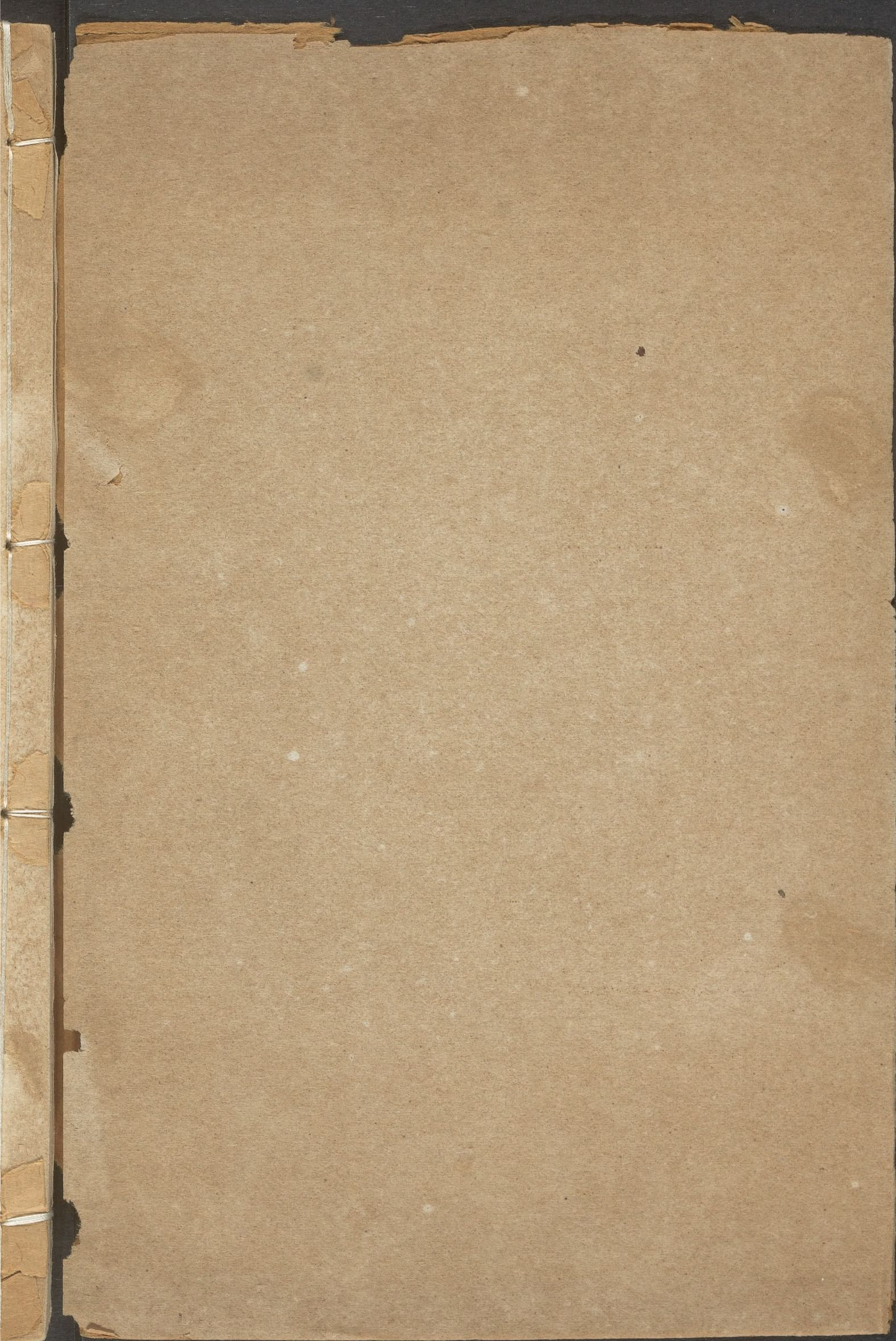


TA 9100 / 1733 (11)

CHINESE - JAPANESE LIBRARY OF  
HARVARD - YENCHING INSTITUTE  
AT HARVARD UNIVERSITY  
JAN 25, 1940

西學啟蒙十六種

天文啟蒙



天

文

啟

蒙

光緒二十四年上海圖  
書集成印書局印

天文啟蒙序

茲著此淺顯小書首卽選取無難明之數種法以測擬日月星之行動於近取管便可助觀書者確知日月星行動之真情形次卽論地參列於日月衆星中與日月衆星有何異同末卽言日月衆星於地理真學有若許裨益非止以淺近易曉之言詞爲課童蒙計也是邦之大雅君子誠肯把卷披閱未始不可爲消僂徧除積習得天文真學之要路耳是爲序

