tycho-
olphine Tables) 之發行；是表出版於公元一六二七年，是爲刻氏終身最後之傑作。由此表得知行星之位置，其精確程度遠過於昔日所知者。

吾人當知刻白爾非一天文觀測家。其功績乃討論第谷所觀測之結果，施以慎密研究與比較之後，遂發見天體之運行。實際第谷供給觀測資料，而使此資料變爲完美而有用之結果者，則全恃乎刻白爾之天才。路多芬表被認爲天文學上之標準工作者，達一世紀以上之久。吾人皆知近代可



第三十圖 路多芬表之紀念物

由航海通書 (Nautical Almanack) 或外國所發行之同類刊物以求天體運行之正確位置。但吾人當知刻白爾乃首先努力於此方面者。

刻白爾年二十六，與斯泰利亞 (Styria) (10) 之婦結婚，婦年雖二十三，但已有婚姻之經驗。蓋婦之第一夫已死，逮與第二夫離婚之後，即接受刻白爾之求婚。婦出自豪貴之家，性傲慢，刻氏家庭殊鮮侶隨之樂。殆一六一一年婦死，將續絃，鑑於前車之覆，乃審慎將事。渠與友人書，論及婚姻事云：「此間有待字之淑女十有一人，雅願與天文家締百年之好。然以預定之條件，細加較量，則瑕瑜互見。」終乃擇一蓬門貧女幼失怙恃者娶之。夫婦感情極其融洽。氏與前妻生五子，後妻生七子。

刻白爾青年時代，曾為苦境所困惱，其困難在當時固屬常見之事，但在近代吾人誠罕見之。氏母加脫林刻白尼 (Catherine Kepler) 被疑為有巫術之罪，遂得不幸之罪名。氏從事於法律研究者數年，此天文家經十二個月以上之不斷的努力，終得當局釋放其母而判決無罪。

有一時期，曾有刻白爾宜放棄其故鄉而以英國為家之提議，吾人對此當饒興趣。此提議之發生，因此大人物生平常受經濟困難之痛苦。英國駐威里斯 (Venice) 大使亨利吳頓爵士 (Sir

Henry Wotton) 知刻氏之窮乏，遂於公元一六二〇年(一)請其移居英國；爵士確信刻氏若在英國，必受熱烈歡迎，且刻氏之科學上大工作當能更爲重視。但此請求未告成功，因氏不願離其故鄉之故。時氏年四十九，若住居於外國，言語不通，不能使氏得充分興趣無疑；故雖有大使所貢獻之勸誘，終告失敗。刻白爾若應此聘請，則必移寓於英國，其所得之事業上的變遷，必如二世紀以後其他大天文家所發生者。吾人已知候失勒(Herschel)於幼年時代移居英國，遂因其科學的成功，與英國以不朽之盛名。

印刷論述天體運行之路多芬表需費甚鉅。大部分由威里斯政府支給，但其餘額仍使刻白爾受不少煩惱與擾憂。當時當局不欲撥款補助科學事業，當然比現代之政府更甚。數年後皇家財政部予以補助，以救濟刻氏之焦慮。但因種種憂愁與長途跋涉之結果，刻白爾之健康，全被毀損。吾人已知氏自孩提之時，卽已失其強健，至公元一六三〇年(二)十一月罹熱病之症而歿，時年五十九歲。氏葬於拉提司本(Ratisbon) (11) 之比得教會(St. Peter's Church)。

刻白爾雖無其大前輩第谷浪漫生活之個性，但非全無爽爽之性情者。此乃關於才智之性情。

氏之幻想常與其理解能力同時表現。氏不斷的受特殊推論之助。此推論大部分均極荒謬無倫以及奇怪之幻想，但其幻想有時變爲自然現象之中心，而不朽之真理，遂亦隨之而發見。

余曾訪近代某大天文家於其觀象臺，渠曾示余大樟上之種種相片，乃其曾經嘗試而未成功者；後復示余以成功之少數相片，乃藉之以發見重要真理者。余自是以後，常思彼暗示樟上所有之相片乃『無價值之物』。是等相片雖無用處，但係真正成功工作所必發生之物。故此全係偉大而良善之工作。科學上雖最機敏之人，亦常追究種種錯誤之踪跡。彼所走之路屢被欺騙。天才及智能愈大者，其所作之嘗試亦愈多，且其嘗試，多無結果。是等自係『無價值之物』。在刻白爾方面，無價值之物誠爲不少；且均係特殊種類與驚異之構造。但偉大之發見，常由如斯情形而發生，故使吾人對於刻白爾之最無價值之幻想，亦加以莫大之敬重。

刻白爾之事業，世之毀譽者參半。其著述中，喜僻人不經之談，爲後世天文學者所詬病，謂非科學之正諦。或謂以刻氏之天才而耗於臆說謊言，實堪痛惜。倘其全集中四分之三類此文字，悉行焚去，刻氏著作之價值或反可增加。然其好學之熱誠，鑽研之勤奮，流露於字裏行間者亦將隨以俱泯。

讀刻氏之書，雖不免時興簸沙揀金之嘆，愈見學說之完成，真理之探得，決非一蹴可幾者也。

刻氏用橢圓之運動，釋火星之運行，推翻傳統圓形之學說，可謂富於革命之精神。然氏對於宇宙和諧整齊之性，則又深信不疑。火星軌道既作橢圓形矣；地球繞日，其路線呈橢圓狀，亦信而有徵。則類推以及其他諸行星，宜乎均與火星同調。但刻氏此種之理想，美則美矣；果能與實際相俾合與否，仍有待於研究之努力。於是上書於路多夫帝請撥款補助，俾竟行星研究之全功。其措辭隱約詭奇，頗具談諧之旨。大意謂此番與戰神（指火星）惡鬪，賴主公之德，得使醜虜俯首就縛，待命階前。但戰神種族繁衍天上，父木星而祖土星，姊金星而弟水星；骨肉手足，不堪離散之苦，常思得間爲戰神雪恥。倘吾皇能假以十萬橫磨，則么麼小醜，何堪一鼓蕩平。燕然勒石可操勝算矣。帝未能用其言，所請遠征軍費，靳不之與。然遠征之軍，並不以餉糈無着，中止出發；刻氏行星之攻討，仍進行自若。其研究之熱誠勤奮於茲可見一斑焉。

(一) 明穆宗隆慶五年。

(二) 南部德意志之王國。

- (三) Stuttgart 西南十八哩之德意志 Württemberg 王國之都邑。
- (四) 明神宗萬曆二十二年。
- (五) 澳洲匈牙利 Styria 州之首都。
- (六) 一五七六年至一六一二年神聖羅馬帝國之皇帝 (一五五二——一六一二)。
- (七) 明神宗萬曆三十八年。
- (八) 明毅宗崇禎二年。
- (九) 法之數學家哲學家 (一五九二——一六五五)。
- (一〇) 澳洲中部之一州。
- (一一) 明光宗泰昌元年。
- (一二) 明毅宗崇禎三年。
- (一三) Danube 河畔之德國 Bavaria 王國之都市。

奈端 (Isaac Newton, 1642—1727)

加里尼逝世恰值一週後，有一嬰兒入世，命名曰奈端。加里尼之盛名，若與此解釋宇宙真理第一人之哲學家相比較，亦不能不退居其次焉。蓋奈端之於天算家，誠如麒麟之於走獸，鳳凰之於飛鳥，泰山之於邱垤，河海之於行潦，皆出乎其類而拔乎其萃者也。

公元一六四二年(一)十二月二十五日，奈端生於林肯夏 (Lincolnshire) (二)之梧斯波 (Woolsthorpe) 地方，距哥斯脫埃士 (Colsterworth) 約半哩，而在格蘭散母 (Grantham) (三)南八哩。氏父與拉南夏 (Rutlandshire) (四)之奧巴頓 (Market Overton) 地方愛伊斯哥 (James Ayscough) 之女哈伊埃 (Harriet Ayscough) 結婚，甫三閱月即捐館舍，故奈端實係遺腹之子。襁褓時，體質在弱異常，時虞夭折。幸賴母氏之劬勞鞠育，藉獲無恙，終享期頤上壽，誠非始料所及。母子住居梧斯波，凡三年，其生活費全恃品斯脫夏 (Leicestershire) (五) 鄰近銖斯脫 嬰

(Sewstern) 地方小產業之收入。故甚赤貧。

公元一六四五年，(六)氏母不能守，改嫁於斯密士 (Rev. Barnabas Smith)，當其移居距格 斯波約 一哩之新宅時，將奈端 託養於外祖母愛伊斯哥 夫人之家。奈端 兒時之生活，恍同於幼失怙恃者矣。經相當時期之後，奈端 入格蘭散 母之小學，其校長係斯多克士 (Stokes) 氏。爲近於學校起見，此未長成之哲學家遂寄寓於格蘭散 母藥商克拉古 (Mr. Clark) 之家。由奈端 自身所述，得知其初在學校之成績，常居全班之末位，且不能爲一模範學生。足使注意拉丁文法 之校長對其寵愛者奈端 後來之勤勉，誠由刺激而生。蓋氏嘗與校中羣兒嬉，一日爲班中某生所重寤，該生成績素居其上。經茲刺激之後，乃發憤勤學。未幾奈端 在校之成績，不獨凌駕該生之上，且列前茅爲全班冠焉。

大哲學家遊玩之時，專心追索其他學童不同之玩物。其重要娛樂乃作機械玩物及各種巧妙之物。氏日必留心注意學校近旁工人所修建之風車，甚感興趣。結果此青年製一可用之風車模型，機括畢具，此似乎足以表現奈端 對於機械學之才能。氏又耽於更高一級之機械事業，曾創製一車，乘坐者可以手轉輪，使車前進。是真有功於殘廢之人，非徒玩具而已。氏又作一鐘，可藉水之力而運

行者。又嘗製紙鳶放之，雖在齟齬，已知應用試驗之方法。所製紙鳶，形式大小各殊，綴線之法亦各異，藉以比較其優劣。故奈端製鳶之成績，邁越他童，因此雅得同校諸生之歡心。氏又製紙燈，以供照耀。其冬季暗黑晨朝時赴校之用。

奈端終身未娶，然少時亦曾一度墮人情網。此前無古人後無來者之大算家，其情史或亦讀者所樂聞乎？其事實曾載於布流斯脫（Brewster）之『奈端傳記（Life of Newton）』，茲擇述於下。

『在其居停家中，有數女伴焉。氏與女伴，似乎甚感快慰。諸女伴之中，有一女子，斯多利（Miss Storey），其名，乃哥斯脫埃士附近巴克敏斯脫（Buckminster）地方醫師 Dr. Storey 之妹，較稚奈端二三歲，既饒風韻，復勤操作。此青年女子與奈端之交誼，常比其學友更爲親密。彼等間之最得意事業，乃合作小桌與小櫃，以及其他放置彼等玩物首飾之器具。奈端與斯多利同居此屋約六年之久，始則青梅竹馬，兩小無猜；



第三十一圖 梧斯波 (Woolsthorpe Manor)

圖示奈端青年時所作之日晷 (Solar dial)

逮年事稍長，自然含情脈脈，神馳心許。然點金乏術，難賦桃夭；輾轉蹉跎，春風有主。女曾再嫁而寡，晚景蕭條。公元一七二七年（七）斯挑克尼博士（Dr. Stukely）訪之於格蘭散母之時，已稱爲威因森夫人（Mrs. Vincent），年八十有二，並以本章主人翁早年歷史之詳細情形，告諸博士。奈端對於女士之尊敬，終其身而未或減。奈端每至林肯夏，必造訪之，每逢其經濟困難，必周卹之。

