

萬 有 文 庫

第 二 集 七 百 種

王 雲 五 主 編


宇 宙 之 新 觀 念

哥 白 尼 等 著

朱 恩 隆 譯

商 務 印 書 館 發 行





宇宙之新觀念

哥白尼等著

朱思隆譯

漢譯世界名著

編主五雲王

庫文有萬

種百七集二第

念觀新之宙宇

The New Idea of the Universe

究必印翻有所權版

中華民國二十六年三月初版

☆ E六七八

翁

原 著 者

Nicolaus Copernicus
and Others

譯 述 者

朱 恩 隆

發 行 人

王 雲 五
上海河南路

印 刷 所

商 務 印 書 館
上海河南路

發 行 所

商 務 印 書 館
上海及各埠

(本書校對者楊冀成)

目錄

宇宙之新觀念（哥白尼著）	一
論天文學原理（刻卜勒著）	一三
天動與地動（伽利略著）	二三

宇宙之新觀念

宇宙之新觀念（註一）哥白尼（一四七三——一五四三）

現代科學上一最早驚人之貢獻爲尼古拉哥白尼（Nicolaus Copernicus）之倡地動說，取都蘭米（Ptolemy）之宇宙觀念而代之。

哥白尼於一四七三年二月十九日生於渴恩（Thorn）之普魯士村，此村傍維斯多拉河（Vistula River）。雖經擬定爲教會服務，渠於醫學轉生興趣，曾在克拉科（Cracow）大學研習此科。嗣復改習數學，先後在維也納（Vienna）、波羅那（Bologna）、帕都（Padua）、佛拉拉（Ferrara）與羅馬（Rome）等處大學讀書。渠在波蘭之佛擾恩堡（Frauenberg）雖已身爲牧師，說教而外，兼施醫道，而仍多閒暇研究他種學業。遍讀西臘哲學家諸書，見有地球在其軌道中運動一說，深注於心。

渠於文中曾如是敘述：『緣此吾始思地球有一運動。此說在今雖似玄妄，但前人已可假定某數圓軌以解說星球之運動，吾信亦可自地球某種運動之假說，試看天體轉動，能否有較宜之解釋。於是，如下文所述，吾以此種運動歸諸地球。經長期審慎之探討，終乃獲知：倘以地球之轉動為依據而論其他行星，並為各星計算其運動，不但一切現象皆由之而必然發生，且各星球之大小次序與其軌道及天宇本身，均有一定關係，以致無一部分能經任何移動而不擾亂其餘事物與整個宇宙』。

一五三零年渠發表一論文（*Commentariolus*），於其理論，略誌梗概。惟渠操持謹慎，保藏其偉著（*De Orbium Caelestium Revolutionibus*）直至一五四三年未得刊行。是年五月乃獲初印本置其靈床上焉。

*

*

*

*

*

吾至神聖之主（註二），吾信必有人焉，聞吾在此書中以運動歸諸地球，將闕然言曰：是意見也，必當擯棄。現吾於此理論亦未快意至忘考量他人評論之地步。因之，方吾懸想彼已認定地球不動如數世紀所確信之見解之人，聞吾宣佈地動，將有如何言論，吾會長久猶豫，是否應以所著證明地

動之書付之刊行，抑應仿畢沙古拉氏（Pythagoras）徒衆之例。彼等慣以哲學祕密，僅藉口授方式，傳諸親屬與友人，不較愈於公諸大衆乎？吾如是周環考慮，幾如迫不得已，將全部已成之書，束之高閣，因吾學說理解新穎，似乎矛盾，誠有理由遭人鄙棄也。

惟吾之友人戒吾不應如此，勸將此書付印，初吾祕藏至九年，而今則九年且四度矣。其他名家學者，亦不乏人作同樣勸告，謂吾不當因焦慮再行延緩，應以此書獻之數學家，以供檢討。

但吾主神明，鑒吾敢以暗中工作之結果，經極度審慎之揣摩以後，公然發表，或將不甚爲奇，但待聽取吾究因何幻想地球運動，其數學家所通認之見解牴觸，且與平常人之理想，殆如矛盾。故吾當爲吾主白之：吾考量其他方法以計算天體運動之動機非他，卽緣數學家各自探討互不相符一事而已。彼等對於日月二球之運動殊未明瞭，以至不能計算一整年時間之長，此其一。彼等決定日月與五行星之運動，既不用同樣之因果定律，亦不用同樣證明，此其二。有僅用同心圓者，有僅用偏心圓與外擺線者，然均未能完全到達其所期望之目的。甚至一主要之事，卽宇宙之形狀與其成分之對稱，彼等亦未能發現，未能計算。彼等所爲，宛如一寫真者繪一人之手，另人之足，他人之頭，更於

不同人身繪其他部分；手也、足也、頭也、他部也，雖皆十分美麗，但未繪以適當關係，全不配稱，所成之形，其不像人而爲鬼怪也無疑矣。

關於此種數學傳說之不可靠，吾已思之甚久，因不避煩瑣，將吾所可獲得各哲學家之書籍，重行閱讀，一考彼中是否有人曾信天體有其他運動。吾最初於雪賽虜（Cicero）書中，見有耐斯太（Nicetas）相信地球運動。嗣於勃魯托黑（Plutarch）之書，亦見有他人持同樣見解。吾亦經其激發，開始考量地球之可動性；雖此學說似與理性相牴觸，吾仍如是設想，因知有他在吾之前，已可任意假定旋轉運動以解說天體現象也。吾之見解乃吾亦可假定地動，以考星球之旋轉，能否求獲結論，較之於今所得者益爲可靠。由是，吾於後書中，依此假定，將運動歸諸地球，經長期連續之考察，吾終發現如其他行星之運動，皆求其與地球之關係，並以是種關係爲各星旋轉之本原，不但行星現象可由解說，且各星球之動律與大小，亦均可以說明；天宇本身與一切星球之相互關聯將和諧無倫，其間任何部分未有能經幾微之改變而不擾及其他部分與整個宇宙者。