哈佛大學漢和

天文啟蒙總目

卷首訓牖 一節至八節

第一卷地球並地球運轉 九節至十九節

第二卷月與月之諸行動 一百節至一百三十七節

第三卷繞日之諸星 一百三十八節至一百八十五節

第四卷日為恆星 一百八十六節至二百零七節

第五卷恆星 二百零八節至二百三十七節

第六卷定日月星方位之法並測知其方位之諸用 二百三十八節至二百七十二節

第七卷日月星依次運行可預推有準之故 二百七十三節至二百八十八節

天文啟蒙目錄

第一卷

地球並地球運轉九節至九十九節

第一課論地形圓九節至十六節

第三課論地球動而不靜二十三節至三十一節

第五課論地球日有一次旋轉四十節至五十節

第六課論地球旋轉不惟如獨樂復別有旋轉五十一節至六十一節

第七課論地球運行日外一歲一次六十二節至六十四節 第八課論地球二轉其面不一六十五節至七十一節

第九課論晝夜長短何以不同七十二節至八十五節

第十課論春夏秋冬之別以晝夜長短相異為根八十六節至八十八節

第十一課論地球面各處見日月星運行不同之故八十九節至九十九節

第二卷

月與月之諸行動一百節至一百三十七節

第一課論月行於眾星中一百節至一百五節

第二課論月隨時變形一百六節至一百一十一節

第三課論月如何為日月交食之根 一百二十二節至一百二十七節

第四課論月面形式 一百二十八節至一百三十七節

### 第三卷

繞日之諸星 一百三十八節至一百八十五節

第一課論體似地球較地球距日近之諸星球視之宜有何式 一百三十八節至一百四十節

第二課論體似地球較地球距日遠之諸星球視之宜有何式 一百四十一節至一百四十二節

第三課論是二類之星球即行星 一百四十三節至一百四十九節

第四課論內行星 一百五十節至一百五十八節  
第五課論外行星 一百五十九節至一百七十五節

第六課論彗星隕石流星 一百七十六節至一百八十五節

### 第四卷

日為恆星 一百八十六節至二百七節

第一課論日率諸行星之功用 一百八十六節至一百九十節

第二課論日之熱日之光與日之大小遠近 一百九十一節至一百九十四節

第三課論日之形式 一百九十五節至一百九十六節

第四課論日面之諸斑 一百九十七節至二百二節



第五課論龍日之氣套二百三節

第六課論合聚為日之諸原物二百四節

第七課論日為最近之恆星二百六節

第五卷

恆星二百八節至二百三十八節

第一課論恆星為極遠之日二百八節

第二課論恆星之明二百九節至二百十四節

第三課論星座二百十五節至二百十九節

第四課論恆星之視行二百二十節至二百二十六節

第五課論恆星之真動二百二十七節

第六課論多合星二百二十八節至二百三十節

第七課論星林星氣二百三十一節至二百三十四節

第八課論恆星星氣實為何體之物二百三十五節至二百三十七節

第六卷

定日月星方位之法並測知其方位之諸用二百三十八節至二百七十二節

第一課略述前卷引起造星圖法二百三十八節至二百四十一節

第二課論星與南北極距度二百四十二節至二百四十三節

第三課論距極度不足定星之方位二百四十四節至二百四十八節

第四課論赤道經度二百四十九節至二百五十二節

第五課復總述以經緯線定星步位法二百五十三節至二百五十五節

第六課論地球面各地緯度二百五十六節至二百六十二節

第七課論地球面各地經度二百六十三節至二百七十二節

第七卷

日月星依次運行可預推有準之故二百七十三節至二百八十八節

第一課論重二百七十三節至二百八十一節

第二課論物離愈遠攝力愈小二百八十二節至二百八十四節

第三課以地之攝力解月繞地行於白道之理二百八十五節至二百八十七節

第四課論萬物互相加之攝力二百八十八節

天文啟蒙圖目錄

第一大圖月面火山巔形式

第一圖海面視船式十節

第二圖蠅在橘面式十二節

第三圖申明海為慢弓形之理十五節

第四圖人登高望遠之理十六節

第五圖天地相接之邊界式十八節

第六圖解日出日入星出星入式二十節

第七圖觀星出沒式三十節

第八圖獨樂旋轉式三十節

第九圖地球旋轉式三十節

第十一圖地繞日之旋動式五十節

第十三圖二面相交成直角式七十節

第十五圖地軸斜列式七十節

第十七圖由日面視地球冬至式八十節

第十九圖由日面視地球秋分式八十節

第二十一圖北斗四方位式九十節

第二十三圖日食既式一百十四節

第二十五圖月食式一百十七節

第二十七圖平圓分度式一百二十六節

第二十九圖星在地軌道外運動式一百四十一節

第二大圖日統率繞日之諸星式一百四十七節

第三十圖金星面所帶暗片式一百五十五節

第三十二圖火星之山海式一百六十二節

第十圖地轉晝夜相繼式四十節

第十二圖借形黃道面式六十節

第十四圖二面互相斜交式七十節

第十六圖由日面視地球夏至式八十節

第十八圖由日面視地球春分式八十節

第二十圖解明四時之式八十節

第二十二圖月環行於地球外式一百五節

第二十四圖光圈日食形式一百十五節

第二十六圖白道與黃道面斜交式一百二十三節

第二十八圖較地離日近之某星行動式一百三十九節

第三十一圖金星離地遠近式一百五十七節

第三十三圖由旁面視火星式一百六十二節

第三十四圖木星面暗帶式一百六十五節

第三十五圖木星外四小月式一百六十八節

第三十六圖土星光圖式一百七十一節

第三十七圖彗星形式一百七十七節

第三十八圖彗星層層氣套式一百八十節

第三十九圖測日大小之法一百九十四節

第四十圖日面黑斑式一百九十七節

第四十一圖解日面黑斑時變形式二百一節

第四十二圖日食時體外氣套式二百三節

第四十三圖雙星互繞式二百二十八節

第四十四圖希耳古利斯星座內之星林式二百三十二節

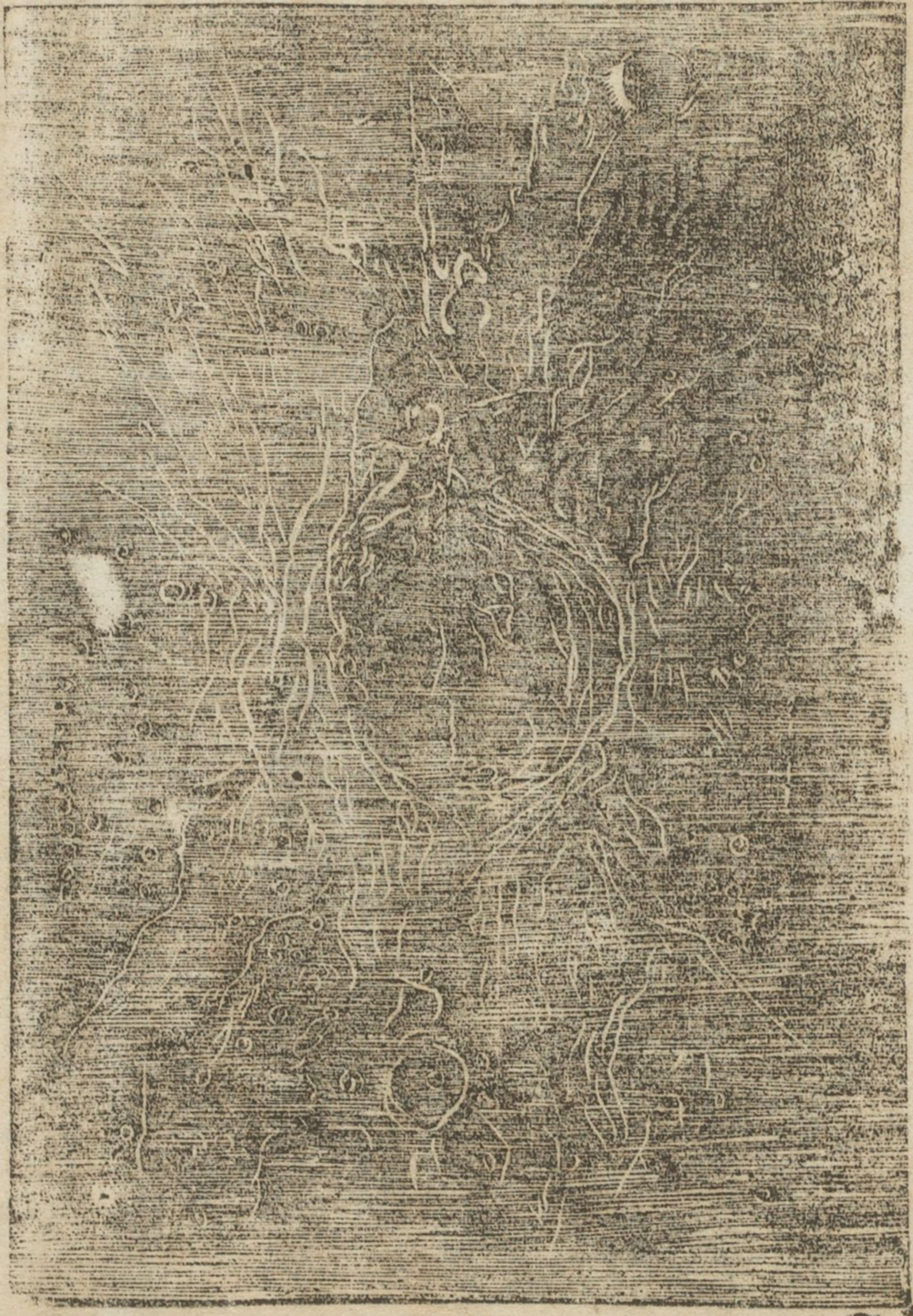
第四十五圖阿利安星座內之大星氣式二百三十二節  
第四十六圖發明某星某點方位法二百四十五節

第四十七圖赤道經度式二百四十九節

第四十八圖月向地球落式二百四十六節

第一圖

月面火山巔形圖



三  
六  
八  
九

天文啟蒙卷首

訓牖

節一 讀是書者，固俱知己身讀書處爲若何書室矣。設使書室雖有戶牖，不能透光外窺，或有人居書室中，永無由戶出視之期，彼或卽以己書室爲書室，余深知諸生不作如是觀，夫是書室也，止爲是宅中一室耳。外此相與同鄉共里者，尙有若許屋宇，爾肄業諸生，曾親行至他鄉他里，深曉夫比屋而居者，有不能勝數之人也。