氏母二次孀寡時，奈端年僅十四，尚係格蘭散母之學童。母望其二次結婚所生之三子回返梧斯波之故居。因生活困難，遂命奈端輟學務農，冀得微資以佐家用。但氏自從發憤攻讀之後，求學之志日堅，而興趣亦愈濃，廢書業農，雅非所願。徒以慈命難違，姑赴田間操作。然於應行監視工人耕種之時，忽見風輪抽水之機，乃佇觀格求其功用；至於工人耕作之勤惰，則不遑顧及矣。又每靜坐籬旁，運思作計算，而於糶賤賣貴之事則避之若浼。母亦賢慧，見奈端之性終不可化，乃許其回校重理課業，以作他日投考大學之準備。

公元一六六〇年（八）六月五日奈端年十八，入劍橋（Cambridge）大學之士林立提（九）學院（Trinity College）肄業。此青年人最高學府之後，竟成爲最著名之學生，誠非送其人學者所能

夢想也。此少年自身亦不能預料其在門口附近之住宅，竟因其住居而著名；更不知校前禮拜堂所飾之華美雕刻而尊爲劍橋大學主要美術寶物之一者，乃因其原有之華麗與紀念其最傑出之校友——永垂不久之天文家奈端——之盛名也。實際奈端之入劍橋大學決非榮幸，因其門第式微，頗遭儕輩之輕視。氏之才能雖已表示其足爲哲學事實之沈思，但其入大學似乎亦不過懷抱少年所欲求之普通知識而已。

奈端大學生活之發軔，似乎最重視數學。氏開始證明自然界深奧祕密之奇異現象，一世紀以後，拉伯拉斯 (Laplace) 曾下公平之判決，謂奈端不朽之工作誠超越一切人類文化產物以上。奈端雖係最大數學家，但非專爲數學之數學家。氏以數學爲工具，用以發見自然界之定律。氏之勤勉與天才不久獲得學校當局之注意。據大學之記錄，氏於公元一六六四年（一〇）得獎學資金。二年後，時疫盛行，住居大學者均遠離劍橋，奈端亦然。此哲學家退居於其梧斯波故居，直至公元一六六七年得劍橋大學士林立提學院學士，又獲獎勵金。自是以後，奈端之盛名，漸尊爲數學家及自然哲學家，遂於公元一六六九年榮膺劍橋劉加廠 (Lucasian) 數學教授之高職，時年僅二十有七。氏

遂得繼續發展其發見之機會，得成其一生之事業。

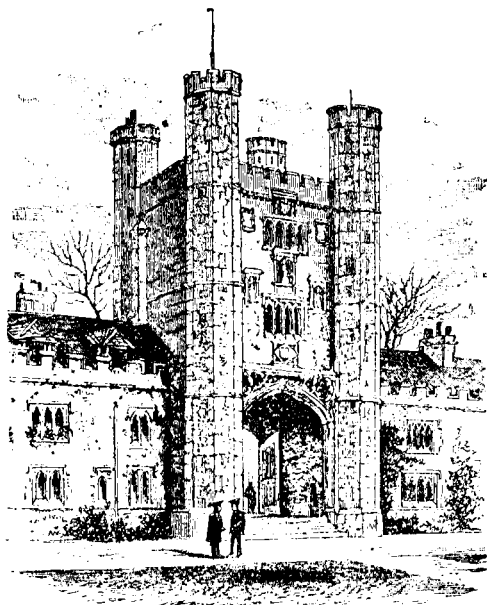
奈端最初關於自然哲學

之大功績，乃光之混合性質之發見。通常所見之日光，實由各色光線混合而成，此乃現今略具物理學知識者皆知之學理。但吾人當知奈端公布此學理時，實爲科學上大進步之發見。

第三十三圖乃示奈端所

繪之小圖解，用以解釋氏最初知悉混合光之試驗。令日光由

窗上圓孔且射入黑暗之室。此光線若無何妨礙，則其經路必爲直線以達於紙板上，且生一光點於



第三十三圖 劍橋大學士林立提學院

圖示奈端之住室；氏置遠鏡於門口屋頂鉛板之上。

顏色之光線如赤，橙，黃，綠，藍，深藍，及紫色等，各發生於紙板上不同之位置。如斯稜鏡有表現混合光線構造之效用。

尚有更進一步之事實，吾人現今似已完全明知者，而奈端審慎採用之。氏以特別之注意，由種種不同試驗證實此說明，而各種試驗皆證實其發見者。茲擇其一而述之。氏在紙板上紫色光線所落之處，鑿一小孔。於是僅將紫色光線通過其孔，其餘各色光線均仍留於紙板之上，氏對此隔離之光線，復為其他之試驗。例如氏又插入其他稜鏡於此經路，遂發見其所期望之事實，即此光線復被偏轉 (Deflection)，氏更量其偏轉之量。氏對於光帶他端之赤色光線，復為同樣之試驗。氏令赤色光線通過紙板上之同一小孔而檢查第二稜鏡所能發生偏轉量之多寡。遂得知其所預期之事實，即第二稜鏡偏轉紫色光線之效力比其偏轉赤色光線更甚。氏遂認虹之各色乃由稜鏡偏轉不同程度而生者，紫色被偏轉最甚而赤色最少。

奈端不獨分解白光而成其所混合之各色，更依反對方法，插入第二稜鏡，以一角向上，得混合各色復發生其原來之白光。由其他各種方法，氏又說明其著名之建議，即謂白光乃由虹霓各色混

合而成之結果，當時對此建議，似甚以爲異者。氏依適當比例，混合油匠所用之各種彩色，其結果未得通常所稱白色之混合物，僅得一灰色顏料。氏以此顏料置其室內地板上，以與白紙相比較。氏令輝耀之日光射於白紙及其近傍之混合色上，請友人比較之；結果此友人謂於此情形之下，混合色似乎更白於白色。

奈端由屢次之證明，遂得光之混合性質之大發見。氏立即感知其所研究與遠鏡構造之原理，有重要關係。自加里尼發明遠鏡以來，用之者恆憾所見之星像，五色雜陳，不甚明晰。欲救其弊，或製奇長之遠鏡，或改鏡片表面之曲率，然終無效。蓋遠鏡缺點之原



第三十四圖 奈端

因，當時曾誤解之。製造折光遠鏡 (Refracting telescope) 不能達到成功之原因，認為當時物鏡 (Object glass) 僅由一塊所造成者，不能適當構成之。數學家曾充分說明若各色光線通過玻璃之屈折相同，則適當作成之簡單透鏡 (Lens) 必能使光線集於同一焦點。在奈端發見白光之混合性以前，世人皆認白色光線中各線之屈折皆相同。若果如斯，則適當改作物鏡，自然可得一完善之遠鏡無疑。但當奈端指示光線決非如是之簡單時，若僅用一簡單對物透鏡，無論如何審慎製造，必不能得一完善之折光遠鏡，是乃明顯之事。如斯物鏡自然可以集合同一顏色之光線於同一焦點，但白色光線中之其他顏色光帶必進行於不同之經路，從來製作完善折光遠鏡所感之困難，奈端由此方法，得解決其大半。

吾人現今已知消滅如斯困難大部分之方法，即用二塊不同性質之玻璃合成透鏡，以之爲物鏡。如斯物鏡即所謂消色物鏡，自奈端時代以來，天文知識之大進步，乃由此而促成。奈端深加考求之後，斷定消色透鏡之製造，理論上頗有可能；但用二種不同性質合成之物鏡，其磨琢之工作必困難異常。氏之驚人智慧，對此自然之解釋，似曾告束手無策。奈端對於消色物鏡發明之失敗，吾人不

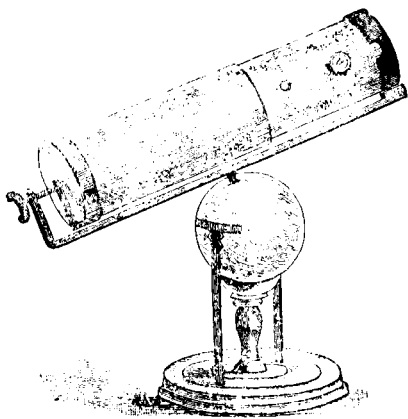
必加以惋惜；蓋氏判決消色物鏡磨琢工作不可能之結果，遂使其得發明返光遠鏡（Reflecting telescope）焉。氏相信遠鏡之缺點，不能應用屈折原理補救之，遂向其他全不相同方面，努力改良其器具，而天文學因之得以進步。氏覺知光之屈折乃由其顏色而生。但光之反射定律，與顏色全無關係。無論光線之爲赤或綠，爲藍或黃，其受一鏡所反射者，完全相同，即不受分光作用。奈端遂認爲若能利用光之反射作用製一遠鏡，而不應用屈折定理，則前此所覺之困難，必可避免矣。

因此之故，奈端遂以銅錫之合金，磨成中凹之鏡面，其表面之光澤殆如銀面者。當星光射於鏡面時，星像則生於鏡之焦點處，再以擴大目鏡觀察之。此即有名奈端式返射遠鏡之原理。氏所製之小返光鏡，如第三十五圖所示，現今尙保藏於英國皇家學會中，珍如拱璧。遠鏡筒大小適度，直徑僅一英寸。其徑雖小，實爲巨大儀器之先驅，其後所製之返光鏡，皆逐漸增大，至公元一八四五年（二）羅斯（Lord Rosse）之六英尺徑返光鏡與一九一八年（一）美國威爾遜山天文臺之百英寸徑鏡以及最近美國企圖製造之二百英寸鏡，實皆濫觴於此。其影響所及，豈不鉅哉。

奈端所發見之光之合成，引起莫大之爭論，使此大哲學家受不少之煩惱。攻擊奈端之人，亦有

堪使人注意者，有應加以承認者，甚至有應得科學上之良評者。彼等對於奈端所注視之色帶之伸展原因，紛紜其說，莫衷一是，實際皆非奈端所說之真因。奈端因嗜真理之故，以特殊忍耐精神，對於如斯攻擊，均與以確實之回答。氏以極充分之理由，指示反對者如何誤解此問題及其對此自然現象知識之淺陋。氏對於各點之回答均能引證新試驗，列舉新說明，直至攻擊者緘默其口而後止。

奈端一生事業，常有訐發反對者錯誤之種種煩惱，誠堪驚異之事。甚至於反對者自身尚不知其所討論之問題，而奈端仍須指示之。哲學家常可謂「余知余無錯誤，他人認余錯誤與否，乃他人之事，此不足以困我者。若告以真理之後，彼等仍欲錯誤，乃彼等自甘錯誤；余之寶貴光陰，自有其他用途，無庸用以再加解釋，以求其不錯誤焉。」但奈端所取之態度則非如此。氏費不少可貴之光陰，用以消滅無關



第三十五圖 奈端之小返光鏡

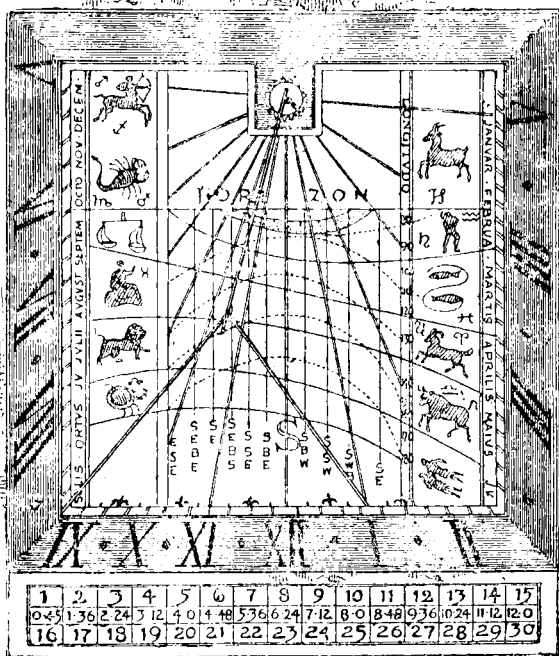
緊要之異論。氏因攻擊者之固執且亦有可謂由於惡意者，實受不少之煩惱。氏對於他人所說不能以其不足輕重而置之不理者，乃氏自身之憾事。