吾人當先說明宇宙之形狀乃係球體，半因此形完滿無缺，無須接連，爲一切形狀之最完整者。半因此形最能容物，以之包藏萬體，極爲相宜。此外尙有其他理由，或謂一切組成宇宙之成分，如日月行星等等，皆現球形，或謂如令萬物自然定形，則競成此狀，有水與其他流體之成滴是也。故無人能疑天體非係球狀。

地球亦係球形

地球之爲球形，故益不成問題，因其各面受壓使向中心。縱然大地之上，有高聳之山，有低陷之谷，其非一純粹球體，誠可信認，但此並不影響其普遍之球性。是可由下例見之。北向旅行之人，每見天宇每日旋轉之北極逐漸升起，而南極逐漸低沈。在熊宿(Bear)區域內之多數星球似不降落，而許多南方星球似不升起。故埃及人能見坎老渤星(Canopus)，而意大利人不能見。意大利人能見天河最外之星，而吾人在一較寒地帶則全然昧無所知。另面言之，向南旅行之人，將見此等星逐漸升起，而在吾人頭頂之星逐漸低沈。不特此也，兩極星與地球直徑所成傾角之關係，無時或變，是惟地球係一球體方獲實現。故地球乃包於兩極之內，至爲明顯，故其形狀爲一圓球。吾人尙須繼言，暮

晚發現之日蝕或月蝕，東方居民不能見，晨間所發現者，西方居民不能見；而居於其間之人，見前者較遲，後者較早。水之亦成此形，可由船上知之，甲板上所不能見之陸地，得自桅桿升高以瞭望。反之，如燃一燈，懸於桿頂之上，岸上人將見其逐漸低沈，末後徐徐而下，以至隱沒。水亦因其本性，如陸地然，愈遠愈趨低下，而水面之高出堤岸，未有超過球形凸度所許者，又為明顯之事。故陸地之突出洋面，以較其高出地面，正復相埒。

關於地球之位置與其是否有一圓運動

因上已闡明地球為一球體，吾人當忖量是否亦有某種運動與此形狀相符合，且當思考地球在宇宙中，究位於何處。此不解決，關於天體現象無有能得確定之結果者。多半作者誠均認為地球固定不動，位於宇宙之中心，而以反面假定為不可思議，為僅堪發噓。顧若審慎衡量，將知此一問題，尙未解決，殊不能輕忽視之。凡由觀察而見及地位之改變，係因觀察者或其目標移動，或兩者均動，自應取不同方向，因若觀察者與其目標以同樣情形，向同一方向移動，則兩者間之位置，不見有改變也。天宇轉動，係吾人在地球上所見之情形，由吾人肉眼所感生者。故若地球不動，此種旋轉必將

屬於地球以外之一切物體，而其方向與設地球運動之方向相反，是即每日旋轉之情形。此種看法影響整個宇宙，及地球以外之一切物體，而地球獨係例外。但如承認此種運動非係天宇所特有，而係地球由西向東旋轉，並如以此細細考量日月星球之若出若入，將可發見此乃實際之情形。天空既包庇萬物，爲一切物之共同居處，則不易瞭解者，即何以運動不能屬於被含之物而能屬於含容之包，何以不能屬於寄寓之體而能屬於寄寓之處。由此假定，又發生另一同樣重要之問題，即關於地球之位置者，吾爲此言，固明知一切衆人，幾於盡信地球居於宇宙之中央也。但如有人假定地球非爲宇宙之中心，惟兩者之距離未甚遠，不能於恆星球面上測量，顧可於日球或其他行星之軌道察出之，且如此人更具一種見解，以爲行星運動似不規則，彷彿不受地球而受另一中心之節制，於是此一人者，或能知悉似不規則運動之真正原因。因地球與行星之距離，時近時遠，此實表明行星轉動之中心，非爲地球之中心，雖然，此事究因地球增減其與各行星之距離乎？抑因各行星增減其與地球之距離乎？實爲至今尙未決定之問題也。

對於古人以爲地球固定不動，在宇宙之中央，儼然爲其中心所持論據之駁議

緣是與相仿理由，（註三）地球乃經認定靜處宇宙之中心，而此說乃經確信不疑。但若有人相信地球旋轉，渠必有其見解，以爲此種運動出自自然，並不猛烈。因凡任自然所生之功效與由外力暴戾行事者相反。物體受猛力作用，必致損燬，不能經久，惟由自然發生者善自保全，立於最佳之境。故都蘭米誠無充分理由，憂懼地球與其上一切物體經此旋轉將遭燬滅，因是乃自然所爲，與人爲作用或由人意所可圖謀者完全不同。顧彼何亦不懼宇宙，將以同理遭更甚之損燬乎？宇宙之運動必將較地球爲速，其所較速之度，適如其較地球爲大之度。抑天宇之若是浩大，卽因其旋轉有不可思議之力，自中心策之向外乎？豈其不然，設彼靜止，則將收縮頽陷乎？此而屬實，則天宇之範疇必將增至無窮大。因其受運動所生向外之力，愈趨愈遠，必也愈趨愈速，以圓道繼續增不已而天宇必須於二十四小時周行一匝之故；反之，運動加速，天宇乃益增大。如是速率增加範疇，範疇增加速率，因果循環，永無止境。第由物理定律，無終極者不能消泯，亦絕不移動，故天宇必當靜止。