節二 設有人家居於中國京都正陽門外和地安門外，於南北大街往來行走，其大街之東西，卽屬二翼二縣地面，街東屬左翼，屬大興縣，街西屬右翼，屬宛平縣，是以街爲界也。設有人居於倫敦城大密斯河南北，每日必於河橋往來經過，河北屬米得賽郡，河南屬蘇利郡，是以河爲界也。越此河諸橋之一，卽由此郡屬境至彼郡屬境矣。

節三 諸生所肄業處，各有各塾，各鄉，鄉與鄉合爲縣，縣與縣合爲府，府與府合爲省，省與省合爲國，如英吉利、蘇格蘭、愛爾蘭、威勒斯，皆若許府合而成者。四國合爲一國，卽謂爲大英國。設有學者欲讀此書，可先書出生於何國，何省，何府，何縣，何鄉，何書塾，業讀，無論是在歐洲、亞洲、美洲，或英國、中國、印度國，果有人如是錄出，反覆審視，卽知己身讀書之室，於地球上甚微，猶如太倉中之一粟也。世之不解天文

者告以日居中地與行星旋繞四面，彼必斥以爲非，胡不返然醒悟，知己之識見甚淺，而於天文中致力學之乎。

節四 設有一歐洲之英國學士，其於法國、德國以及俄奧土各國，縱未親身遍游歷，耳中已聞人云，有如許國，既聞人云，有如許國，即知俄、奧、土、德、法、意與英國合爲一歐洲，是可明曉一洲爲衆國所成，一國爲衆省所成，一省爲衆府所成，一府爲衆縣所成，一縣爲衆鄉所成，一鄉爲衆戶所成矣。

節五 無論何國人，己身所居者，僅一洲也，耳中常聞人言，地球面上有歐羅巴、亞細亞、亞美利加、澳大利亞五大洲，此五大洲中，俱有人居，盡分士農工商百工技藝，舉屬國與國爲隣，貿易人與貿易人通商互市。

節六 五大洲外，復有無數海島，洲島之所有分，即以土地之出乎洋面者有大小也，其大而廣闊者，即呼爲洲，小而狹窄者，即呼爲島，諸洲諸島合併計之，猶不及海洋面之大而多耳。

節七 諸生既欲習天文，應知此地球爲天文家所稱諸行星中之一星，習至此等步位，雖援筆而書，己身勵學某書塾，某書塾屬某鄉，某鄉屬某縣，某縣屬某府，某府屬某省，某省屬某國，某國在某洲，某洲與他等數洲合爲何行星也，亦無不可。

節八 諸生見余著書，於開端如是著筆，疑余欲作地理書，不作天文書乎，殊不知非也，明語諸生，余未錯誤。



余之意見，以爲天文始於地理，欲明天文，宜先曉地理也。余深願諸生洞明此事，諸生肄業之書室，其大小尺寸長短若干，方位若何，形狀若何，是無難一一紀錄繪畫者，而容載諸生書室之地球，亦能紀錄備舉，設有人離家遠行，至外洋周歷遠地，去已攻讀之書塾已遙遠矣，及一旦旋歸，可將遠地之方位形狀爲大爲小，詳明畢錄，與己朝夕所居之書塾心所知者，並無所異，他時展紀錄觀玩批閱，遠地之景物，如在目前，由是推之，知地球參列衆行星中，將其方位形狀若干大小，詳細察查，紀錄表述，指畫談講，亦無不能之理也。余茲之著是書，卽欲諸生明是理，後果明透，而地球面際諸事，益了然矣。

天文啟蒙

卷首

天文啟蒙卷一

天文啟蒙卷一

地球並地球運轉

第一課論地形圖

九余等人居地球面際，地果為平者乎，圓者乎，抑曲與方者乎，應以何法測而知也。舉目四周瞻望，或有

申明人於

第 海面視船

來時何以

由漸而見

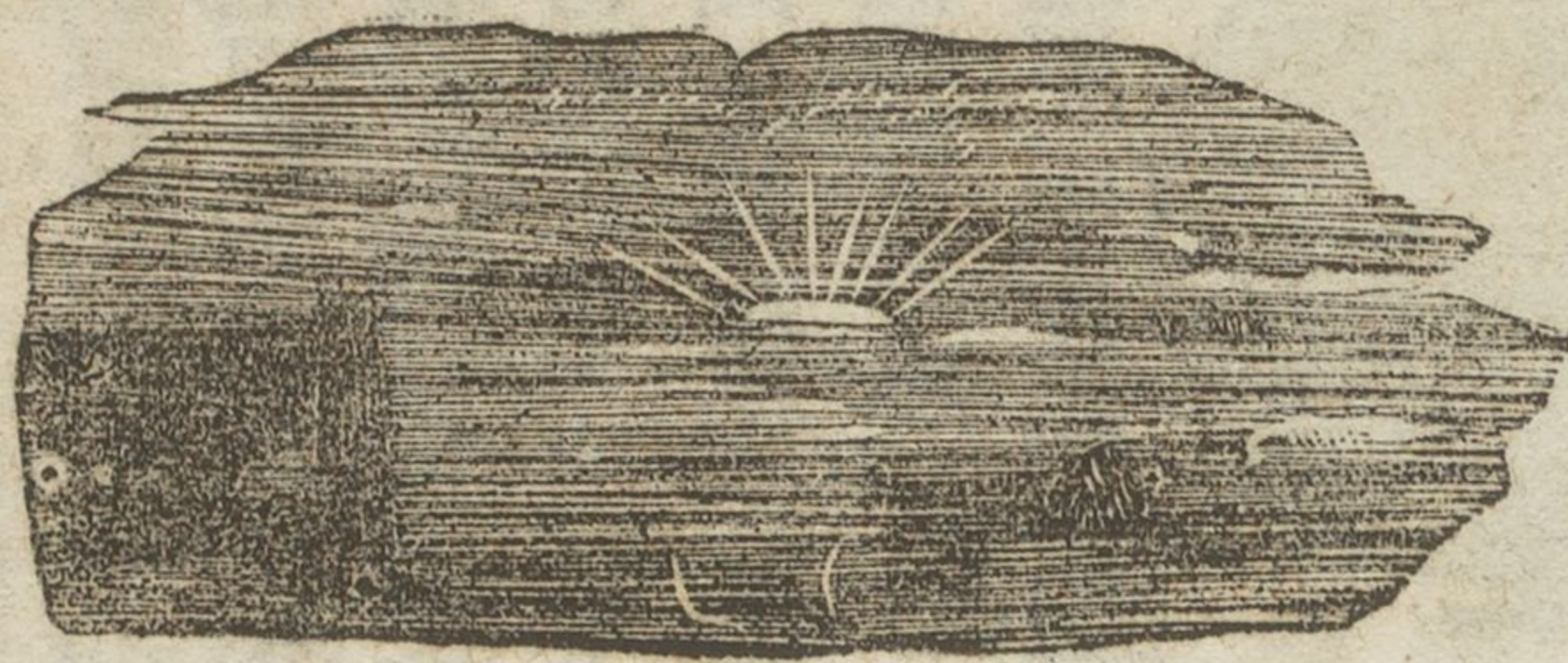
一 去時何以

由漸而不

見照圖詳

細觀之即

了然矣



高山，或有深谷，或為平地，如山中居者，雖行一非遙途程，每甫越一山，面前復有高山橫列障目，使不能望遠。設或於平陽郊原，曠觀憑眺，見四圍之樹木花草，舉屬上與天接，行之東西南北任何方向，必見地與天連處，有一道平線，俗呼曰天邊，無論何洲何國，盡如此。若然，則地體殆為極廣大寬闊之平面者乎？初何知地面之形大不然乎？