光學之問題，仍爲奈端所重視，氏由其他關於光之有價值之研究，繼續研討日光之構造。任誰當皆注意肥皂泡所呈之美色。如斯論題足以引起解釋光譜各色成功者之注意，乃一自然之事。氏知除肥皂泡外，其他透明物體之薄片亦必發生同樣之彩色，且氏之天才能使其計劃一方法，測量各種薄片之厚度。實際吾人不能謂奈端對此現象之解釋，其成功與說明光譜之顯著相埒。氏所用以說明肥皂泡顏色原因之學理，不再爲人所承認，此不關乎奈端高尙天才之貶抑。吾人須知奈端乃說明光之性質之先鋒。氏所證實之事實，實無庸疑，但其所給與之解釋例證，由現今吾人之充分光學知識言之，尙有不能成立者。

倘奈端終生之發明，只此日光一事，其令名於天文界中已足千秋。然奈端之所以爲萬世所景仰，而尊爲天算之聖者，其功烈尙不在茲，而實基於萬有引力之發見。氏以萬有引力之定律，解釋宇宙之系統。

實際當時已達足

使奈端表現其大才之時代。刻白爾已有驚人
 之發見，洞悉行星繞太
 陽運行之定律，且由各
 方面觀之，已覺刻白爾
 定律之解釋，與其他現
 象相同，宜由物質之引
 力求之。但刻白爾之說
 雖精確，然行星何以必
 按橢圓軌道，依等面積
 速度繞日而運行，尚無



第三十六圖 奈端之日曆

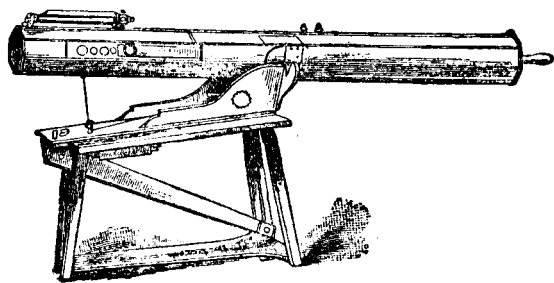
數學上之解釋，乃人人亟欲加以解決之問題。奈端竟以平方反比之引力定律爲之一語道破。

公元一六六六年奈端在梧斯波之注意，似乎專集於引力之問題。其關於蘋果墜地之故事，乃吾人所熟知；因見蘋果之墜地，遂使哲學家之注意，向於引力必通過空間之事實，無論如何，此似爲證明氏之理解之最良線索。氏用此方法說明之。地球吸引蘋果；且無論蘋果樹之高低如何，必皆如此。地球所具之力，其能使外物向地球之範圍，必遠過於最高樹之高度。實際，吾人可認其爲無窮遠者。在從來所能達到之最高點，仍受地球引力之作用；吾人真正之實驗，雖不能達至數哩以上之高度，但引力必能達至遙遠之高度，毫無容疑。蘋果由距地面百哩之高處落下，乃受地球吸力之作用，且其速度逐漸增加直至達到地面而後止，奈端認爲此乃顯明之事。由百哩之事實，自然可想像一千哩或幾百千哩所發生之現象。地球吸引之力，因高度之增加而減小，毫無容疑，但無論其到達任何高度，必仍有相當之吸引作用焉。

奈端遂認爲太陰距離地球，雖達二百四十千哩，但地球引力必仍能施及太陰。氏所以特別想及太陰有此關係，不獨因太陰比其他天體較近於地球，更因其爲地球之附屬品，常繞之而運動。太

陰必爲地球所吸引，但其不下墮於地球，其故安在？其原因可由太陰現有運行之性狀解釋之。設太陰有片刻之靜止不動，則其必爲地球所吸引而下墮於地球上無疑。不數日後，吾人之衛星，將達我地球而發生驚駭之粉碎。吾人得免如斯之危險，乃因太陰環繞地球而運行之故。奈端由其自身所發明之力學定律，得計算地球之引力，是以太陰之運行，必如吾人所知者。遂知蘋果墮地之力亦即使太陰運行於其軌道之力。

某一時期，宇宙全體系統之觀念，殆展布於此哲學家之目前。太陰受地球引力之作用，遂環繞其周圍而運行，由此事實，自然可以想像地球之每年公轉運動，亦必受太陽引力作用之故。若地球之事實果然如此，則謂行星之運行亦必因太陽引力之作用者，毫無容疑。就此點言之，刻白爾之大定律，遂變爲特別重要。刻白爾曾示行星繞太陽而運行於橢圓軌道上，而太陽再位於橢圓形焦點



第三十七圖 奈端之遠鏡

之一。此發明乃由觀測之結果而知之。至於行星軌道何以必爲橢圓形，而不以其他圓弧繞行於太陽周圍者，刻白爾自身亦無理由以說明之。刻白爾復僅由觀測結果，推知比較二行星之運行時，各行星公轉周期之平方與其距日平均距離之立方成正比例。刻氏又僅知其爲真確之事實，至於距離與公轉周期間何以必採取如斯之關係，仍未能說明其理由。刻白爾以其特有之天才，又發見關於行星在軌道上各點速度變化之定律，氏謂連結太陽與行星之直線，於太陽之周圍，同時間所移動之軌道面積均相等。是等皆爲足供奈端研究之資料。氏由此推知太陽對於行星引力之真正定律，即達到奈端表現其高尚數學天才之時期。奈端按部就班而前進，直至完滿說明各現象而後已。

第一步，氏謂同時間內，行星對於太陽周圍移動之面積既相等，則太陽施及行星之引力，必向太陽自身成一直線。氏又說明其逆定理，即無論太陽所發出引力之性質如何，若其方向太陽中心者，則同時間內任何行星對於太陽周圍移動之面積必相等；因行星軌道上各點所受太陽引力之強度不同，故無論此定律之精確程度如何，亦必成立。此乃解釋宇宙系統方法之第一步。

第二步，乃決定太陽引力隨行星距離而異之定律。奈端依數學定理之最奧妙效用，謂若行星之軌道果爲橢圓形，而太陽果位於橢圓軌道之一焦點，則其引力之量反比例於行星距離之平方。若此定律非反比例於距離之平方而爲其他任何之公式，則行星所運行之軌道必非橢圓；縱係橢圓，則太陽必非位居焦點之一。故氏僅由刻白爾之定理，推知行星所受之力乃由太陽發出之引力，且此引力之量與二天體間距離之平方成反比例。

既知如此事實，則刻白爾三定律之最後一條，必隨之而成立，此乃顯而易知之事。設各行星環繞太陽而運行，且各受同樣之引力作用，則可說明各星公轉周期之平方必與其軌道長軸之立方成正比例。

此卓越之發見，僅爲奈端研究之開始，由此遂得發見天體力學之最深奧的祕密。氏洞悉不獨太陽與地球以及太陰等大物體，彼此互相吸引，凡宇宙間一切物體亦均互相吸引，至其吸力之大小亦與其彼此間距離之平方成反比例。例如設有二物體之距離改爲二倍之遠，則其彼此間之引力，必減至四分之一。設二物體原來距離爲十哩時，以某一定力量互相吸引，則當其距離減爲一哩

時，其互相引力必增至百倍。此豐富之原理，廣佈達於自然界之全體。但有種種事實，若非奈端天才使之完成其發見者，則殆難計算關於自然界真正問題之效果。如地球及太陰之二球時，吾人須知吾人所論及者非爲小物體，乃係二個巨大之物體，而各含有不可勝數之小物體者。地球上每一物體與太陰上每一物體，互相吸引，其引力之大小與其彼此間距離之平方成反比例。此引力得由下述原理計算之。設地球所含之物質，勻齊排列於不同密率之地殼上，吾人計算引力時，可認爲地球全質量集中於其中心。同樣吾人亦可認爲太陰全質量乃集中於月體之中心。如斯則地球及太陰均可認爲相當於其大小之小物體，但此小物體含有各球之全質量。依此方法，研究地球與太陰之引力者，比研究地球上千萬質點與太陰上千萬質點之引力，較爲簡單。

是時奈端心中蘊蓄種種大發見。氏首先解釋岸旁潮水之漲落現象。遠古時代已知潮汐與太陰有關。朔望之日，潮汐特高，此顯示太陰與海水之流動必有某種關係存在其間，但在奈端未宣布萬有引力定律之前，對此關係終未有正確之觀念。奈端始明示潮之漲落，僅由太陰對地球上海水引力之結果。氏又謂太陽對於潮汐，亦與以某程度之影響，並說明日月同經或正相對之時，其吸力

合而厚，遂生特別高潮，

即吾人所稱之『大潮

(Spring tides)』者；

當日潮低而月潮高，即

日月吸力分而薄之時，

遂生『小潮 (Neap

tides)』之現象。

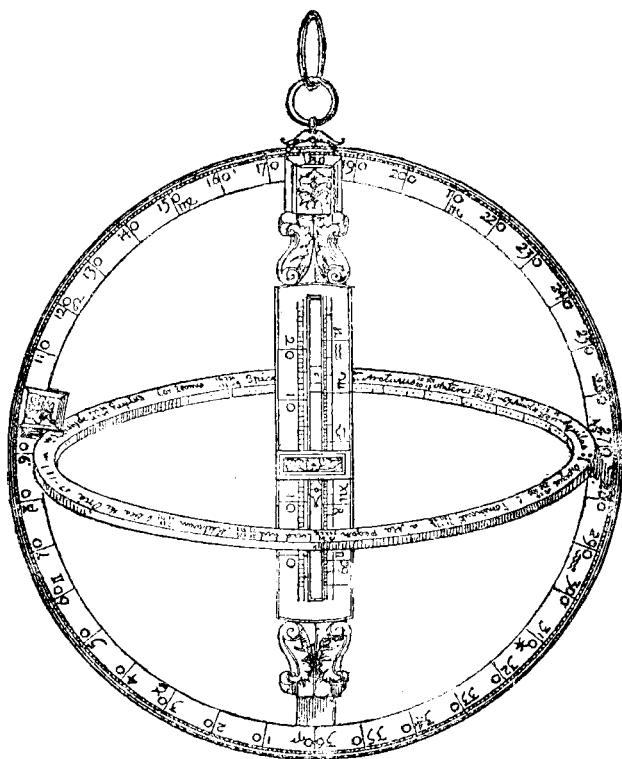
但奈端萬有引力

定律之應用，或當以關

於太陰運行之不規則

性爲最顯著者。吾人之

衛星於環繞地球而運



第三十八圖 奈端之星盤

行之軌道上，自然以地球之大吸力爲主。若宇宙間無其他之天體，則太陰中心必環成橢圓形，而地球之中心必在此橢圓形之焦點。但自然界不許其運行爲如斯之簡單，如太陽之存在，實爲攝動之原因。太陽吸引太陰，又復吸引地球，而吸引之程度彼此不同，其結果，太陰環繞地球之運行，因受太陽之影響，大爲變動。太陰之運行軌道遂非爲真正之橢圓，而地球亦非正居其焦點。奈端不獨由萬有引力定律以決定太陰之攝動，實更創作數學工具，用以解決其計算者，是其解決如斯問題之功績，可謂偉矣哉。

奈端天才之機智，足以供給其任何之需求。氏知行星必彼此互相攝動，由此遂得充分說明以前研究者所感困難之現象。地極傾斜於各星間之神祕移動，已久爲未解決之謎，但奈端指示太陰以其吸力使地球赤道部分有隆腫之體積，遂使地軸成傾斜之位置，此乃二千年來已知而未能加以說明之現象。其討論地形也，假設地球內具極長之水管，自北極至地心而折通赤道。從研究管中液體所受引力之情形，竟能斷定地球兩極相距必較赤道直徑爲小。彗星之經天，自古託爲異象，莫明究竟，奈端亦以引力之理解釋之。謂其繞日運行與諸曜如出一轍。其殊異處，卽諸曜軌道，形略渾