顧衆謂天空之外無物體，無地位，無空間，了無一物，而此無物之中卽爲宇宙，以無物包有物，實難置信。設天宇浩大無垠，僅其裏面有空洞爲界，是或更能明確證實天空之外卽爲無物之事，因一

切物體均在其內；惟如此，天宇必當不動。證明宇宙有限大最切要之論據即其運動。但宇宙之大，抑有限，抑無限，將待玄學家解決，吾人姑且不論，而地球之包於兩極，限一球面之內，吾人仍可確信無疑。然則吾人何不以運動歸諸地球，既合其自然之性，亦與其形狀相符，不較愈於假設一限度未知且亦不獲知之整個宇宙發生運動乎？吾人何不承認每日周轉似乎屬於天體，而實在屬於地球？每人言：『吾人駛出港口，陸地與城市向後倒退』，上一關係與此正相類也。因若駛舟寂然而行，舟外一切物，由舟上觀之，似皆以舟速向後移動，以致舟子誤思其舟與舟中一切之物皆係靜止。此同一事理，於地球之運動，亦可適用無疑，是以整個宇宙，自地球上見之，如在旋轉。顧雲也，霧也，與其他任何飄蕩空際之物也，或沈或浮，未見其有轉動現象，吾人又將何說？是惟可以一語解之：地球運動，不僅其所屬水之部分，且大部分空氣與其他一切附連地球之物，或因空氣與地球直接接觸，性質相同，或因地球之運動經傳遞分與空氣，皆隨地球運動。但天空中每有星體驟然發現，此種星體據謂係在空氣之最高層，希臘人稱爲彗星，或掃帚星，其出沒情形均與凡星相若，是該層空氣須假定爲靜止，與天宇同有旋轉現象，方可爲其解說；此與上論似不相合，當又可引以爲怪。實則其中情理

甚易明瞭，因吾人可假定該層空氣與地球相距太遠，爲地球運動影響所不能及也。故接近地球之空氣與其中一切飄浮之物，如非偶凭機緣，爲風所吹動，或爲他種外力所驅遣，以致或來或往，則視之皆應若靜止，而空中之有風與海中之有波浪實無以異。吾人必當承認物體在空氣中升降之運動，對宇宙言，具有雙重性質，恆爲一直線運動與一圓周運動之組合。物之因重降落者，本屬於地，故必與其整個主體，即與地球，遵循同一自然定律，此蓋無可懷疑；且火類諸物，亦緣相同原理，猛烈上升，地上之火乃由地上物料所滋生，故人謂火焰一物，不過焚燒之煙耳。惟火之特點在能從任何經其接觸之物擴張及於他物，作用之猛不稍怠懈，無法阻其突破障礙而完成其摧燬之功。此種擴張運動係由中心向外，故地上任何物料，一經燃燒，即向上發生運動。故單純之運動每屬於單純之物體，如所言之單純物體常係在其自然地位而保有其完整性，此單純運動輒自證爲圓周運動。在此位置，物體之運動僅爲一種圓運動，完全在其本身之內，故由其自身而言，似同未曾發生。但如物體離其自然位置，無論起因爲何，則常爲直線運動所乘。統觀世間，反於秩序與常態之事，未有甚於物之失其常所者。各物體必喪其相互間之正常關係，脫離其整體，失其完整性，方始發生直線運動。且

此等物體或向上升，或向下落，並非循單純正常之等速運動（圓運動與此無關，可置不言）。何以言之？此因彼等初非純爲輕重浮降之力所支配，如其降落，則物體之行動初屬遲緩，入後愈降愈速；如其被驅上升，如地上之火（吾人無從知有他種之火），則未幾即停，一若由此證明其本原屬於地者。而在另一方面，圓運動恆爲有規則之運動，緣無中斷之情事爲其主因。但他種運動恆每況愈減，蓋如物體達其自然位置，與整體相合，即無輕重可言，惟作自然運動。故若以圓運動歸諸整個宇宙，而復以直線運動屬各分體，吾人可言前者爲常態，後者爲病態，兩者相合，寧非異事？亞里士多德（Aristotle）雖曾分單純運動爲三種，一自中心向外，一向中心，又一環繞中心，似僅爲名學上之便利，一若點線與面，雖無一能脫離其他，二者獨自存在，且無有能脫離物質者，吾人仍加以區別也。再若思維一事，即屹然不動者在吾人理想中較之變化莫定者更爲莊嚴神聖，當知運動須歸諸地球而非宇宙，蓋地球固不若宇宙之莊嚴神聖也。且若以運動歸諸包含與位置之母體而非其中所被包含與被位置之物（按此即言地球），吾竊以爲不合情理。最後一層，因吾人明知行星與地球之距離，時近時遠，如用宇宙轉動之理論，則此同一物體之運動，既已認定其環繞一中心（即地球之

中心，更須有向心與離心之移動。是故對此環繞中心之運動，必須有一更普攝之觀念，但倘吾人假定每一單個運動，各有其中心，即可資以解說。故由以上各點言之，地球運動較之固定更近事實，而關於每日旋轉，最爲地球之特點，尤足可信。