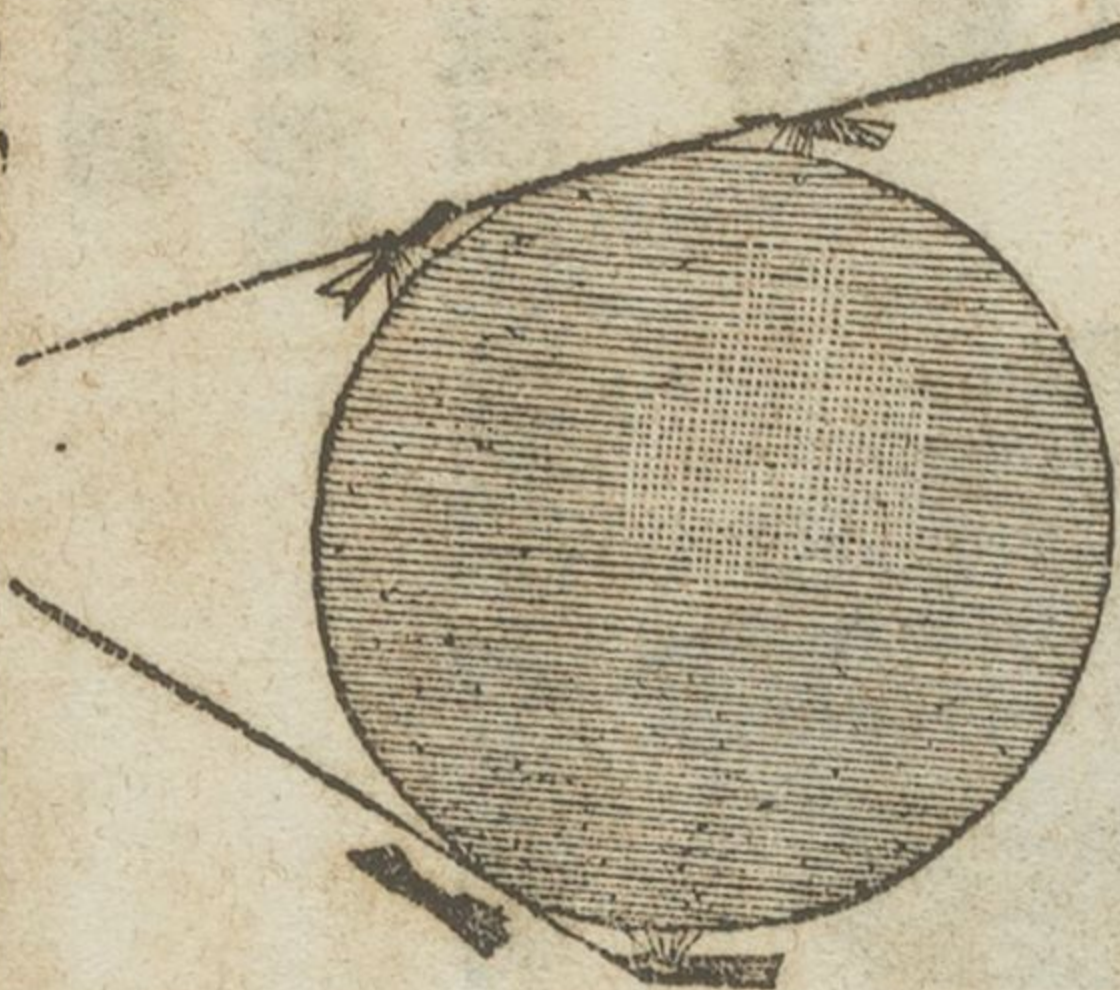
十試取一無山林溝壑巨石崎嶇處，驗其地面果平焉與否，即所謂海也。船自遠方駛來，人於此凝眸而望，初時但見桅，繼乃漸近，則見船首與船出水

哈佛大學漢和  
圖書館珍藏印

上全體之半，及至甚邇，船出水上之體畢見矣。復有一說，船於是開往外行，始則不見船出水之他處，止見船艙，繼則並船艙不見，第見船桅，後乃並船桅亦不見耳。

第十一節 如上所見，實何故哉？可借物以發明之。試備平面几一張，適有二活蒼蠅，於几面際，兩端行動，相對相向，彼此可見全身。後乃二蠅迎頭，俱就中間行，初距較遠，彼蠅見此蠅體甚小，此蠅見彼蠅體不大，及對頭相遇，則所見皆如其本體大也。夫蠅之視蠅，所以近則見大，遠則見小，不似人之視船，近則全見，遠則半不見者，即因二蠅相距雖遠，在平面几上，故可永見全身，不能似船行海面，有半見半不見也。據此，可知海面不似几面之平矣。

第十二節 試復用一法表明之。取一橘借喻，橘頂點適有蒼蠅跼立，如二圖式：一蠅立於甲，一蠅立於乙，彼此



第二圖  
蠅在橘面

相向相顧，而不能相見，以中有橘皮圓面隔，故不能望見也。如乙蠅向甲蠅處行去，先行至丙點，甲蠅望見乙蠅首，僅伏於橘皮面間，丙蠅見甲蠅首，亦僅伏於橘皮面間，其身體腿足，俱為橘皮圓面遮掩，不能望見。及乙蠅行至去甲蠅不遠處，甲乙二蠅可彼此皆見其全體矣。

立海濱

視船有

見有不

第三 見以申

明海為

慢曲弓

形之理



十三 蓋橋皮圓面有蠅，正如地上水面有船，橋上蠅行，適同洋面

船行，設蠅所居處為平面，其理即二致，如前所言之二蠅在几面不能掩全體，非其明驗歟。

十四 由此觀之，是地形如球，同於完橋外皮之式，非同几面平坦式矣。

十五 吾等連類推之，來船之桅頂，既為吾目所先見，可知人升愈

高，見海面愈遠，人於地上升愈高，則見地面亦愈遠矣。如三圖，即表明地同圓球，船行海面，遠時少見，近時多見之理。船在甲時，全身不見，至乙半見，半不見，船至丙點，乃見其全體矣。於以知人居地面，無論在甲在乙在丙何點，目所見者，亦止見地面

極邊與天接處之界線，吾等所立處愈高，所望見地之極邊界線亦愈遠耳。

十六 諸生切勿誤會，上所言地之極邊界，非同山邊有可墜之式也。地形為圓球，人向前移行，地邊亦向前移行，試將橋蠅之喻，詳細揣度其理，即可細繹出矣。如四圖，亦發明登愈高，望愈遠之理。人目在甲，見地邊界在丁丁兩點，人目在乙，見地邊界在戊戊兩點，人目在丙，視地邊界則在己己兩點矣。