圓，而彗星行逕，則爲異常狹長之橢圓耳。如斯一切發明均載於其不朽傑作之『自然數理 (Natural Philosophy) 』中。

真正科學家之從事於學術也，純以樂於研究自然之故，不務於研究之發表以博虛名，每覺發表結果徒然延擱研究之進行，反引以爲苦。奈端之性亦復如是。其至友哈雷 (Halley) 嘗與奈端有所論列。奈端每佚其舊稿，必重新佈算而後授之。哈雷因而力勸其整理研究之成績公之於世，以免散佚。奈端徇其請，乃著自然數理一書。付梓之時，凡校刊之勞，印刷之費，咸由哈氏爲之擔任。其於科學之熱誠，友誼之敦篤，至堪欽仰。

公元一六八七年 (一三) 夏，自然數理出版行世之時，奈端隱居於劍橋，努力吾人所述之各種特殊研究。是年奈端不復隱居，從事於歷史上重要之事業。詹姆斯二世 (King James the Second) (一四) 企圖侵犯劍橋大學之權利，命一朋尼迪僧侶 (Benedictine monk) (一五) 佛蘭西斯神父 (Father Francis) 任該校美術科主任，且不經忠誠及尊嚴之宣誓。大學當局對此任意之命令，堅決拒絕。副校長遂被召詢藐視皇上帝命令之行動。學校方面，推舉代表出庭於最高法院，以辯護大學

之獨立精神，奈端被舉爲九代表之一。彼等聲言查爾斯二世（Charles the Second）（一六）時代，會有同樣事件之發生，但經相當考慮之後，被勸諫而撤消其命令。此次糾紛結果似甚圓滿而大學終獲勝利。繼此之後，奈端遂被推爲劍橋大學代表，出席於議院之中，且自公元一六八八年至一六八九年，氏在議會中之職務，均甚重要焉。

公元一六九二年（一七）有一偶然事件發生，使奈端頓失其泰然自若之心神。氏赴早禱，留一燃殘之燭於桌上。或謂因氏之小狗『金鋼鑽（Diamond）』將燭傾倒之故，致氏返舍之時，有價值之論文紙稿，多被燒失。此草稿之燒滅，自係莫大之損失。如斯悲痛，確使奈端神經錯亂頗久。此固無明顯之確證，但由公元一六九三年九月十三日氏寄與比皮斯（Mr. Popys）之書觀之，其受頗大之錯亂不寧，可以無疑。書云：

「余因精神錯亂，受莫大之痛苦，在此一年之間，飲食起居均不得安，心中之舒適，亦不如前。」奈端由其自然數理之印行及其一切之研究，雖享盛名，但國家對此科學上最著名人物之境遇如何，均未注意之。氏之友朋雖努力使氏能得固定之職務，但終未成功。幸奈端議會中之同事孟

他克 (Mr. Montagu) 氏，於公元一六九四年被任為英國財政部部長。孟氏對其新職務，懷抱特殊之野心，於當時貨幣貶損情況之下，氏自身努力於通行貨幣之改良。孟氏於委任造幣廠新職員之時，特函聘奈端為看守人，時在公元一六九五年三月十九日。年俸五六百鎊，而其職務亦頗輕閒。奈端立即應聘而就職。

奈端由其實驗所得之物理知識，對於造幣廠之職務，大有功用。氏於二年間以極巧捷方法，重製貨幣，當局為獎賞其努力之功績，於公元一六九七年，委之為造幣廠廠長，年俸在千二百鎊與千五百鎊之間。公元一七〇一年，氏因造幣廠職務之叢脞，不得不辭去劍橋劉加廠講座之職，同時辭卻士林立提學院研究員之約。奈端與劍橋大學之關係，遂完全脫離。但當奈端事業早年時代，氏幾被任一職，使此大哲學家終身貢獻於劍橋大學之中。氏之友朋，曾努力使氏擔任劍橋皇家學院 (King's College) 校長，幾至於成功；但因法律規定皇家學院校長必為聖職，致未實現。

發明新奇問題之解答時，必以挑戰態度，公之於世，以維護自身之解答者，當時著名數學家，皆習以為常。約翰白羅里 (John Bernoulli) 所解答之弧線問題 (Brachistochrone problem)

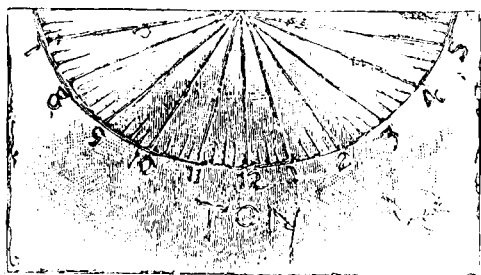
乃一著名之例。此問題之性質，茲述之於此。此問題乃求一物體於短時間內，由A點滑下而至於B點所經過弧線之形狀。直線乃二點間之最短距離，故最初可認爲由A點至B點之直線乃示物體滑下最速之路程；但實際則否。設有一串小球，沿一平滑曲線由A點滑下而至於B點，則其所需之時間，當比其沿直線滑下所需之時間爲短。白羅里之問題乃求此曲線之形狀。奈端曾正確解答之；氏謂此曲線乃所謂擺線（Cycloid）之一部分，換言之，乃一曲線恰如車輪運行於地上時輪上一點所描成之曲線。奈端之幾何學天才，使氏於收到此問題之日，即能將其解答送達於皇家學會會長之前。

公元一七〇三年，奈端之盛名已遍傳全球，遂被推爲皇家學會會長。屢蒙連舉，竟成終身之職，在位凡二十五年之久。當辭去皇家學會會長時，氏隨侍丹麥皇子喬治（Prince George of Denmark）。公元一七〇五年四月，皇后從士林立提校長朋士利博士（Dr. Bentley）之請，駕臨劍橋，且於是月十五日士林立提學院集會之時，賜爵士之榮譽於此萬有引力之發見者。

奈端之著名友朋因覺知識之進步，敦勸奈端努力於『自然數理』之新刊。但氏除其原有研

究工作之外，更加以造幣廠之職務，終無時間以校正之。氏爲達此目的起見，遂與青年數學家柯迪斯 (Roger Coates) 協力合作，柯氏乃劍橋士林立提學院研究員，當時新任波盧米安 (Pinnian) 天文學教授。公元一七一三年 (一八) 七月二十七日奈端以自然數理新刊一書貢獻於皇后之前，蓋是時氏已爲皇宮寵臣，隨侍皇后，頗邀恩眷者。

奈端終身對於神學似乎甚感興趣，且特別注重預言問題。氏對於但以理 (Daniel) (一九) 之預言及約翰 (St. John) (二〇) 之默示，曾有遺稿，更作各種神學上之文章，尙有其他各種問題，時時惹氏之注意。氏研究熱學定律，實驗鍊金者之夢想，而此發見天體力學之哲學家，有時又以解釋象形文字爲消遣。氏晚年久爲病魔所纏，終於公元一七二七年 (二二) 三月二十日 (星期一) 逝世，時年八十有五。是月二十八日葬於倫敦名人墓 (Westminster Abbey) (111)



第三十九圖 皇家學會中之奈端日晷

奈端壽命之長，固足以享受其驚人發見所應得之榮譽，且其生平所得之盛譽固遠甚於同時代之人物，但謂其盛名於過去數年間仍增高無已者，誠非過言。

吾人對於奈端之特殊發見或對其發見之天才，應如何崇拜讚誦，誠不得而知。但由任何方面觀之，奈端之自然數理一書，誠非古今科學著作所能望其項背者。

或謂奈端學說之所以邁越前賢者，以萬有引力之說，能釋諸曜運行之原因；而前賢所論則祇敘述其運行之情狀而已；豈其然哉。苟有人執哥白尼而問以五星經天何以呈茲現狀者，哥氏必將告以是由於行星與地球共繞太陽運行之結果。倘再詢以行星何故繞日而運行，必將瞠然無以對。倘執刻白爾而發斯問，渠則能作更為確切之答覆。然苟質以行星軌道何以橢圓，運行遲速何以必依等面積之律，各曜軌道長徑立方何以與週期平方成正比，刻氏恐亦不免默爾無辭。待奈端出，始能以萬有引力代刻氏作答。然萬有引力亦僅可視為說明太陽系情形之一法耳。萬有引力緣何而生，是非奈端所能答。惟解此者始更勝奈端一籌。是有俟於來茲之天文學家矣。

(一) 明毅宗崇禎十五年。

天文家名人傳

一三二

- (二) Yorkshire 南之英國東海岸之一縣。
- (三) 英國林肯夏之都邑。
- (四) 英國一小縣，由 Lincolnshire, Northampton 及 Leicester 三縣所圍成。
- (五) 英國中部之一縣。
- (六) 明福王弘光元年。
- (七) 清世宗雍正五年。
- (八) 清世祖順治十七年。
- (九) 英國殖民地 Newfoundland 東海岸之小港。
- (一〇) 清聖祖康熙三年。
- (一一) 清宣宗道光二十五年。
- (一二) 中華民國七年。
- (一三) 清聖祖康熙二十六年。
- (一四) (一六三三——一七〇一) 自公元一六八五年至一六八八年英國及蘇格蘭之王 Charles 一世之子，一六九〇年爲 William III 敗於 Boyne 河，逃入法國渡殘年於 St. Germain。
- (一五) 屬於 St. Benedict (五二九年頃 Cassino 山 之意大利僧侶，四八〇——五四三) 之僧侶。
- (一六) Charles 一世之子，英國之王，一六五一年爲 Cromwell 所破，逃於法國，Cromwell 歿後，復爲英國之王 (一

六三〇——一六八五。

(一七) 清聖祖康熙三十一年。

(一八) 清聖祖康熙五十二年。

(一九) 舊約全書中預言者之一人。

(二〇) 基督三弟子之一。

(二一) 清世宗雍正五年。

(二二) 倫敦有名之寺院，初係 Edward the Confessor 所經營，十三世紀 Henry 三世及 Edward 一世更改築之。

佛蘭斯替德

(Flamsteed, 1646—1719)

格林維基天文臺 (Greenwich Observatory) 所保存之繕寫原稿文件中，有佛蘭斯替德 (John Flamsteed) 之自傳存焉。吾人可以佛氏自傳中之下列一節，作為本章之發軔：——『當余青年時代，——為自勉與自娛起見，曾企圖敘述余之生平，至於幼年蒙上帝之天佑時代，為時已遠，已不復記憶矣；讀吾文者，由余數年來所遭遇之事蹟以及余之志趣當知余未完全承受吾父之職業或應用吾之數學知識，但二者余皆容受之，有時對於其他方面亦加以重視焉。』

佛蘭斯替德成名之最重要事業，乃其係格林維基天文臺之第一任臺長，而為首先榮授英國皇家天文家之名者。因此之故，佛蘭斯替德得以太陰學理所需要之觀測資料，供給奈端而與以實質的幫助。

公元一六四六年（一）八月十九日，約翰佛蘭斯替德生於英國德比夏 (Derbyshire) (二) 縣

之德比(Derby)村。氏年甫三歲而母亡，越三年其父復娶，於氏八歲之時，繼母復亡，留有二妹。此天文家曾謂當其幼年時代，嗜讀關於青年幻想之小說。但如氏所書「余年十二時，捨棄一切狂妄之書而擇其較良者讀之，但所謂較良者亦非完全可信，僅其所描寫之事實，非全不可能者。」氏年十五時，從事於更重大之工作，攻讀布盧他克(Plutarch)(三)之『列傳(Lives)』與他西達斯(Tacitus)之『羅馬史(Roman History)』及其他同類之書。公元一六六一年(四)氏罹劇烈風溼病，竟至於退學。是時爲氏第一次受科學教育之初步。年十六，始學習算術。氏告吾人以其父如何教其學習『分數定理(The doctrine of fractions)』與『三之金律(The golden rule of three)』——氏對於如斯功課，似覺其容易學習者。氏當時所讀之書，有一使其注意天文儀器之構造，遂自製一象限儀，並用之以爲天文學上之簡單觀測。氏更推算各時之太陽高度，列成一表，向實用天文學方面努力，遂建偉大之事業。氏父對於如斯科學研究，似乎不甚贊成，命其子務必從事於商業。但佛蘭斯替德之志向天然，使其不顧進行路上之阻礙而從事於天文學之工作。不幸氏之體質似更作弱，當其滿十八歲時，曾自書曰：『冬季光臨，又復迫余惟爐是賴；幸而前夏風溼之症曾