(註一) 選錄哥氏偉著 (De Orbium Caelestium Revolutionibus) 之序言。

(註二) 譯者按：此係指當時教皇。

(註三) 譯者按：此上似有一段原文被略去。

論天文學原理（註一）刻卜勒（一五七一一——一六三〇）

布拉赫 (Tycho Brahe) 乃丹麥之貴冑，攻法律於哥卑哈根 (Copenhagen) 大學，因某次如期現蝕，發生興趣，遂改習天文。渠自製儀器，在奧格絲堡 (Augsburg) 與微吞堡 (Wittenberg) 從事星體之觀測，並於一五七六年成立第一觀象臺於虎恩 (Huen)。渠在虎恩繼續工作至二十年之久。嗣經德國驅逐出境，爲羅道夫帝 (Emperor Rudolph) 延至巴拉加 (Pragne)，渠於此開始蒐集所謂羅道夫表 (Rudolphin Tables)，記載其觀測所得各行星之位置。因聞德國少年刻卜勒 (Johann Kepler) 對於天文學深具興趣，乃羅致刻爲其助理，並令其研究火星。一六零一年布拉赫去世以後，刻卜勒尙繼續此項研究。

刻卜勒乃一旅社主人之子，於一五七一年十二月二十七日生於魚塔堡 (Würtemberg)，入當地一小學。九歲時，因父貧輟讀。在旅社中服務三年，復入一教會學校肄業，嗣升都並根 (Tübingen)。

sen) 大學。渠體格雖甚羸弱，而成績特好，爲一優等學生。渠喜究哥白尼之學說，於一五九九年爲布
拉赫延聘至巴拉加爲其助理。

刻卜勒奮力探討，欲發現火星有某種可以識別之運動，將以解說其視位置；渠覺其師所蒐集之羅道夫表已足準確。渠於工作進行中，曾改正數種都蘭米之觀念，爲哥白尼所未完全捐棄者。哥氏於行星大循環之旋轉仍保留擺線運動。刻卜勒將此理論與其表對證，覺火星之地位，不能完滿解釋，渠於是經過長期之研究與繁複之數學計算，終乃發現火星之軌道，並樹立其著名三定律之第一及第二兩定律：『(1) 行星繞一橢圓而行，日球爲此橢圓之一焦點。(2) 連接日球與行星之直線，在等時間內，掃過等量之面積。』(見賽極威克(Sedgwick)與泰勒(Tyler)所著第二一一頁至二一三頁)。渠於一六零九年在『火星運動』(Commentaries on the Motion of Mars) 一文中，發表此項定律。

一六一一年，刻卜勒因其贊助人，羅道夫帝，被迫退位。遂一貧如洗，但至嶺枝(Linz)獲教授職務。一六一九年渠發表『宇宙之諧和』(Harmony of the World) 一書，其中含有第三定律：

「任何兩行星（包括地球在內）繞日旋轉週期之平方與其距日平均距離之立方成正比」（見賽極威克與泰勒所著第二一三頁）。此一定律即爲刻氏當發明之年（一六一八年）作文所述之勝利，其文如下：「吾於二十二年前一經察知天運軌道之數爲五，與正規立體之數相同，即作有預測，吾於獲見都蘭米之諧和（Ptolemy's Harmonies）以前，久已抱有完固之信仰，吾未屆十六歲時即爲此書定名，而以此書爲誓向吾友作鄭重之許諾，吾所預測，吾所信仰，吾所許諾，皆爲吾奮力探討之目的；吾爲之而從布拉赫，吾爲之而居巴拉加，吾爲之而費吾大半生命以從事於天文之計算，終於最後經吾發現，證爲確實，超出吾最大之期望之外。自吾見第一線曙光至今未足十八閱月，而雲霾開朗，日光爛然在目，不過三月而已。吾將恣情享此神聖無上之樂，而不受任何約束。吾將傲臨人類，坦然自承吾已竊取埃及人之金瓶，遠離埃及土地，爲吾上帝建一神殿。人如恕吾之情，吾實爲幸無藝；人如恕吾之傲，吾實不能自己。書已寫成，事已決定。此書或爲當代閱讀，或留待後世，吾不問也。此或須待百年之後，方得一讀者，一如上蒼已待至六千年之久，方得一會心體察之人。」刻卜勒卒於拉體絲鉢（Ratisbon）時爲一六三零年十一月十五日。

何謂天文學？吾人居地球上所感季候與時間之變化，由於所見天宇形態不同；天文學者，即講論此種天宇形態所由生之原因之科學也。吾人研究天文，可以預測將來天宇之面容，或羣星現象，並為已往所發現者推算確定之日期。

天文學名自何來？天文學因其所講論者為星體 (ἀστὲρα) 運動之定律 (νόμος) 得名，與經濟學 (οἰκονομία) 由處理家務之定律，與訓蒙學 (παιδαγωγία) 由管理兒童之常法得名正同。

此與他種科學關係若何？(1) 天文學為物理學之一部，因其所探討者為自然物體與事件之本原，天體運動即其題材之一；且因其與物理學具同一目的，在探求宇宙及其各部一致之公理。

(2) 天文學為地理學與水形學之中心，因天空中各式現象，無論在何區域，或在海上，或在地上，惟自天文學方可知之。

(3) 授時學須依賴天文，藉天空物體之運動定四季，劃年代，而以時日繫之歷史。

(4) 氣象學亦爲天文學之附屬物，因星球移動，影響人間事物，甚至左右人類本身。

(5) 天文學包有光學之大部，因兩者有同一題旨，均係研究天體所發之光。關於地球及其運動之特性，觀點上有許多差誤，係由天文學改正。

(6) 但天文學乃屬於數學一大範圍之內。用算學與幾何學如左右翼，考定天體之形狀與其大小，研究宇宙之運動，計算各種週期，進而推求例證，化爲實際之應用。

然則天文學分幾部分？天文之研究可分五科：關於觀測事項屬歷史學，關於理論之假設屬於光學，關於假設之根由屬物理學，關於計算與製表屬於算學，關於儀器屬機械學。

吾人既須首論形象，請先說明宇宙似如何組成。——以人眼所見爲依據，共信宇宙爲天地二者所組合而成，浩大無垠。

據人之想像，地球之形狀如何？——地球似爲一廣闊之平面，各邊開展，圍圍觀看之人成一圓形，自此平面以圓爲界之形象，『地圓』(Orbis terrarum)之名於以產生。此名曾爲聖經所引用，