第二課論地為至大

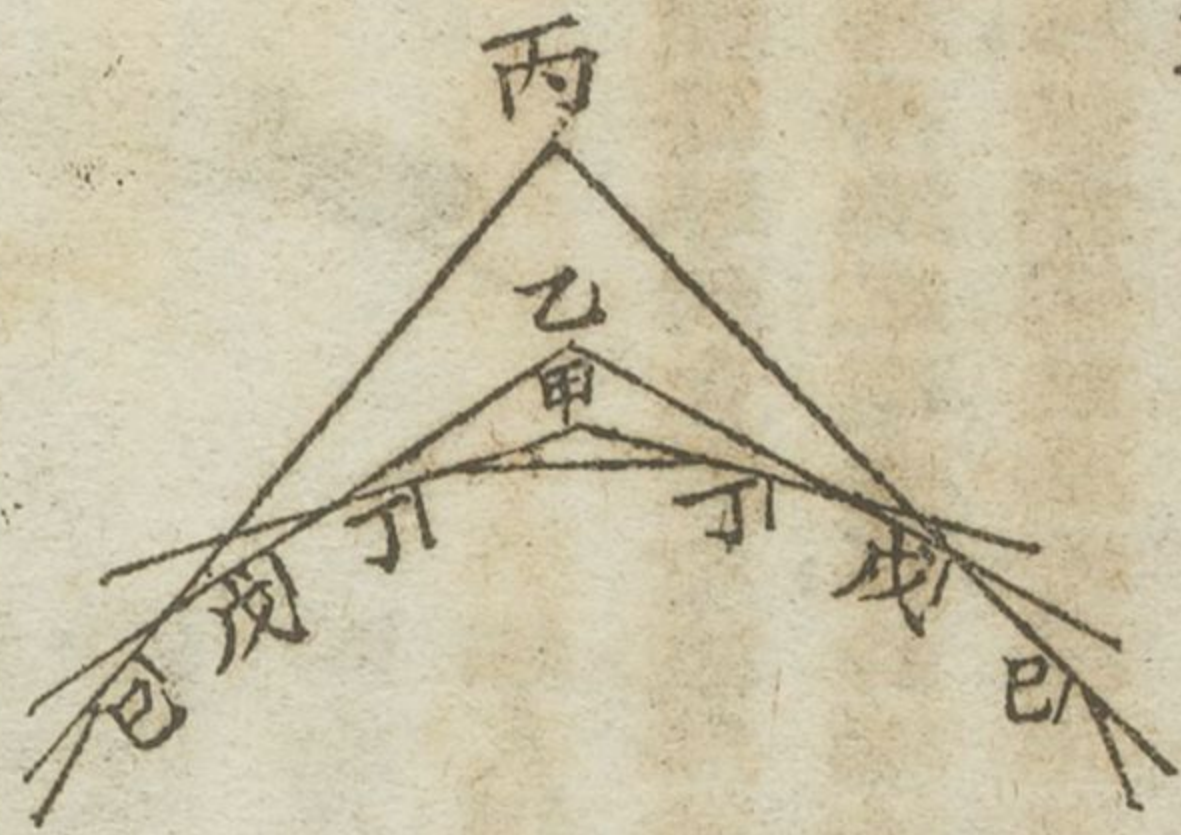
申明人

登愈高

四 見地面

愈遠之

圖 理



十七 自有是藉橋形地之喻，遂開出人之疑問矣，或

者曰：適言地圓如橋，似也。而地小亦如橋乎？或又謂：設以皮面極平之橋喻地，恐不能相肖。地有高，山有深谷，橋面不能藉形出。雖云海面如慢曲弓形，非屬坦平。而山巔極高，大川極深，地面胡能言其曲而為球形哉？有如是諮詢者，余將依類答之矣。

十八 試先將一問疑團道破之。有人伫立高處，以二圓球置其下。一球大一球小，並使二球離人之遠近相同。二球面際俱有物行動，或向乎人目而來，或背乎人目而去。其來去所行，至目能及見之極邊界，必不能一式。大球之極邊界必遠，小球之極邊界必近。如圖，正欲發明地球愈大，人目視為天地相接之邊界者愈遠。

十九 五圖乙乙為橋，甲點為蠅目去橋高之處。乙下二蠅行至乙點，方為甲蠅目所見。設二蠅俱在丙丙大球面丙下，蠅行至丙點，即為甲蠅目所見。是大球與橋球大小之別，即丙丙平圓線與乙乙平圓線。