已告愈。此雖不宜於醫治之季節，但此冬季似較適宜於余，姑待春之來臨，再試他醫之技術。」

是時似乎有一庸醫名格勒士埃克士 (Valentine Greatrakes) 者，因在愛爾蘭 (Ireland)

(五) 治療驚奇之病而著名，其治療之法不用任何藥劑，僅握病人之手則病立愈。佛蘭斯替德之父，感其子之病，決非真正醫術方法所能治，遂於公元一六六五年八月二十六日遣佛氏就醫於愛爾蘭；當時若按天文學上之真確記載，氏年爲『十九歲六日十一時』。此青年天文家與一友人於星期二到達利物浦 (Liverpool) (六) 因風之不順，留居該地，直至下星期五東風吹動之時，始再動身。是午登船，船名沙布萊 (Supply)，翌晚達布林 (Dublin) (七) 在望。但於登岸之先，幸未沈沒於南貝島 (Lambay Island) 觸礁之險雖脫，復因驗疫之故，遲延其登岸。九月六日，星期四，氏等始由達布林 首途而向格勒士埃克士 診病之地——阿騷尼 (Assaune)，其在達布林 之時，寓居達姆街 (Dame Street) 海船旅館 (Ship Hotel)。

佛蘭斯替德對其愛爾蘭之旅行，作一饒於興趣之敘述。第一日氏等午膳於納斯 (Naas) (八) 九月八日抵達加洛 (Carlow) (九) 此乃氏等認爲於其旅程中所見城市之最美觀者。九月十日星

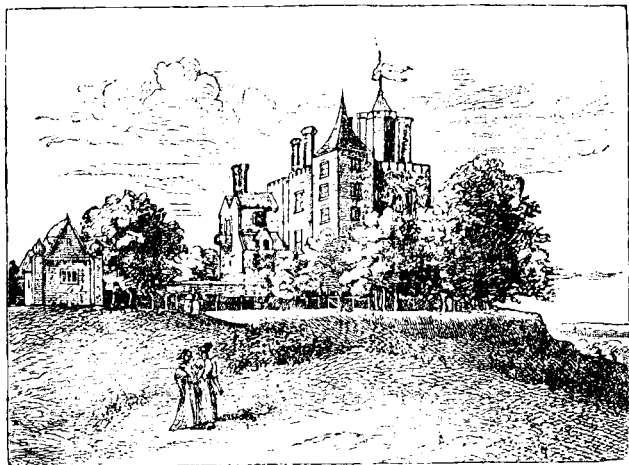
期日晨，迷路數次，後抵宮保頓 (Castleton)，俗稱「四哩水 (Four Mile Waters)」佛蘭斯替德詢問禮拜堂所在地於旅館主人，據云牧師遠在十二哩之外，復謂彼等除每年來此徵收什一稅一次之外，並不傳道。一婦人則謂「彼等除上帝之外，任何需要之物品，均甚富足。」氏等遂赴黑水河 (Blackwater) 上游之傑波金 (Cappoquin)，距尤荷爾 (Youghal) (10) 凡八哩，乃赴立斯莫爾 (Lismore) (11) 必經之地。氏等由此步行約一哩之遠，抵達阿騷尼，遂入格勒土埃克士之屋，見其正在按摩病人；其中有殆已全愈者，有稍已見效者，亦有全不見效者。佛氏於九月十一日下午受此著名庸醫之按摩，但其病症不見有何變化。翌晨氏復造詢格氏，覺其態度和藹莊嚴容止泰然。氏雖按摩三次，終未見效。但吾人須知格勒土埃克士以其名望之重，不受佛氏之診金，因其係一外客故也。

佛蘭斯替德及其友人覺知留居阿騷尼，無何效益，遂首途回返達布林。於其歸程中，氏對於哥倫米爾 (Clonmel) (12) 之印象極深，稱之曰「地形極饒興趣之城市。」當時旅行愛爾蘭者，乃一冒險之事，故當氏安抵德比時，約離一月之久，氏所禱曰「此次旅行，幸蒙上帝之保佑，吾應頌揚

其名，是所心願。」

至於佛氏遠行所得之健康上利益，氏曾自書曰：「旅行後冬季光臨之時，余之健康則甚平常，余之病症不若往昔之甚。至其原因，或由於上帝之仁愛，獲得格氏之按摩，抑由於長途旅行及海上之嘔吐歟？余不能確定之，但由各種情形觀之，二者當均有所裨益焉。」

是時佛蘭斯替德對於天文學上之興趣，顯然大有增加。氏研究日晷之構造，製作七十恆星之星表並附其天空之位置，復計算公元一六六六年（一三）六月二十二日日食之情形。當時星占學者之學說，尚甚流行，誠堪可笑，而佛蘭斯替



第四十圖 佛蘭斯替德住宅

德尙費長久時間，從事於星占學之研究與計算。氏研究萬物誕生之方法，但其心中對於星占學預言之價值似含譏諷，實尙有更甚於譏諷者；蓋氏最後曾謂『余覺星占學僅能給與普通有力臆測之暗示而非充分完滿之斷言。』

斯時此未來之皇家天文家確漸進而研究天文學之奧妙原理。氏於當時天文觀測可能範圍之內，慎重研究黃道與赤道之交角。氏努力發見太陰恰在半明半暗時所能決定之太陽與地球之距離，又頗精確測定回歸年 (Tropical Year) 之長度。由此觀之，佛蘭斯替德雖久爲病魔所纏，但年二十，已有驚人之進步焉。

天文學之其他分科，亦引起佛氏之注意。公元一六六九年及一六七〇年，氏曾將木星火星與其所經過附近之恆星相比較。氏之儀器雖不完善，但尙足使其測量行星與恆星在天球上之間隔。既知恆星之位置，佛氏遂得以求行星之位置。此乃現今天文家欲定行星位置所習用之實際方法，因而如斯位置常由其與恆星之關係，直接或間接求之。佛氏於如斯早年時代之觀測，自然不能達到極精確之程度；但氏證明通常所示行星位置之表，均不可信。

佛蘭斯替德對於天文學及其相關聯科學之工作，現已爲人所普知，遂漸與著名學者互通信息。氏發表關於公元一六七〇年所發生某種天文現象之計算，乃使此青年天文家成名之第一機會。太陰每月繞地球運行一次，於其運行軌道上，月面常越恆星而過。當太陰行入恆星與吾人之間時，常遮蔽恆星，如斯現象，謂之『月掩星（Occultation）』。因吾人之衛星即太陰較近於吾人之故，其在天空之位置，隨觀測者所在之地方而異。故甲地方見月掩某星而乙地方則未必見其掩星。縱使兩地皆見月掩某星，但其所見掩星時刻，必不相同。故欲決定某地方得見之月掩星者，非有種種之計算不可。佛蘭斯替德對於此種計算，頗饒興趣，遂計算公元一六七〇年所發生之月掩星現象；發表是年太陰所掩蔽之顯著恆星。現今吾人自然可由航海通書（Nautical Almanac）得此預報，但於二世紀以前，尙無此種天文知識，決不能由現今天文家及航海家所詳知之貴重刊物求之。佛氏遂將其工作結果，呈諸皇家學會會長。此論文備受嘉獎，佛氏遂爲學會中著名份子所重視，中有哥林斯（Mr. Collins）其名者，成爲佛氏終身至友與常通信者。佛蘭斯替德之父對於其子所受各大學者之重視，自然甚爲欣喜；遂欲其親赴倫敦使其得以親自認識從前由通信而知之科學朋

輩。佛蘭斯替德對此機會，自然極爲喜慰。由此氏遂認知巴盧博士（Dr. Barlow），更與奈端特熟，是時奈端係劍橋劉加廠數學教授。佛氏之入劍橋資薩斯學院（Jesus College），（一四）似係此次倫敦詢問之結果。關於氏之大學生活，知者甚鮮，但於公元一六七四年（一五）六月五日，氏得碩士學位無疑。

當時佛蘭斯替德似乎曾從事於乃父之事業，但未加以詳細之研究，僅對於商業事務上所必需之旅行，屢次敘述之。是時已達佛蘭斯替德開始獨立事業之期，且氏之得劍橋大學學位，似乎以得聖職爲目的，蓋因如斯則可安居於德比附近之小屋，而此小



第四十一圖 佛蘭斯替德

屋乃氏之父執所贈送而歸氏所管轄者。但此種計劃未告實現，而氏亦未告吾人以失敗之故，僅書曰『上帝之善意護佑使余向他方面進行余之計劃。』

佛爾斯替德有一具有勢力之友，名曰莫亞爵士 (Sir Jonas Moore)，因感佩氏之才能，遂代謀皇家天文家之職，年俸百鎊。此乃當時新授之職，似乎本擬規定較大之年俸，但佛氏因決心接受聖職之故，雖以更寡之年俸，亦認爲滿意。天文臺建築成功之後，此第一任皇家天文家正式就職，並促成其驚奇之進步。

法人皮爾尼 (Le Sieur de S. Pierre) 曾至倫敦宣傳關於經度發見之計劃，此乃當時甚爲重視之問題。皮氏攜有進謁著名人物之介紹信，而其使命惹人重大之注意。佛爾斯替德對其提議亦甚重視，並指示若就當時天文知識之狀態言之，法人之計劃完全不能適用。蓋當時恆星位置之精確程度，尙不足以供法人方法之所需也。佛氏又謂『自是而後，余不復聞法人之說，但聞余之信件呈示於查爾斯王之前。王對於確說星表上恆星位置之不真確，甚爲驚異，且懇切申言，必將其從新觀測，實驗與改正，以供其海員之用。』

首先解決之問題乃關於新天文臺之位置。海迪公園 (Hyde Park) (17) 及哲爾席學院 (Chelsea College) (17) 均被提爲適宜之地點，但因威恩爵士 (Sir Christopher Wren) 之提議，最後決定建築於格林維基山 (Greenwich Hill) 上。王賜金五百鎊。又賜提爾標列堡壘 (Tilbury Fort) 之磚，而材料如木鐵鉛等，均可利用拆毀之堡壘門房。王又允爲一切實質的補助。皇家天文臺奠基於公元一六七五年八月十日，不數年建築告成，遂創近代實用天文學之基礎。佛蘭斯替德異常努力，不顧一切困難，以求天文儀器之完備，以進行其觀測計劃。國王雖允補助，但此天文家仍極省儉，而其工作毫無助理之者。一切觀測，以及天文臺中一切事務，均由氏一人擔任之。但吾人已知佛氏之至友頗多。而以莫亞爵士最爲知交，時時與氏以最有價值之幫助，復以熱烈同情之心而鼓勵之，對其天文學之工作常具熱切之興趣，此第一任皇家天文家常因吾人前述病症之發生，而中輟其工作。氏自身曾謂「病魔纏綿而不能除之。」氏因頭痛之症，或其他更甚之疾病，使其曠廢不少之光陰。

公元一六七八年（一八）佛氏完全工作於其天文臺中。氏特別努力於地球運行之問題，擬由

太陽及金星之觀測推知之。但如斯問題以及其他天文學上之研究，皆不過補助其生平之重要工作——恆星表之製作而已。當佛蘭斯替德開始其事業時，第谷所作之星表乃其唯一足供參考之恆星表。此工作刊行於十七世紀初葉，約含恆星千個。各星之位置，就第谷時代之種種困難言之，雖得諸驚奇之技術，若以之與吾人現代之標準位置相比較，則全不精確焉。第谷之儀器，必係最粗陋者，且自然不能藉助於遠鏡之力。故氏僅藉視力以求星體之位置。且第谷時代既無鐘錶，又無測微器，實際僅藉其對於天體運行之幾何真正知識而誘知之。因金星之特別光明，故雖無遠鏡之助，白晝亦能見之；氏爲決定若干恆星黃經起見，遂想一聰明方法，即於白晝測量金星對於太陽之位置，然後復於夜間測定金星對於恆星之位置。