在其他民族中亦多通行。

據人之想像，地球之中心爲何？——以天賦之本性與視覺之差誤，各民族皆以其本國爲此平面圓之中心，惟已深諳此圓之意念者，或有不然。故普通猶太人民至今尙信波民族之故鄉，耶路撒冷，實位於此世界之中心。

關於海洋之觀念如何？——因人取任何方向，向前進行，地不盡不止，終必達於海洋，故人有思大地如一圓盤，浮於海水中者。水之不墜，乃由下部天宇所支承，緣是詩人嘗稱海洋爲萬物之父。但亦有人信陸地環繞海洋，保水不致流去，且假定海水之下，復有陸地，蓋謂海水乃爲大地之所承也。此外尙有他人，因自岸邊觀看海洋，似覺較陸地爲高，乃信大地如沈水中，而造物萬能，加神力保護，使海水不致由深處汜濫而覆沒大地。

據人之想像，陸地與海洋之下有何物乎？——世人對此支撐巨量大地之基礎，頗多討論，以其維持許久世紀，而仍堅固不動，且亦不向下沈，咸表驚奇。古之哲學家海拉利都（Heraclitus）與宗教家辣唐棣（Lactantius）曾言此是深達萬物最低之根。

世界另一部分之情形如何？即天宇與其幅員如何？——世人思天宇較大地並不甚大，實於『地圓』之邊與大地及海洋連接。故地以天爲界；且若假定有人能行許遠，即將到達邊境，與天相值，被阻不克再進。聖經所言與人之此一觀念相符。

詩人之意念亦復如此，曾謂阿特拉斯 (Atlas) 山（非洲極遠邊地之高山）以兩肩肩天，荷馬 (Homer) 且以亞西渤人 (Aethiopesans) 位於日之出沒之極端，因彼處天地毗連，距日甚近，以致皮膚爲之薰灼而成黑色。

世人以何形屬天？——自兩眼所見，天宇之形如一篷帳，張覆吾人頭頂之上，遠在日月星球之外。更如修長環拱，跨越地面。觀者仰首中天，其距離較與山岳接觸處爲近頗多。

關於天空之運動，人之意想如何？——天空係運動抑係靜止，非爲視官所能明悉之問題，因其物質稀微，目不能辨，除非謂目光不獲見有改動之物體，即係真正靜止。但日月星球視地角之位置，卻顯然變更。蓋日球似由罅隙中浮出（此罅隙在靜止之山岳或海洋與穹蒼交接之處），一若自室宇外出者然；經行天空以後，似又於對面沈入地下。月球與行星之行徑亦復如此，而全星球似

皆排列成陣，步伐整齊，前後有序，各循其道，絕無紊亂。

又因海洋處於地之盡頭之外，故衆思日球墜沒水中，以致熄滅，而對面海洋中每日有新日球升出。詩人著述，嘗如此形容。甚至哲學家中，誠有宣述魯錫唐尼亞（Lusitania）遠岸可聞海水熄滅日焰之怒濤聲者，如史特拉波（Strabo）所敘述。

吾既知天地之形，與環繞地面之大氣，亦知地球在宇宙間之地位，現吾須問哥白尼於其天文學說中，指示因視覺之差誤，吾人遂誤入迷途。蓋實際情形，並非星球來自山外，攀登天頂，乃以環繞吾人之山岳爲地面之一部，隨地球繞軸旋轉，由西向東，且即因此轉動，原屬靜止居於東方之星球，遂逐一呈現眼前，而在西方者，遂逐漸沈滅。非星球行過吾人，實乃吾人頭上垂直之一點，在羣星中行過耳。

汝言以此新奇之假說，可以完滿解釋第一種運動之一切現象與球形學說，然否？——誠然，此即本節之意向，欲以事實證明一向僅有文字所擬議者。

汝緣何期望此荒謬假說能得證明？未知有何論據——就第一種運動而言，可由七種不同之論據，證明此種運動，係由地球繞軸旋轉所起，而天體卻係靜止：（1）自運動之主體立論；（2）自運動之速率立論；（3）自運動之同致立論；（4）自運動之主因或動原立論；（5）自主動之機構，即轉軸與兩極立論；（6）自第一種運動之目的立論；（7）自表徵或結果立論。

現請自運動之主體一層以證明之。——造物就易避難，乃係天然傾向；倘可簡便行事者，即不取困難之道。現若假定地球，以一甚小之物體，繞軸向東旋轉，其結果與假定絕大之宇宙繞軸向西旋轉者無異。恰如人首在大廳中轉動較大廳繞人首轉動之爲近事實，地球由西向東之旋轉，亦較其餘全部宇宙由東向西旋轉更爲可信，因兩方效果完全相同。

設第一種運動係屬天體本身，則星球將有兩種運動，一爲全部宇宙所公有，一爲各個星球所獨有。惟此兩種運動，主體須有區別，方較近真，以故第二組運動，以多重性質，應各有專屬，而第一組運動性質單純，必屬於一單純物體，此即地球，且僅爲地球而已。

全部宇宙何以不能轉動？——宇宙之大，或有限，或無限，依吉柏（William Gilbert）之意見，姑

假定宇宙爲無限；渠以爲上帝萬能，此爲一例，蓋由宇宙之向外引伸以至無限，可見造物之能耐巨大無窮。關於此種理論，形上學者或可加以駁斥，惟天文學則不能爲任一方向作辯護，因在天文學中，一切信仰均根據感覺之證明，非憑不根觀察之抽象理想也。但如假定宇宙爲無限，亞里士多德已指明全部宇宙不能轉動，因全部無限也。