第五節 發明地球愈大

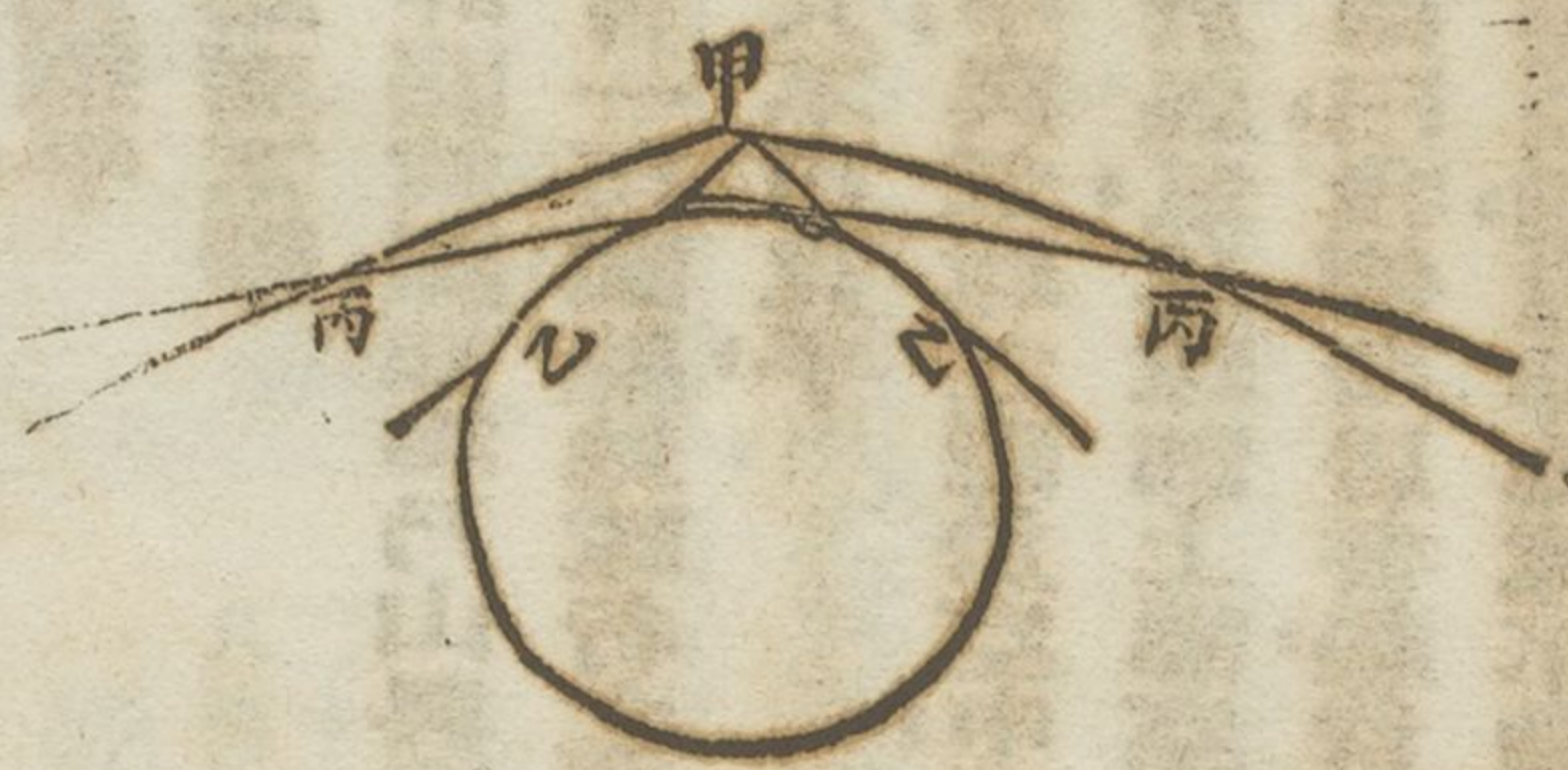
人目所

視為天

地相接

之邊界

愈遠式



相比之別也

二十節 設有人立於海灘，向海望去，望及十數里，此際

必明曉地為極大矣，執此可藉以答地小如橘之

疑問，見上十節，其實地球之直徑長及八千英里合

中國二萬四千里，如從中國與南美洲對足處，用

一道直線由地內穿過，即如是長。

二十節 於是有人謂地面高山甚多，何以謂為平面，吾

誠語汝，地面雖有高山較橘面尤平，地內中心，離

外殼地面非一萬二千中國里乎，地上山極高者，

止有十二中里，以十二里與萬二千里比之，僅為地球千分半徑之一分，試取書院中所用地球儀喻

之，是球用層紙疊疊裱糊成也，當匠役裱此地球時，其千分半徑之一分，早括於外裹之殼中，以是知

山高十二里，較尋常地平面固為高，然於地如是大亦不為多，地球取橘作譬，地球面猶平於橘面也，

如於是說猶不明，再以顯微鏡視橘，便深球之大同於紙糊之地球，試看橘球之高處有若何高，低處

有若何低乎。

二十節試用五意以闡明夫地。一吾身居地平面，欲目觀地之真形狀，或於平原，或在海面，皆可。二地面崎嶇至不平，縱不見地有曲形，亦不能謂地無曲度。三惟曲率由漸低淺，地面之曲形亦由漸低變，立海面而望船遠行，行至距此十餘里外，方至目所及見物之盡頭界限下，以是為據，不可為地形漸曲之證乎。四地形既如是由漸成曲，高山雖峭立，所關亦甚微，從可知此處曲度之平，圓線為極大，並知地球體極大也。五因地球體大，故地面際各處之高山，僅擬為風塵中極細之小點，山形雖高，與二萬四千里直徑比之，猶足道乎。

第三課論地球動而不靜

二十節於是觀夫地，復詳閱前課，知地乃山與海並平原聯合成之一巨球也。設欲知地若何大，可作如是觀，自爾書塾起，如有一可圍繞地球行之路，遵其路每日行十二點鐘，每行足百里，歷二年之星霜，得歸迴原處，地球之大不可見乎。

二十節蓋地球懸於空中，與氣球之懸於空中，其理相同，如不知何為氣球，試取絹數尺，密縫為空球式，內充以輕氣，輕氣輕於風氣，其球即上懸空中，即名曰輕氣球，或者謂地球懸於空中，動乎不動乎，或有人疑地球不能動，則曰我儕所居書塾，昔在何處，今猶在何處，且前在書塾外之樹木，或近或遠，距離若干，今昔相同，毫無差錯，豈非地球不動之證哉。



若于今昔相同毫無差錯豈非地球不動之証也

二十噫是何說也譬以大線團或橘實權為地球觀於球面插一針權為書塾觀別插許多針權為樹觀

見下文

六節於是舉目一覽線團或橘無論其為動為靜便知其面際所插各針彼此相見方位不更變且其各

針距離遠近亦依然相同

七節且將地球懸空動不動之問明解之莫若不觀地球於地球外別觀他物則瞭然矣諸生於晴夜出

門遙望無數星宿皆自東以漸而升回首西顧眾星亦以漸而降月之升降理亦同此白晝仰觀乎日

其出東入西亦無二法

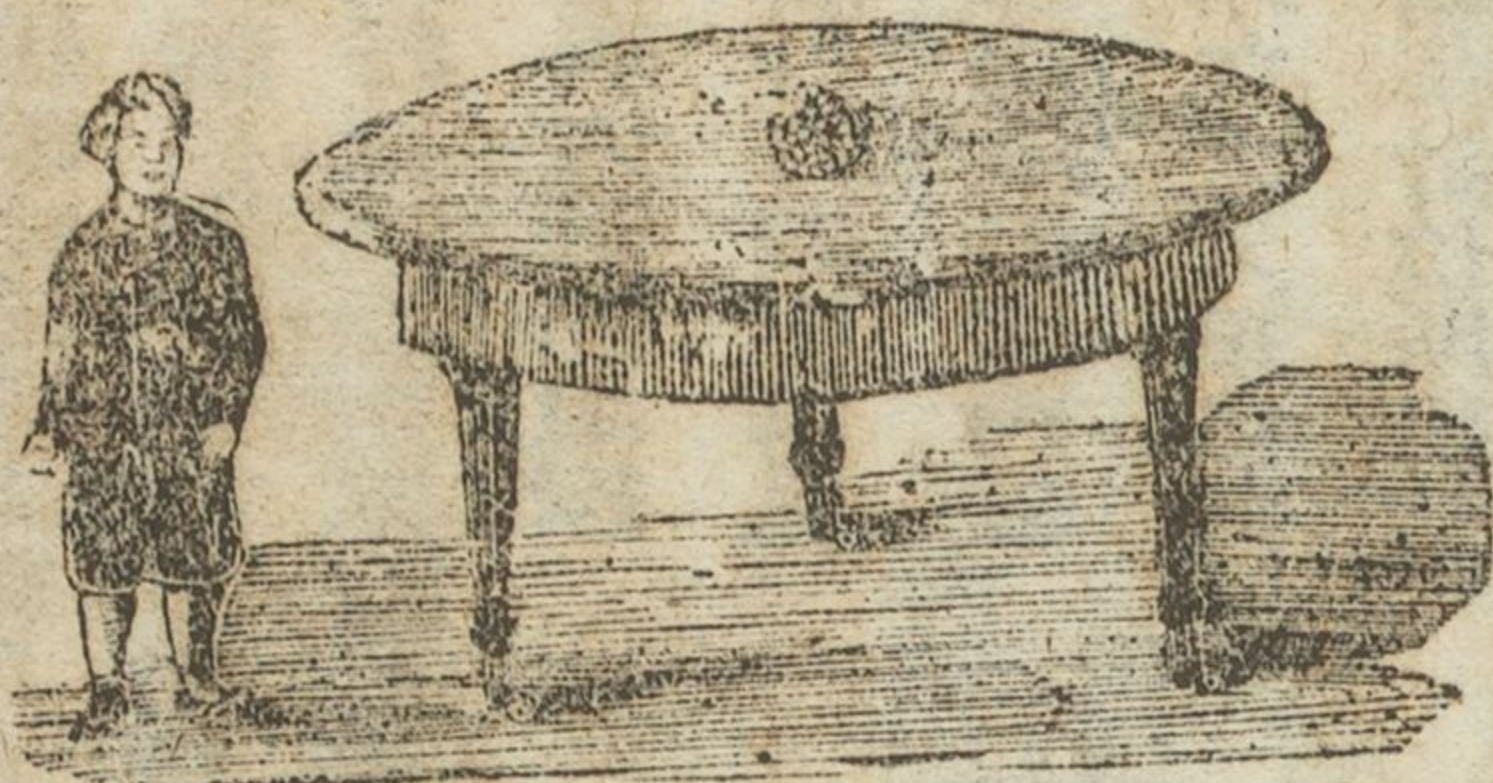
第 申解

日出

六 日入

星出

星入



八節由此觀之是大地所載之屋宇草木等彼此互相觀視不覺其動而在地球以外之日月與星即地球視之則或見其實動又或見其似實動矣

二十諸生試思之吾儕平素所謂日月星辰出暮升降之語果何意哉即言自吾儕居處觀之日月星辰皆方經過目所及見之盡頭界線也過盡頭界線升者為出過盡頭界線降者為暮與十節一圖船舶往來經過盡頭界線之理相同欲證