貝伊列 (Mr. Bailly) 氏於英國星表 (British Catalogue of Stars) 之序文中，曾提及『佛蘭斯替德之觀測，因各方面之巧合，遂開一新光明之紀元。是時奈端之心理亦向於此問題之研究，此二著名人物之間，遂發生友誼的晤談；且最初所得之正確觀測，立即可爲著名幾何學家奈端當時所努力之深奧研究之助。自然數理之初版，曾明言佛蘭斯替德對於奈端所給與之友助，而佛氏

則認爲其所應得之酬答，誠不宜有如斯之甚。」

佛蘭斯替德觀測所用之儀器固不及近代之精密，而其結果雖不能謂有近代觀測之精確，但具有當時之特別價值。因其觀測之結果，任誰對此天文家，均甚重視，蓋其計算乃用以解釋星體之自行（Proper motion）者。佛氏之工作，誠可認爲其後一切星表之起源，其所採用之術語，於某方面言之，雖不能謂爲完全合理者，但仍爲後來天文家所襲用。又有種種大錯誤之處，此可謂爲如斯大工作所難免者，但殆全係數字之錯誤。如斯錯誤，貝伊列自身多改正之，貝氏乃『佛蘭斯替德傳及其事業（Flamsteed's Life and Works）』之著者。蓋佛氏晚年爲各種環境所困窘，復因其終生之衰弱，不能審慎改正其計算。實際佛氏尙爲其他星體之觀測，而爲英國星表所未列者。如貝伊列所言『想及佛氏思想之精細，身體之衰弱及其所常受之煩惱，其能得如斯之成功，豈非一驚異之事哉。』

佛氏晚年，不幸與其同時代之著名科學人物相疏遠。氏因『自然數理』著者之懇切請求，遂以太陰之位置供給奈端，而太陰學說遂得與觀測結果相比較。因此之故，二人間遂發生種種辯論；

蓋佛氏祇具觀測之長，藐視天體力學之研究。嘗譏奈端之致力於萬有引力曰：『奈端爵士工作之資料，皆予辛勤掘得之鑛土也。』奈端聞其言，反唇譏之曰：『倘彼掘鑛沙，余則鍊鑛沙而製成金約指者也。』

佛蘭斯替德遂以作弱之軀，尙能享壽七十有三，而歿於公元一七一九年（一九）之最末一日。

（一）清世祖順治三年。

（二）英國中部之一縣，位於 Nottingham 及 Leicester 兩縣之間。

（三）英國歷史家道德家，以著英國及羅馬四十六英雄傳而著名（五〇——二〇）。

（四）清世祖順治十八年。

（五）Great Britain 西之島嶼。

（六）英國 Lancashire 海港。

（七）Liffey 河口之愛爾蘭首都。

（八）Dublin 西南之愛爾蘭 Kildare 州之都邑。

（九）愛爾蘭 Leinster 州之一縣。

（一〇）愛爾蘭 Cork 縣之海港，距 Cork 市東二十七哩。

- (一) 蘇格蘭 Argyllshire 之 Loch Linnhe 灣內之一島。
- (二) 愛爾蘭 Waterford 與 Tipperary 兩縣之自治市。
- (三) 清聖祖 康熙五年。
- (四) Edy 之監督 John Alcock 於公元一四九六年所創設。
- (五) 清聖祖 康熙十三年。
- (六) 倫敦 Westminster 公國。
- (七) 位於倫敦西郭外。
- (八) 清聖祖 康熙十七年。
- (九) 清聖祖 康熙五十八年。

哈雷 (Halley, 1656—1742)

奈端年十四而哈雷 (Edmund Halley) 生，後爲奈端友誼最篤之至交，且係同時最著名科學家之一。算學之才，哈氏雖不足與奈端同日語；但實測之技，爲哈氏所擅長，初不僅以算學名家已。故處奈端盛名赫奕之下，仍能有以自見，而爲時人所稱道。

公元一六五六年（一）十月二十九日哈雷生於哈傑士頓 (Haggerston)，屬於勒奧奈牧師管轄之區 (Parish of St. Leonard's, Shoreditch)。哈氏之父與子同名，而以製胰致富，其廠設於倫敦威因哲斯脫街 (Winchester Street)。關此天文家之早年事跡，余知者甚少。但其幼年時代，似乎業已性好研究各種學問，且具有發明機械之能力。氏似乎曾受健全教育於迦爾博士 (Dr. Thomas Gale) 所管理之波爾學校 (St. Paul's School)。

是時此青年哲學家對於普通學校各種功課均已邁越儕輩。但氏對於數學之研究，特具根柢，

因其興趣所在，自然發展之結果，於其卒業時，天文學識亦頗淵博。哈雷年十七，入牛津（Oxford）大學（一）皇后學院（Queen's College）（二），亦為普通學生之一，而其擅長之學識，可由下列評語（四）推知之：『哈雷入牛津時，具有拉丁（Latin），希臘（Greek）及希伯來（Hebrew）（五）之文字與關於完善日晷所需之幾何學知識。』其涉獵之範圍雖廣，然志趣所向則專在天文，蓋已無疑義矣。哈氏實際從事於觀測者，以某次交食之觀測為最早，是時氏於威因哲斯脫街乃父之宅行之。哈氏又精通於數學深奧問題之應用，故其理論天文之造詣，雖在茲求學之年，即已斐然可觀，能有所表見。

天體之迴轉軌道必為圓形，而行星之運行必係均等速度，此乃刻白爾以前之哲學家所臆斷而殆尊如格言者也。吾人已知此大哲學家曾經不折不扣之工作。始得證明行星軌道非係圓形而為小離心率之橢圓。刻氏曾創三定律以說明行星之運行，知太陽之位置，即為橢圓軌道中之一焦點。但橢圓具兩焦點，行星運動對茲虛位焦點（Empty focus），又有何種之關係乎？刻白爾從數學上之研究，既已發明聯太陽與行星間之直線，可以於相等時間之內，拂過相等面積。遂於疑似之際

而斷定行星對於虛位焦點之運行，係按均等之角速度。年僅十九之天文家乃著論駁之，證明其非。哈氏理論天文之才，於是已露其崢嶸之頭角矣。

理論天文，紙上談兵而已。夫坐言貴能起行，哈雷豈以坐談而遂躊躇滿志哉。故氏從事於觀測之實用工作，氏感真正天文學之進步，大半賴諸恆星方位精確之觀測。蓋以太陰行星運行之情狀，間接悉賴恆星之方位以定。故氏決定從事於此方面之工作，是項工作亦即第谷前所倡創者。

當時諸大國立天文臺之天文家，亦均努力於恆星位置之決定。關於恆星準確位置之知識，實乃根本上最重要者，不獨為天文學所必需，亦為航海及精密測量所不可缺者。哈雷自身決定努力於此方面之工作者，足見此少年天文家對於科學上之遠識。

恆星方位之觀測工作，第谷倡之於前，而英法國立天文臺復紹承於後。哈氏從事於是，獨不虞工作之重複而徒勞無功乎？哈氏已早見及此矣。哈氏已知希維利（Hevelius）（六）之在丹西（Danzig）（七）以及佛蘭斯替德之於格林維基，均從事於此方面之工作。氏遂決定努力於其所認為科學上更有價值之工作。衆人所測之星，皆為地球北半球之所得見者，而南極附近之星象，常隱

於地平之下，難免滄海遺珠之憾。哈氏乃發宏願，以觀測南天星宿爲己任。其所測之星體，乃歐洲所不能見者，故爲補助北方天文家之工作；合兩方工作之結果，可以完全測定天球全部最重要星體之位置。

當時專心於自然界研究之熱心學者，比比皆是，故初學者欲求一新區域以開始其探索者，殆甚困難。獨哈氏得有前此完全不知之宏大區域，以開始其工作。實際，在此位置之星體，若爲丹麥天堡（Traniborg）之第谷天文臺所見，則必均經相當之觀測。當時有一謠言謂某一丹麥人曾在蘇馬士拉島（Island of Sumatra）（八）觀測南方之星體，且有數星指示於天球之南天上。但經驗之後，哈雷對此結果不能信賴，故事實上哈氏觀測之區域乃前此未曾工作者。

哈雷年二十，因急於從事此不世之偉業，不待牛津卒業，遽爾輟學而東裝就道。此自然界之熱心學者，得乃父之允許，遂赴南半球以研究南極附近各星體之位置。氏父擁有巨資，同時又具激勵少年天文家之心；因嘉其志，不第不尼其行，且許以每年三百鎊之資助，此在當時乃最豐裕之供給。英皇查爾斯二世（Charles II）及東印度公司（East India Company）咸作介紹之函，俾哈氏

工作之進行，可免政治上之障礙。公元一六七六年，(九)氏遂挈其儀器，乘坐東印度公司之航船赴其所擇定之工作目的地，地爲聖海勒拿島 (St. Helena)，在南緯十六度，卽百五十餘年後，拿翁之羈囚放逐處也。經三月不平旅程之後，此天文家於聖海勒拿島登陸，挈半徑五呎半之六分儀及二十四呎長之天文遠鏡與俱，且立即熱烈沈於南天之研究。但氏遭莫大之失望。氏對於是島之氣候本認爲最有裨益於天文之觀測者，今則其所期望之青天，而常爲陰雲所蔽，且常降雨，遂致觀測進行，未能順利。因此之故，哈氏留島僅一年，卽賦來歸。由於努力之結果，仍能頗有



第四十二圖 哈雷

成就，而贏得『南天第谷 (Our Southern Tycho)』之徽號焉。

法人之頌哈氏也，嘗盛稱其文質彬彬，吐屬儒雅，頗宜結交王公大人，大有其前輩第谷之遺風。觀其初返英倫，即以其所繪之南天星圖獻於英皇陛下，(110)並以皇樹 (The Royal Oak) 星座增入其中，是直上得皇室之歡心，豈徒王公大臣而已哉？

哈雷之在牛津也，未卒業而輟學。至是由於皇室之先容，而牛津大學乃於公元一六七八年十一月十八日授哈雷碩士之銜。特別提及聖海勒拿島之行，以酬其南天觀星之勞績，以證其對於數學與天文學之異常成功。哈氏研究天文之長才，此時已爲世人所共仰矣。

是年十一月三十日，此天文家更得一高尚之地位，即皇家學會推選之爲會員。自是而後，哈氏參與會務，極形忙碌，而其所宣讀之論文，遂成名著『哲學報告書 (Philosophical Transactions)』中，最有價值之部分。氏後復被選爲皇家學會之重要祕書，直至其任格林維基天文臺臺長時，始不得不辭其職。

哈雷任皇家學會會員之後，未及一年，復被選爲學會代表，赴丹麥以與希維利之辯論。近代天

文家對於此次之辯論，必甚以爲奇，蓋若就今日言之，如斯辯論，必不至於發生也。但吾人須知哈氏時代，關於天文觀測之技術，尙係幼稚，其爭辯之點，現今固甚明顯，而在當時則爲嚴重之問題。茲就哈氏代表皇家學會所辯論之問題，簡單述之。當第谷爲恆星位置之研究時，尙無遠鏡以助之。天堡之著名儀器，僅依描準之法，恰如來福鎗描準一鴿之原理。第谷時代不久之後，加里尼發明遠鏡。當時任誰當然立即承認遠鏡所與之利益，僅關於能見天體之問題而已。但吾人對於加氏之發明可稱爲天文學上測量部分之應用者，自不能立即顯見焉。某一星體，肉眼能見之者，吾人可用第谷所用之儀器以決定其位置，而不用遠鏡之助。吾人亦可利用儀器，不直接觀星，而由遠鏡窺之。由此方法所得之星體位置，能比不用遠鏡所決定者，更爲精確乎？據吾人現今之知識，如斯答案，毫不容疑；凡略具儀器之知識者，咸知遠鏡所決定之星體位置，比僅由視覺器具所決定者，準確遠甚。實際一觀測者用第谷之眼視儀器觀測結果若爲一分之誤差，則其用現代遠鏡所觀測者，僅有一秒之差；換言之，吾人可謂用遠鏡方法所決定之星體位置，其誤差必不至超越第谷方法所不能免之誤差之六十分之一。