但若宇宙爲有限，則宇宙之外，別無物得定宇宙之位置，而自身應永保靜止。無物靜止，是無運動。一因運動係將可動之物體由原來地位移至另一地位；二因繞軸旋轉，兩極靜止，而所謂靜止者，係對無物而言，誠難理解耳。

(註1)譯自天文學略說(The Epitome of Astronomy)。

天動與地動（註一）伽利略（一五六四——一六四二）

伽利略（Galileo Galilei）於一五六四年二月十五日生於畢薩（Pisa）。渠父爲一數學家，因見該科前途，無發展希望，命渠攻習醫術。但伽利略約在十八歲時，在畢薩禮拜堂中見一大燈擺盪，察得擺盪之時間與振幅之長短無涉。由是，伽利略拋棄醫術，衷心壹志，改習數學，其父雖屢加阻挫，不顧也。渠後研究運動學，在畢薩斜塔上作其著名之實驗，任輕重不同之物體由塔上墮下，證明重量不等之物體，如較重於空氣之阻力，皆以同樣速度墜落。伽氏緣此及其他相仿實驗所推論之慣性原理，與哥白尼之反對者以至堅定之駁斥，因此原理說明一切物體，除非其行程遭遇擾害，或爲他力所阻，將永遠向同一方向，賡續運動，且運動之發生係由不平衡力加諸物體之故。渠以專論「固體之重心」一文，在畢薩大學中獲得講師職位。

渠在畢薩遭惡意之反對，乃至巴都主講數學（自一五九二年直至一六一零年），並在該處

繼續其物理與化學之觀測及實驗。渠於一六零零年獲成一粗簡之溫度計。一六零九年，渠聞密德堡(Middleburg)之光學師利卜懈(Hans Lippershey)氏製造望遠鏡成功，旋亦自製一鏡，並繼續以加改良，使放大率增至三十二倍。渠由此鏡發現月面多山。木星有數衛星，金星邊緣亦如月球常有變化，及星河係由大量小星所組成。

一六一零年離巴都，赴法羅倫斯(Florence)。一六一三年渠公言信認哥白尼之觀念，遂立遭教士之反對，迫受迫聲明永不贊從此項天文學之新說以後，復經判定不得再持此說，或以其教人，或爲其作辯護，此一六一六年事也。一六二三年當其友人馬馱(Maffeo)爲教皇(Urban VIII)時，渠作『對話』一文，論說宇宙之體制。渠發表此文，經過極大困難，後渠保證當局文中無背教邪說，方得許可。但其『對話』明係信從哥白尼學說之論據，不過略經隱飾而已，故於一六三三年，竟被召至教庭裁判所，迫令申誓，永絕邪學。一六三七年，發現月球擺動後數月，渠遂失明。又五年病歿，時爲一六四二年一月八日。

*

*

*

*

*

吾以前常訪奇麗之威尼思(Venice)城，圖與薩格奈多(Signor Giovanni Francesco Sagredo)先生相會，薩氏系出望族，廣有學問。其時沙維亞蒂(Signore Fillipo Salviati)先生亦常自法羅倫斯往，沙氏心志崇高，重視學術與思想甚於一切享受，其身世之名貴與財產之富有，猶其致名之末事也。吾常與此二人，在一亞里士多德派之哲學家前，討論此等問題，彼哲學家曾以解釋亞里士多德之學說得名，似以爲學之足貴，無有甚於是者。

茲者凶殘之死神竟將威尼思與法羅倫斯兩城中正在壯年之開明人物攫去，吾願試竭棉力所能作此對話，以彼二人爲主講者，企其名望於此數頁中永垂不朽。彼一剛毅之哲學家，亦將出現，因其酷嗜錫渤里修(Simplicius)之著述，似可略去其姓名，而使之頂替其心愛之作者。吾之自白其永恆愛慕之心於天下後世，二偉人之神靈其鑒許之。吾爲後世書此口講之討論，願回想兩賢無礙之辯才有以助吾。

第二日

沙維亞蒂：吾人昨日常遠離主題討論，君若不爲吾助，吾誠不知當回至何處繼續討論。

薩格奈多：君之似覺茫然，吾知誠有理由，因君腦海中裝滿所已述明與尙須討論兩面之事。吾惟傾耳靜聽，心中但知所已述明之事，吾現總前作一撮要，或可概明吾人之所討論。如吾之記憶未爽，吾人昨日會談之主要結果係於兩種學說中詳盡檢考何者爲更近事實而較有根據。一說須天體物質爲不生不滅，無變無形，要言之，除地位之改動而外，不受其他任何變化之影響，故當有第五種元素發現，與吾人基本物體可生可滅可變者迥乎不同。另一說須捐棄宇宙各部之不可通性，吾人所在之地球亦與其他天體享受同等權利，一言以蔽之，地球乃一自由運動之球體，與月球、木星、金星或任何他種行星無異。最後，復特別察知地球與月有許多相似之點，月與地球相似，自較其他行星爲尤甚，蓋月球距地最近，吾人對其所有之智識，較爲深切確定耳。因吾人已同意後一見解較近事理，吾以爲合乎邏輯之後果，當爲推論吾人究當如一般前人之所信，以世界爲不動乎？抑當如古時某數哲學家之見解與現今某數人所假定，以世界爲動乎？如係運動，運動何自而發生？

沙維亞蒂：無論以何種運動歸諸地球，吾人居地球上，故亦此項運動之參與者，將不自覺知，一若運動未曾發生，因吾人祇能以地球上事物爲衡量耳。吾人有此信認，現可開始討論。此項運動