明其理，試以線團或橘球，安置几案中，於其旁平插一針，針頭權為爾目，爾身權為日，或月，或星。爾目繞行几案外，爾目與針須高下平齊，行至某處，爾見針頭方出團旁，就爾目權觀之，爾即為方升之日月星矣。此即不動之地球言之也。

第三十節 是圖為解六圖而設按

圖中箭行方向甲為星

暮處乙為星出處丙即

人頭所立之天頂觀此

乃知爾在針位所可望

見所不能望見者矣



第三十節 爾坐於茲，使他學士以線團在

爾繞几之方向對面旋轉，應使針

頭距几案之高下常同，爾於線團

面際之針頭，必有見有不見，見日

月有出入之理，即如是，是即人靜

線團動，人見線團面如何，人動線

團靜，人見線團面亦如何也。

三十節 如是觀之，欲細解日月星升降之故，或作地球靜而不動，日月星在外旋繞不停也，可即作為日月星靜而不動，地球自旋轉不息也，亦可。昔人以為地球不動，日月與星繞行地球外，時至今日，吾儕得知動者實地球矣。

第四課論地球猶獨樂旋轉

三十前課所論地球運動之證頗可為確據知日月星看似由東向西運行非其真運行也蓋吾儕之所  
二節以晝則見日運行夜則見月與星運行者皆因地球自為運轉故也從可知地球之自動果真而日月  
星之動祇為仰觀者覺之耳

三十於此時也諸生設問地球果動其動果何若則將應之曰爾試思疾行時不見兩邊百物如動乎諸  
三節生乘快船或火輪車駕駛疾行則見河道車路兩旁之屋宇草木等皆似動而已反覺靜矣其似動而  
非真動之各物必與爾舟車動之方向互反也

四十如是論來似有理矣第據上節言者表明地球與星象之理果足彰顯否若然是地球自西向東一  
四節直速行經過日月星矣吾人之觀日月星由東向西者果因是故乎

五十諸生一思必知其非矣果為地球一直前行也已過之日月星必不能復見矣豈有此理哉  
五節

### 第 獨樂

### 八 旋轉



三十吾等欲解明所見者當用何法則惟將地球之行動取譬  
六節於獨樂之旋轉故於中外各國地方每朝必同見一日東升  
每晚必同見一日西暮也

三十世間有晝夜之別即因地球實如獨樂旋轉之故且朝夕  
七節晝夜相繼不絕乃為地如獨樂旋轉尤明之確據也

### 圖 式

地球

旋轉

自西

而東



第五課論地球日有一次旋轉

四十節 設以一橘為地球，安置於暗室中，以洋燈權為太陽，而以長針貫橘中心，使長針插褥上直立，又以一小針插橘中間，插至盡處，僅露針頭，假為地上之一人觀，於是捻長針使橘緩緩旋轉，惟旋轉之方向，宜與鐘表面上針轉環方向相反。

四十節 諸生思之，果見何形狀，則於長針貫橘之處，必有不動之二點，其點即可名曰極，在上之點為北極，在下之點為南極，南北二極相連之線為地軸，長貫針是也，復在橘中間距南北二極相同處，平畫一線，名曰赤道，將小針插於距赤道不遠處，在向洋燈面之一點，則橘此半面必為燈光照，是乃晝也，彼

三十節 吾人恆見日東出西入，乃知地球方向由西轉東。

三十節 試以書塾所用地球儀形容之，欲使其旋轉如獨樂，則地球儀軸，即宜與獨樂之軸同式，豎立，若問地球儀向何方旋轉，則必以爾右手從儀右面搏之，使其輪環旋轉，地球旋轉之式，誠如是矣。

第

十

圖

卽此式

以解明

地轉如

獨樂始

有晝夜

相繼



半面必暗是乃夜也

四十節 於是捻長針使橋緩緩旋轉則橋小針之頭漸離燈光所照半面之中點及橋轉足四分圓之一則見針頭至明暗相界處復少捻之燈光遂不照針頭如燈沒矣人見日暮天邊卽如是設更轉足四分圓之一則見針頭至半黑面之中心卽半夜式又轉足四分圓之一則見針頭方入燈照之明處卽燈出人見日出天邊卽如是復轉足四分圓之一橋球轉足一周燈光如日午正式由天頂直照下面

三節 由此觀之是燈圍橋旋轉一周似日離天頂處向西落復由東出回至原處矣

四節 蓋地球旋轉亦猶此橋之旋轉也但地球實無串針止於二極中貫處有無形像之地軸耳

四節 世間之有晝夜是以此旋轉爲原由矣今見太陽歷十二時之頃卽西國鐘表起於某處旋轉仍歸

原處乃知地球以十二時頃自爲一轉其軸也詳見四十一節

四十節 試復以地球儀安置几上離數尺仍置一燈燈正與地球儀中心平衡相對令地球儀軸直立或使

其旋轉或不使其旋轉，只見對燈半儀常為燈光所照而明，背燈半儀常暗，故地球儀靜而不動，則此半面許多部落永在明處，彼半面許多部落永在暗處。設使地球儀旋轉，則一處追隨一處而漸入於明，已而復入於暗，如此是燈不動時，地球儀旋轉能令各處明暗相繼矣。

四十節 夫地球儀雖小也，廣而充之，足以比地球之大，燈光雖微也，推而廣之，足以較太陽之光。然地球面各地各處，時或明時或暗，皆因地球自轉其軸致之耳。

四十節 雖然，諸生切勿誤解，地球非實有軸者也。第以橘假為地球，必有長針貫中心，地球儀必有鋼條貫中心，真地球非如斯也。所謂地球軸者，祇相像之一直線耳。但想像地直線之兩端，既名曰北極南極，而地球儀軸兩端二點，亦可名曰北極南極矣。

四十節 細觀上所言者，乃知地球以十二時頃，自一轉其無形之軸矣。地球旋轉時，日在天空，不移動不變，異放其光輝，惟地面對日之各處可得光，故地球常半面得光，半面為暗，猶之置地球儀於燈前，然設地球果為不動者，則將此半面永為明，他半面永為暗矣。豈有此理哉？地球乃常自旋轉，故各地各處時或有光而明，時或無光而暗，吾人得光之時，即謂之晝，在暗之時，即謂之夜也。

五十節 吾人仰觀天象，覺太陽自東轉西者，實地球自西轉東，於上文三十八節已解明。吾儕於清晨所居地行至光明處，則覺日出東方，地球漸轉，復覺日漸升天，地球更轉，至正午時刻，又覺日行至極高點。

地行至光明處，覺日出身大地，轉復覺日滿于天，地身轉三上之日，又之...