自現代天文家觀之，此固顯而易知之事，但於哈雷時代，則全不知之，故哈氏遂被推爲代表而與大陸天文家辯論如斯之問題。時有希維利者，係丹麥之天文家，其觀測星象，仍沿第谷舊制，祇用表尺，不以遠鏡；自謂其精確之度，與遠鏡較，有過之無不及。英國皇家學會推此新會員爲代表，以與希氏辯論，因哈氏富有遠鏡觀星之經驗故也。公元一六七九年五月十四日哈氏首途赴丹西，到達之夜，卽開始觀測，其奮鬪努力之精神，於茲可見一斑。當時天文遠鏡之製造未達盡善之域，而希維利肉眼觀星之技，又特擅長，故哈氏雖留居丹西十二個月以上，歷長時間之試驗辯難，兩法之孰優孰劣，竟不能作肯定之判決。然哈氏對於遠鏡觀測之信仰，初不以辯論之未勝而自綏。泊乎今日，遠鏡觀測之精確，超越肉眼之上，爲盡人共喻之事實。

公元一六八〇年，哈雷赴歐洲大陸作汗漫游。遍謁天文家而觀各臺之設備。氏於是年六月十五日致書於胡克 (Hooke) 曰：『因天氣惡劣之故，自多巴 (Dover) (111) 至加拿 (Calais) (111) 間，竟費四十小時之久，』是時旅程之苦，於茲可知矣。氏性和藹，談論風生，應對敏捷，故所至人多樂與交遊。其在巴黎，曾受熱烈歡迎。氏在巴黎天文臺逗留頗久，蓋臺長噴西尼 (Cassini) (111) 係一

著名天文家，對此英國訪客，熱烈款待。二人共同觀測大彗星之位置，此彗星乃當時社會所重視者。後來哈雷研究此彗星之徑路時，感知此次之工作大有效用，以哈氏之天才，足以獲得其與法國首都著名學者晤談之利益，毫無容疑。氏更進其旅程，遍訪大陸諸重要城市，均留有紀念之遺跡。

留歐陸凡二年之久，然後返英，時爲公元一六八二年。是年哈氏與一少女名瑪麗杜克 (Mary Tooker) 者結婚，享伉儷倡隨之樂者，凡五十五年。當其結婚，擇居於伊斯林頓 (Islington)，(一四) 氏於是處裝置儀器，開始其觀測。哈氏研究之彗星，亦於是年來臨，此彗終得哈雷之稱，而哈氏亦以此彗之研究而垂名於千古。故公元一六八二年之影響於哈氏一生者，蓋至巨也。

天文乃自然科學之一，故天文家能以其研究之結果供人類之實用者，可謂爲良運。哈氏關此方面之功績，亦堪注意焉。指南之針，創始中華，而研究地磁之榮譽，則非復吾人之所有者矣。蓋磁針所指之南北，初不與地球北極之方向相吻合，而微有偏斜。偏斜之度，隨地不同，欲藉磁針以定南北方向者，必先知此偏斜之度而後可。哈氏住居英國數年後，發表關此磁針變化之論文。氏對於地磁之研究，早已注意，終其生繼續探究其理。關於哈氏之地磁工作，約翰候失勒爵士 (Sir John Her-

achel) 曾曰：『吾人得知地磁問題之複雜，實賴哈雷之功。由其報告，能得如斯之結論，且對於此種問題能有如斯偉大完滿之見解者，誠堪驚異；而此異常人之識見及天才，於茲亦可想而知矣。』公元一六九二年，(一五) 哈氏解說地磁學之學理；皇家學會從哈氏之議，令航駛海洋之巨輪，隨時將各地磁針偏斜之度，作詳盡報告，俾後之研究地磁者，可獲豐富之資料。

哈雷對於地磁學之研究，誠遠超乎當時他人之研究，而此問題終鮮爲人所論及，直至公元一八一一年，(一六) 始加重視。哈氏之研究地磁與研究天文，均不以紙上空談而自足，蓋其性使然也。氏與其他真正研究者同，渴望實驗其理論，於是決定自身觀測地磁之變化。遂請於英皇威廉三世 (King William III)，蒙派一船名情美 (Paramour Pink) 者，以供出發實測地磁之需；公元一六九四年，哈氏乘此以赴南海 (South Seas)。但此特別事業，未告成功；因於其進程中，船員有疾病者，又有叛變者，故氏不得不於翌年折返英國。逮艦長易人之後，政府又派一小船以與情美船同行，哈氏遂於公元一六九九年乘之往測大西洋面各處地磁之情狀。航程所屆，南及南緯五十二度之遙。見冰山縱橫，危機四伏，始撥輪北返。

公元一七〇〇年哈氏返歸之時，將其經過各地之磁針偏斜情狀，表之以圖。吾人今日記載各處磁針偏斜情狀，係將偏斜針度相交之點，作線聯之，然後各處地磁情狀可從此圖一覽無遺。哈氏卽此法之創始者也。

哈雷對於人類知識之最大功績，或可謂在乎其使奈端之『自然數理』刊行於世也。公元一八八八年加拉塞爾 (Dr. Glaisher) 已書之曰：『設無哈雷，則自然數理必不存在。』要之，苟無哈雷之力，則奈端研究之成績，縱不至湮沒無聞，其見知於世必不如是之速，蓋無疑義。

公元一六八四年哈雷之訪奈端，似爲哈氏最初向奈端提議公布其萬有引力之研究者。哈雷及其同時代之科學家對此大真理之理解，自甚渺茫，獨奈端之才能，始得完全發見之。哈雷確曾謂設行星繞太陽而運行於圓形軌道上，及其公轉周期之平方與其平均距離之立方成正比例，則可證明施於各行星之引力，必反比例於太陽距離之平方。但行星實際既運行於橢圓軌道上，而其與太陽之距離，連續變化不已。則欲以引力反比例於距離平方之臆說，數學的說明行星之運行者，乃更爲困難之事。此乃哈雷自身比較之問題，但其數學能力尙不能解決之。哈雷至友胡克 (Robert

Hooke) 及威因 (Sir Christopher Wren) 爵士均注意於此同一之問題。胡克宣稱已得一解法，但欲使他人知此題之難，故暫祕而不宣。哈雷自歎才盡，不能解答之；威因則懸價值四十先令之書一冊爲獎，倘其他二人能於兩月內得一確實之解答者，即以此書爲酬。此乃威因爵士用以鼓勵萬有引力定律之價值，而建現代天文學之基礎。

哈雷自歎才盡，乃赴劍橋詢諸奈端。此大數學家對此問題早已研究並獲得確切之證明，乃以示哈雷。奈端告以一切行星之運行完全可以太陽引力之假說說明之，而此引力反比例於太陽與行星距離之平方。

哈雷對於奈端之指示，甚爲歎服。緬想寶玉於斯，蘊櫝而存，使舉世之天文家，無緣景仰，仍竭智盡力，以求一解，未免枉耗心思。乃極力勸奈端以之付梓行世。嗣後哈氏復造劍橋，以求奈端偉大真理之數學方法，更激勵奈端努力研究並望其能公布於世。是年十二月哈雷宣布於皇家學會曰：奈端已允將其關於引力研究之論文呈報該會。

斯時皇家學會之經濟，似甚拮据。蓋因威洛拜 (Willoughby) 所著之魚史 (The Historia

Piscium) 新由該會出版，所費不貲故也。該會因財政之拮据，對於職員薪金頗難支給。社會上對於魚史似乎未加深甚之注意，故魚史一書誠非當時事實上所必需也。又當哈雷應皇家學會之命，測量地球表面一度之長時，其費用定為五十鎊或魚史五十冊。於此情形之下，六月二日之評議會，對於自然數理剗剛之費，經過相當考慮之後，命令哈雷擔任校刊之勞，印刷之費亦由其擔任之。

深惡辯論，乃奈端之本性，吾人前此已述之，故氏實有禁止自然數理第三卷出版之意，蓋以免引起胡克對其新發見之爭論也。奈端又嘗一度擬更易書名，稱為二體運動論 (*De Motu Corporum Libri Duo*)；繼思自然數理之名稱，可使此書較易銷售。哈氏既銳身自任一切刊行之費，奈端亦何忍使其重蒙虧折乎？故更名之議，亦不堅持。

哈雷對其至友大著之刊行，曾費九牛之力，卒於是年將自然數理全部送呈於英皇詹姆斯二世 (*King James II*)，並附其自身之論說。哈氏又於書首載一拉丁六韻詩，用以讚頌奈端之天才。二大天文家友誼之篤，直至奈端逝世，終未間斷。或謂二人間確曾因重大事件而疏遠。斯說毫無充分之根據，吾人可由某一事實確證之：公元一七二七年，(一七) 哈雷曾代其友申辯，並作論文

二篇以維護奈端之年代學系統 (System of Chronology)，蓋此曾遭某教士之劇烈攻擊者。凡讀斯文者，咸知哈雷對於奈端友誼之懇切，仍不減於昔日。

哈雷採取與辯護奈端之天體運行學說，獲得赫奕卓著之發見；如斯發見，使氏知名於天文家之列，其功之大，遠過於其他一切之研究。奈端既已說明行星之運行而其注意之點自然遂及於彗星。氏覺知彗星之行程，完全可以太陽引力之結果說明之；並斷言若於不同日期觀測彗星位置三次，即能決定其軌道。如斯學理之重要，未有如哈雷認識之早者。哈氏覺知此能給與探求來去無縱之珍客之運行方法。引力學說似乎明示彗星之運行，亦如行星之繞太陽而為橢圓軌道者。但彗星之橢圓軌道，甚為伸長，僅當其在橢圓徑路中某小部分時，較為接近與明亮，吾人始能見及之；而其橢圓殆無異於拋物線焉。哈雷認為應用此理誠有益於某明亮彗星運行之研究。氏遂從事於彗星途徑之計算，所研究之彗星，為數共二十有四。其出現之歲月，則自公元一三三七年至一六九八年。

(一八) 其中三彗星之軌道，絕和類似。一見於公元一五三一年，(一九) 一則為刻白爾於公元一六〇七年 (二〇) 所觀測者，一則於公元一六八二年，(二一) 哈雷曾自見之者。哈氏因疑其為按期來

臨之同一彗星。稽諸史乘，逐期上溯，果見每隔七十六年，必有光耀逾恆彗星之出現。氏得一彗星現於公元一四五六年，(二二)恰在一五三一年前七十五年。又一彗星現於公元一三八〇年，(二三)恰在一四五六年前七十六年，更溯其前七十五年，即公元一三〇五年，(二四)亦有一彗星出現。氏乃深信其按期來復理論之不謬。

哈雷如斯發見有一彗星，每隔七十五年或七十六年出現一次，遂得結論謂此出現數次之彗星乃係同一天體，而爲太陽之服從侍者，每於七十六年間，繞此光球環行一次。哈氏之發見，實甚重要；吾人須知哈氏時代以前，若不認彗星爲神怒之表徵或災難之預兆，至少亦認爲太陽系中之珍客，至其來自何方，去向何處，無人能知之。至是彗星來去時日，可以前知，根深蒂固之迷信觀念，始漸破除。天地之旗，(二五)妖焰乃戢。