須見隸於地球以外不與其運動之一切物體，包括可見之物體在內，乃係必然之理。故決定應否以運動歸諸地球與決定應以何種運動之正確方法，係爲考究觀測此視有之運動是否可以同樣程度歸屬地球外之一切物體。今試舉一例，如一運動可假定屬於月球，而非屬於金星、木星或其他星體，此於地球當無特異之性。現一切物體，如日月行星與恆星等，一言以蔽之，除一地球外，全部宇宙爲一共同運動所支配，似皆於念四小時以內，由東向西繞行一匝。此項運動可以單獨歸諸地球，亦可歸諸地球以外之全部宇宙，至少於初見之下，情形如此，難分軒輊也。

薩格奈多：吾明知君之議論無訛，但忽思及一異議，不能解答。此因哥白尼除每日之運動而外，復以另一種運動歸諸地球，自上述原理，此一運動當非地球上所能覺知，但必見於宇宙之他部。吾於是達一結論，或係哥白尼顯然有誤，以一於天宇中似不見有相當運動之運動歸諸地球，或此項運動果係存在，則都蘭米難辭第二種疏誤之罪，因其未能對此運動與每日旋轉同以證據加辨斥也。

沙維亞蒂：

君之異議殊屬合理。如吾人論及此一另種運動，君將見哥白尼之才智勝於都蘭

米魯乎遠矣，都氏不能見此第二種運動，由其他天體中，經甚玄妙之步驟反映而出，而哥氏見之。雖然，吾人暫可置此勿論，而回至吾人所考量之第一事。吾將自最廣遍之假定，陳述論據，以見地動之可信，庶可進而聽錫渤里修君反對之辨論。於是，當吾人考量天球極大之周圍，與細小之地球相較，不下數百萬倍，乃至論及一晝夜旋轉一周所須有之速率，何以有人能信天動地靜之說更爲合理可靠，實爲吾不能解；是爲第一層困難。

薩格奈多：縱使宇宙現象，凡與此種運動有關者，均同樣可以兩說之任一說加以解釋，但由最初概括之印象，吾以爲天動一說實爲更不合理；宛如有人攀登一巨廈之頂，意欲周覽全城及其外圍之景色，須全境繞彼旋轉，以免一轉首之勞。然無論如何，此一假說當有其特殊優點，爲另說之所無，方可抵消乃至勝過其荒謬之處，而較反面見解更見可信。亞里士多德、都蘭米與錫渤里修必當於彼等學說中，見有如是之優點。如此種優點果屬存在，吾願得聞其爲何，設或不然，吾願有人能爲吾解說其不存在與不能存在之理由。

沙維亞蒂：設無論用何種方法探考，吾不能求有如是之區別，則吾信已發現是種區別實不

存在。故吾以爲若再深論此事，徒屬無用，不若另行前進。運動係不動之反面，僅由對於靜止物體之關係，方有運動可言。如數種物體同作一種運動，自物體之相互間言，此項運動絕無效應，一若未曾發生。貨物裝於船中，當其由威尼思離開，經高富（Korfu）、干地亞（Candia）、塞普魯斯（Cyprus）等埠而達亞勒伯（Aleppo），皆發生運動，因威尼思、高富、干地亞等埠皆係靜止，並不與船同動。但對於同在船上之貨物或壓艙物，如包裹、箱籠及其他行李等等，此船之運動，自威尼思以至西里亞（Syria），實同無有，因彼等相互間之位置未曾變更，船與船上物體盡皆參加此同一運動。如船上貨物之中，有一包裹離一大箱行僅一英寸，對此箱言，此包裹所行之一英寸，較彼等共同所經二千英里旅程之全部猶爲遙遠。

第一，運動對於同動物體不能發生影響，自其相互間之位置言，以無改變，一若未曾存在；第二，此運動僅能影響及於運動不同諸物體之相對位置，蓋運動不同，相互關係方有變化；第三，吾人分宇宙爲兩部，一運動者，一不動者；因此三者，故此運動或單獨屬諸地球，或屬諸其餘全部宇宙，對於各方所生之效應無不相同。此一運動之作用僅與地球對於天體之相互位置有關，除此相互位置，

別無其他改變。夫假使地球單獨運動而天宇靜止，與假設地球靜止而全部宇宙有一共同運動所成就之效果，既無區別，且造物爲得同一效果，必避繁就簡，又爲吾人所公認，今謂造物以不可思議之高速率，從事轉動無量數之大物，而所生之效果可由一單獨物體以平凡之速率繞心轉動即得，其孰能信之？

錫渤里修：

關於日月與夫無量數星羣之偉大運動，謂爲若係未曾發生，吾未能加以同意。日球自一子午圈行至另一子午圈，由地平線之一端升起，於他端沈下，使分晝夜；月球與其他行星以及恆星亦經相仿之變化；君於此等事，豈能置若罔見？

沙維亞蒂：

君所提及之一切變化，係僅對地球而言。於此欲加例證，祇須幻想本人離開地球，於是無所謂地平線，無所謂子午圈，無日出亦無日落，無晝無夜，一言以蔽之，不能由此運動引起月與日球或其他星球任何關係之變化。一切此種變化皆以地球爲根據，且所以如此假定者，不過因日球最初見於中國，而後埃及、西臘、法蘭西、西班牙、美國等等，月球與其他星體亦有同樣之情形耳。然若設地球單獨旋轉，即不須擾動如是巨大之天宇，亦必依樣發生同一之過程。

但假定天動一說之困難復須加倍，因由之而生一第二甚重要之困難。蓋如有人以此偉大之運動歸諸天字，此人必當見其與一切行星所特有之運動相反對。夫一切行星皆有其由西向東之運動，實至明顯，無待於辯，且此種運動，與前者比，極爲和緩。於是此人不得不有一結論，謂一切行星皆背離每日由東向西之迅疾旋轉，而向反對方向行動。但如吾人假定地球運動，則不見有相反之運動，而此由西向東之單純運動固合乎一切事實，而予吾人以最完滿之解說。

錫渤里修：就運動相反對之一事而論，實無關緊要。因亞里士多德曾證明圓運動不相反對，表面之反對，實際上不得謂爲反對。

沙維亞蒂：亞里士多德曾對此證明乎抑爲某種目的之便利，僅加假定乎依其本人之宣述，如事物相互消毀，卽爲互相反對，吾不解何以二運動物體在作圓運動時互相碰撞所受之損害當遜於在一直線上之碰撞。

薩格奈多：吾請稍待片刻。錫渤里修，請君告吾，設有二武士在曠場上，平舉長槍，相向奔刺，或設有二艦隊或二入海之水流相互衝突，匯合爲一，君謂如是碰撞爲反對之運動否乎？

錫渤里修：自然，吾人將謂彼等相反對。

薩格奈多：

然則圓運動何以不相反對？因上述運動係在地面或水面上發生，而兩者皆經公

認爲圓形，則在地面或水面之運動必爲圓運動。錫渤里修，君亦知何種圓運動不相反對乎？二圓相切於外，一圓運動之方向與他圓相反是也。但若二圓相切於內，而運動之方向不同，則必互相反對。

沙維亞蒂：

反對抑不反對，僅係文字之爭論。吾知實際上解決一切問題，以一種運動當較分

成兩種爲便利自然。如君不願謂彼等爲反對，謂之反向可矣。且吾引論此第二種運動，並非言其絕不可能，吾亦無意由此爲地論說推論一強固之證明，不過見其具有高度之或然率耳。

但天宇繞地旋轉，尙有第三層困難，由是遂愈見其不可靠，因安排一切星體之法則，皆爲之完全顛倒也。星體之有圓運動，業已十分確定，無可懷疑。是種運動之軌道長者，其所需完成之時間亦長，軌道短者，時間亦短。土星行程之遠，超過一切行星，須三十年始行一週。木星繞行之圓較小，須十二年。火星須二年，月球僅須一月。吾人於梅笛山數星 (Medicean stars 木星之衛星) 中，明見一距離木星最近者，繞行軌道一周，須極短之時間，僅四十二小時，次近者須三日有半，第三者須七日，而

最遠者須十六日。如吾人以二十四小時之旋轉運動屬之地球，則此澈底不變之定則，依然可以保持；但如吾人假定地球不動，則須由月球之短週期，推論遞長之週期，至火星爲二年，至木星爲十二年，至土星爲三十年，於是更突然至一不可比度之大軌道，皆須以二十四小時之旋轉運動歸屬之。此種假定對於上述定則所生之紛擾，頃吾所言，猶其小焉者也。設有人自土星進論恆星，以更長之軌道屬諸恆星，相當於若干千年旋轉之週期，此人必當由此經一更不配比之轉變至另一運動，而以繞地二十四小時之週期屬之。惟若假定地球運動，則週期之合規性，自遲緩之土星以至不動之恆星，皆可由最佳可能之方法解說之。

吾人如假定星球運動，復遇第四層困難；此層係指星球運動之迥不相類。星球中有以驚人之高速度繞行極大之軌道者，有以較緩之速度，繞行較小之軌道者，視其與地極距離之遠近而定。復次，不僅圓道大小與運動速率隨恆星之不同大有變更，而同一星球亦常變其行程與速率；此係第五層困難。彼於二千年前在天球赤道上之星球，本繞最大之圓道運動，迨至今日，彼等已離開赤道數度，則必在一較小圓中，作較緩之旋轉。經過相當時間以後，彼數星中將有一星，因繼續運動，終達

天極而停止旋轉，是後稍加休息，復開始運動。但其他星體亦必轉動無疑，亦必如前之所言，皆有一極大圓爲其軌道，而在其中運動，永不改變。

對於探考運動基本原理之人，尙有一事實益見地球靜止不可靠程度之增加（此可謂爲第六層困難）。因如許星球，位於無限大天宇之中，若是其堅定，儘有種種運動，而仍結合一起，共同旋轉，絕不改變各個相對之位置，則天宇須有之堅固性，迥非人所可想像。但如依據一最近於事實之觀念，謂天空係屬流體，是以星球能各自繞行其軌道，則規定此種軌道之定律及原理又將如何，可於地球上見諸星附着於一球之中乎？吾以爲欲明此理，謂諸星靜止實較謂其運動爲便易，一若街道之砌石當較在上奔跑之羣兒，易於保持其秩序。

最後論及第七層異議，如吾人以每日旋轉歸諸最高天空，必須假定其有如許大力，可帶動無量數恆星，各具巨大質量，而較地球大出遠甚，且全部行星，雖以其特性向反對方向運動，亦必爲之帶動。甚至吾人須假定火一原素與空氣之大部分亦被帶動，故僅有一小地球能單獨頑強抵抗，不受此大力影響；是一假定，以吾見之，殊多可以反對之處。夫地球係一自由懸空之物體，對其本身之

軸平衡穩定，以其天性，對於動靜二者之傾向又復相埒，且其四圍均屬流體介質，吾不解其何以能免此普遍運動之影響而不被擾動。但如假定地球運動，吾人即得免此種困難；蓋地球與整個宇宙相較，係一甚小不足考量之物體，其運動於整個宇宙絕無影響也。

(註一)譯自伽氏著名之『對話』(Dialogue dei due Massima Sistemi del Mondo, 1632)。