使哈氏之說果信而有徵也，則此星於公元一七五七年必且重臨。故重臨預測之驗否，實足判定哈氏理論之價值。然談何容易；彗星經天，操縱之權，雖悉在乎陽德星君；而諸行星亦具牽引之力，可以隨時變更彗星行動之疾徐。故若太陽引力爲支配彗星運行之唯一活動力，則彗星軌道固爲

簡單橢圓，今因土木諸行星亦有引力之作用，故其軌道決不如是之簡單。每一行星咸具有使彗星離其軌道之力，如斯力之總量若與太陽引力相較，固無足輕重，但其離背橢圓，亦足使彗星之運行發生不規則之變動。哈雷時代，關於行星引力作用所發生之彗星攝動，尙無精確計算之方法。哈雷以其天文之天才，決定木星對於彗星之歸臨，必與以相當之牽制。設無木星之攝動，此彗星必將復現於公元一七五七年或一七五八年之歲首。哈氏於詳慎計算之後，始決定重臨時期，因遭木星攝動之牽掣，當延至一七五八年歲抄或一七五九年之歲首。哈氏自知不獲及身而見其預言之應驗，嘗言曰：『此星苟果如期而照臨，後世之人，幸持平立論而勿忘預測之者係一英人也。』其闕切之殷，昭然若揭。預告五十三年後所發生之事，誠係一驚人之預言。此果應驗，成爲天文學史上最驚異之事。世人或能譏評哈氏之預言極爲穩健，蓋屆時不論應驗與否，哈氏之身早已仙去。孰能起九原而問之哉。世人對於哈氏之言，疑信參半。然公元一七五八年（二六）耶誕節日，彗星果現，而於翌年三月十三日過近日點。斯時哈氏逝世已十七年，墓木雖拱而其令名則隨伴彗星，遨遊霄漢與天地同不朽矣。哈雷彗星，自是而後，曾於公元一八三五年（二七）一九一〇年（二八）兩度來臨，準期不

爽。

哈雷次又開始某一工作，雖不如彗星發見驚人之甚，但此工作亦爲天文學上之甚重要者。氏曾研究行星之運行，以求改進星纏預測精確之度。此工作實已完成於公元一七一九年（二九）但其結果始於公元一七四九年（三〇）公布，而氏已歿矣。於此工作中，氏精密研究金星之運行，氏更第一次想及金星凌日現象之特別重要。氏計得金星於公元一七六一年（三一）將呈凌日現象，由是可得決定太陽距地精確之值，更可知太陽系之範圍。氏詳論該次金星凌日之情狀，極言觀測之重要。雖實測之頃，因確定金星太陽接觸時刻之困難，金星凌日觀測之價值，實不逮哈氏所預料者遠甚。然後來天文家對於研究凌日現象之興趣，未始非哈氏倡導之功績也。

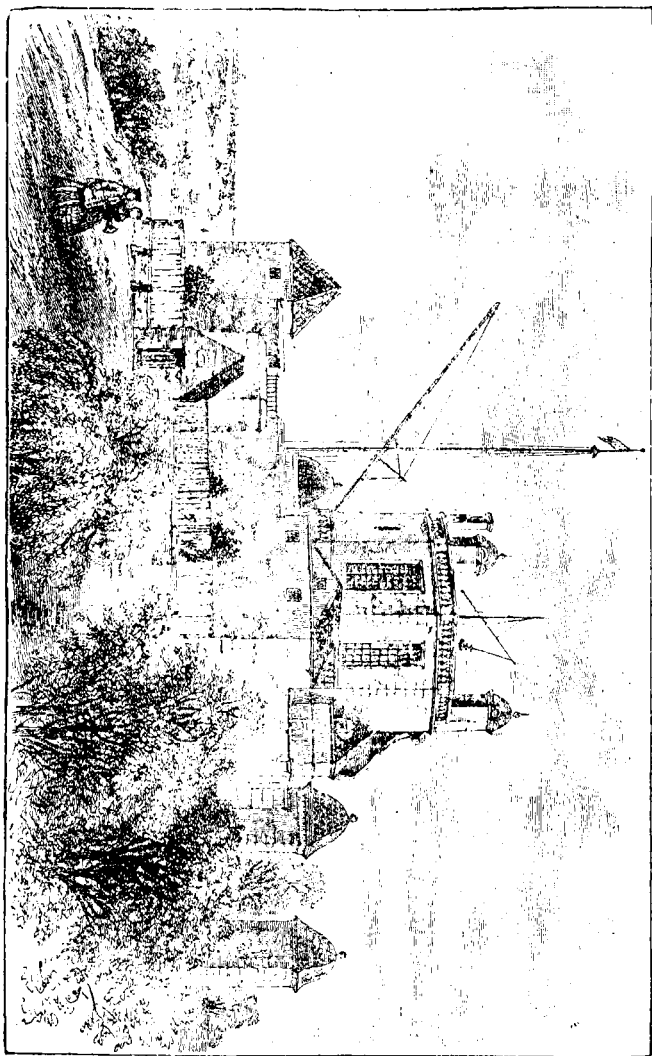
公元一六九一年（三二）哈雷爲牛津沙威利（Savilian）天文學教授之候補者。因遭當時皇家天文臺長佛蘭斯替德之謗而不獲償，另爲他人所補。蓋佛氏專長觀測，藐視天體力學之研究，嘗譏笑奈端而奈端亦反唇稽之。哈雷長於理論力學，又爲奈端摯友，其不愜於臺長自意中事。哈氏對於此事，甚爲失意，幸於公元一六九六年賴奈端之力，委爲哲斯脫（Chester）造幣廠副主任之職，

未幾此職取消，氏亦去位。公元一七〇三年，氏年四十七，始膺牛津沙威利講座之選，宿願以償。

哈雷觀測公元一七一五年（三三）之日食後，其盛名更大。蓋自公元一一四〇年（三四）以來，此爲倫敦第一次得見之日全食，故此現象甚爲世人所重視。哈氏從事於各種必需計算，並預言初虧以至復圓等情狀，其精確程度遠甚於政府所公布者。氏由皇家學會房屋，親自觀測此現象，並詳述太陽外圈之蒙氣，卽今日所稱日冕是也；但其爲太陽之附屬物乎，抑屬於太陰乎，並未加以判定。

公元一七二〇年（三五）二月九日，哈雷被任爲皇家天文家，繼佛蘭斯替德而長格林維基天文臺。時哈氏之年已六十有四矣。科學家之暮年壯心未已。於時天文臺之內容，殘缺簡陋，哈氏甚不滿意。實際儀器以及任何物件，均不能動；蓋因是等物品乃佛氏之財產，已爲其婦移去。哈氏雖向之購買前任所用之儀器，但因其與佛氏不和之故，交易遂未告成。當時格林維基天文臺之狀況，與近代臺長所見者，大不相同。哈氏不獨失其儀器，更無助手以助之，臺中一切事務，均由其自理之。

公元一七二一年，氏獲英國陸軍部（Board of Ordnance）五百鎊之賜，遂於是年設置中星儀。未幾，又得八呎象限儀，氏用是等儀器，從事於太陰之觀測。其計劃以十八年爲期，俾觀測結果於



月離理論，能有貢獻；蓋十八年之期乃天文家知其爲太陰運行之重要周期也。其目的係欲改良月離理論以期更爲精確決定海洋之經度。居然天假之年，哈氏竟能躬自成茲偉業。其結果作成之表，於其歿後出版；除法國外，各國天文家殆均採用之。

哈雷生平身體強康，毫無疾病，至公元一七三七年（三六）始罹痲痺疾，但臺中工作仍繼續不懈，俟公元一七三九年太陰觀測計劃完成之後，方退休林泉，以事頤養。公元一七四二年（三七）一月十四哈氏逝世，享壽八十有六。葬於索得（Kent）之李（Lee）教會墓地，與其五年前逝世之愛妻同墳。據斯密士（Admiral Smyth）報告，其後皇家天文家泊恩德（Pond）亦葬於此。

哈雷性情似甚寬宏正直，毫不嫉妬與怨恨。氏之體軀較常人高而細，文質彬彬，吐屬儒雅。公元一七一九年氏入巴黎科學院（Académie des Sciences），該院對於氏之生傳曰：『氏之學問淵博，態度沈毅，能得皇子之歡心；而其對答熟練，而且適切，賢明，文雅與誠懇。』

大比得（Peter the Great）乃最熱烈崇拜哈氏之一人；曾與此天文家磋商造船之事。哈氏又有比其能使皇子歡心更可貴之性能。氏能獲得其同輩之愛敬而不忘，因其富於同情之心，友誼

敦篤，毫不自私自利，談論風生，逸情雲上故也。

- (一) 清世祖順治十三年。
- (二) 英國著名大學之一。
- (三) 牛津大學之一分科，公元一三四〇年爲紀念英皇 Edward 三世之皇后 Philippa 而創立。
- (四) "Athene Oxonienses" 著者所批評。
- (五) 渡 Euphrates 河移居於 Palestine 之 Abraham 後裔。
- (六) 荷蘭天文學者 (一六一一——一六八七)。
- (七) West Prussia 州之海港及都市。
- (八) 馬來半島西及南之馬來羣島中最大之島。
- (九) 清聖祖康熙十五年。
- (一〇) 時公元一六七七年即清康熙十六年。
- (一一) 英國 Kent 縣東海岸之海港。
- (一二) Dover 海峽之最狹部分，法國 Pas-de-Calais 州之海港。
- (一三) 意大利天文家，巴黎天文臺長，(一六二五——一七一〇)。
- (一四) 倫敦北部之一區。

(一五)清聖祖康熙三十一年。

(一六)清仁宗嘉慶十六年。

(一七)清世宗雍正五年。

(一八)元至元(後)三年至清康熙三十七年。

(一九)明志：『嘉靖十年閏六月乙巳，彗星見於東井，長尺餘，掃軒轅第一星，芒漸長，至翼長七尺餘，東北掃亢北第二星，漸斂，積三十四日而沒。』

(二〇)明志：『萬曆三十五年八月辛酉朔，彗星見於東井，指西南，漸往西北，壬午自房歷心滅。』

(二一)淮安府志：『康熙二十一年七月，流星如球，自西北向東南，高不逾屋，光芒四射。』志雖曰流星，實卽哈雷彗。

(二二)明志：『景泰七年四月壬戌，彗星東北見於胃，長二尺，指西南，五月癸酉漸長丈餘，戊子西北見於柳，長九尺餘，犯軒轅星，甲子見於張，長七尺餘，掃太微北，西南行，六月壬寅入太微垣，長尺餘，十二月甲寅彗復見於畢，長五寸，東南行，漸長，至癸亥而沒。』

(二三)明史：『洪武十一年九月甲戌，客星見於五車東北，發芒丈餘，掃內階，入紫微宮，掃北極五星，犯東垣少宰，入天市垣，犯天市，至十月己未陰雲不見。』

(二四)元史天文志：『大德五年八月庚辰，彗出井二十四度四十分，如南河大星，色白，長五尺，直西北，後經文昌，斗魁，南掃太陽守，又掃北斗天璣，紫微垣三公，貫索，長丈餘，至天市垣，巴蜀之東，梁楚之南，宋星上，長盈尺，至九月乙丑而滅，凡四十六日。』

(二五)河圖曰彗星者天地之旗也。

(二六)青浦縣志：『乾隆二十四年三月彗星見南方，月餘乃滅。』

(二七)道光十五年之彗，不甚明亮，十月二十二日見於天市垣，尾長十度，首中鉤曲之光與一六八二年所見者同。

(二八)宣統二年之彗，於其前年八月二十四日已用攝影術得之。直至一九一一年七月一日始滅。

(二九)清聖祖康熙五十八年。

(三〇)清高宗乾隆十四年。

(三一)清高宗乾隆二十六年。

(三二)清聖祖康熙三十年。

(三三)清聖祖康熙五十四年。

(三四)宋紹興十年。

(三五)清康熙五十九年。

(三六)清乾隆二年。

(三七)清乾隆七年。