講明地繞

第 日之旋動

外方為四

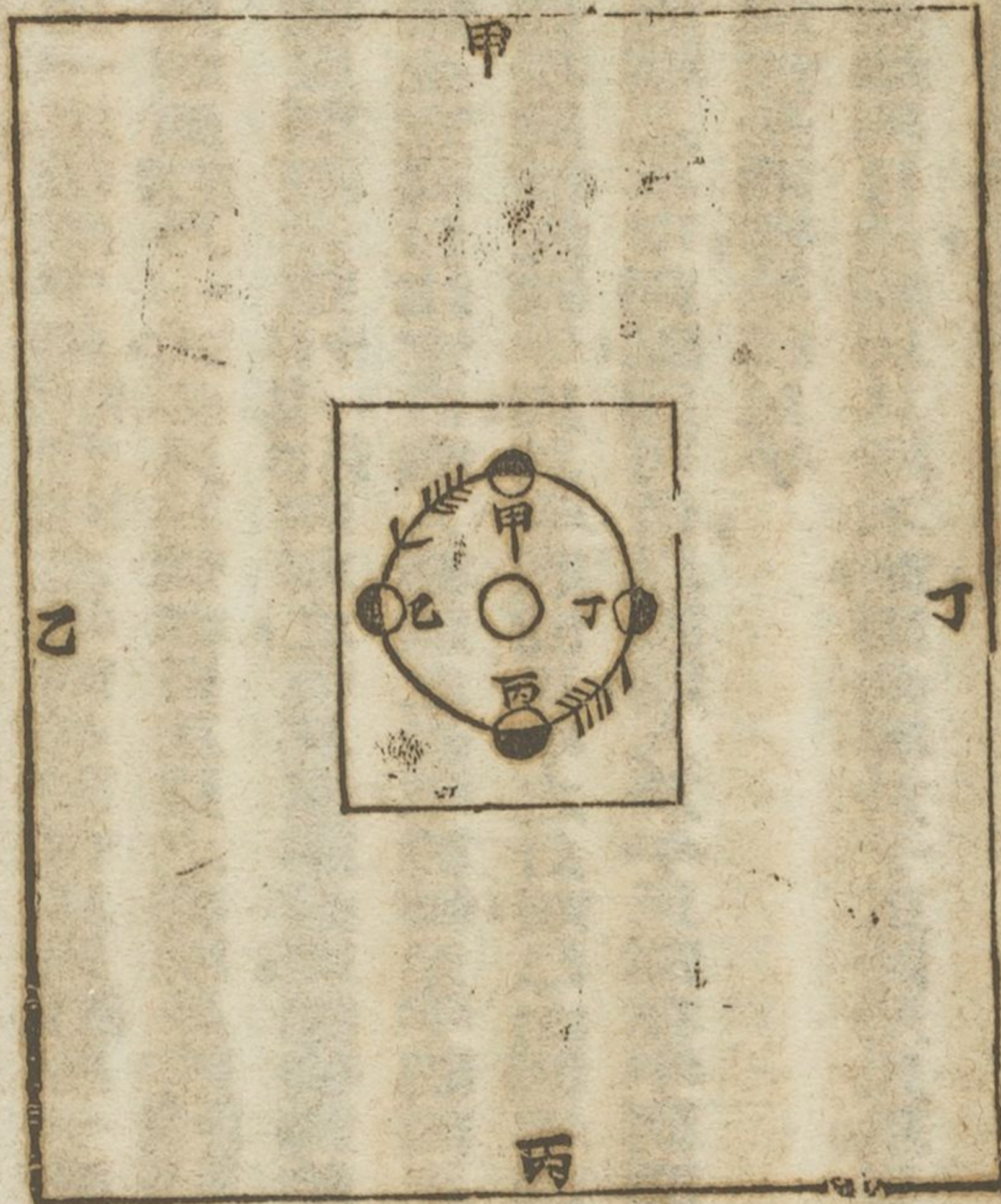
壁內方為

几中空圈

為燈日四

半黑圈為

橘地



既而復轉地球則覺日西墜而暮矣，如欲知夜間地球運轉如何，宜熟視夫天上星，然亦易知事也。試思天星運行一宿，追隨一宿，若者出而升，若者降而暮，不猶如白晝觀太陽出暮乎。

第六課論地球旋轉不惟如獨樂復別有旋轉

一節時至於今，諸生可確知三事矣：一地形如球，一地轉如獨樂，其一即地非如此旋轉，不能有晝有夜。

且晝夜相繼，即因地旋如獨樂而成就者。

二節知斯三者，則於地旋轉之一，知有確據矣。試問地復有他等行動否？欲確知地有他等行動，當復以

何法形容證明之，惟先立一與地球一式旋動之說，試觀其所見之一切形狀，能解與否。

五十節欲試其若何，可復將先用之燈與橘取至置於四壁有畫之室內，諸生視若許畫，可借喻何者？余欲以之譬天上行星，夫地與日所在處之外，復有衆多星也。第以日光過明，人於白晝不能見耳。是燈與橘之四圍有若許畫，即可表明地與日之外有衆多星，據理而論，室之頂棚間、地板間，猶應有畫也。茲不必備具，有此四壁之畫圖足矣。

四節是燈與橘，可權為靜而不動，亦毋使旋轉，更依前時橘借形地，燈借形日，其橘向燈之半面，必恆明。

地必見原燈恆居一處，從無少動。橘背燈日之半面必暗，恆見原星居一處不動。於橘之面際明暗交界

之各處，視原燈與視原星畫乃一式，必見其恆在目及見之盡頭界間。借形俗言之天邊詳見二十七節

五十節仍用一針於橘皮面際赤道詳見四節間刺之，使其僅露針頭，權喻為地面際觀望之人，將橘旋轉，借

徵地球旋轉式，諸生宜凝目注，定借喻人觀望之針頭，設轉至半明面正居中時，相對足之彼點，必在

半暗面之正中，如復將橘旋轉半周，其半明面正中之針頭，已由明半面正中移至暗半面正中，諸生

思半明面半暗面橘之正中兩點，適可借以證明，人於午正即在半明面之正中，人於子正即在半暗

面之正中矣，余視如是設譬，殆已足乎。

五十節詳觀乎此，而知地與日果屬居其所不動，則余等於子正時所見星，必有恆久無異，日出時所見星

必恆久無異，日入時所見星，亦恆久無異矣。



五十節 諸生於此事須細心揣度，詳味此畫是如何，最要者應洞明是事也。然亦無難處，諸生居此室不移坐處，亦不自有旋轉，豈非於所向之壁，視有從無變異之畫圖乎？

五十節 試問於夜間子正時，仰觀天星常同否？必答云不同，且不同者有三：一夏令子正時見之星，與冬令子正時見之星多異，歷六月之久，望見之星象所差極多；一連夜子正觀星，歷數夜後，見星俱由漸西移方位，數日內，卽有如是之小變動；一卽周歷足一歲，子正時復觀星，所見之星象與前歲無異，堯命羲和象四仲不同之星，以授人時，理卽同此。

五十節 試令橋旋轉繞行燈外，與地旋轉方向無異，所見之一切形狀俱明矣。

六十節 如十一圖，余已將燈橋桌室俱備爲式，諸生試於此幅圖，由上向下詳視，先設橋於甲，作啟行狀，子正時在地球半暗面之人，見與日相對面之星，於圖中橋上，卽見甲壁間畫，橋行至乙，子正時在地球半暗面之人，亦見與日相對面之星，於圖中橋上，卽見乙壁間畫，所見畫與甲俱異，由是橋行至丙，行至丁，可以類推，是橋移所見之畫不相同，地移所見之星故不同也。

六十節 至此余猶有一言未盡者，不能不講與諸生聽，所見形狀既若此矣，講解發明亦若此矣，於是別設一說，設使日自東而西繞地而行，所見諸星隨時移置，其部落必與前所云者無二，然我儕實深知地繞行日外，非日繞行地外也。

第七課論地球運行日外一歲一次

六十節 卽上所言者觀之乃知地不惟於本軸外一日自旋轉一周復於日外有環繞我儕已用是說請明  
二節 凡地球面上無論何洲何國於子正時觀星俱隨時有更變矣思索知者所歷之夜無多所見星之更  
變亦無多觀星歷六月之久見星之更變甚大觀星歷周年見星與初觀之夜無二式

六十節 試復取燈與橘並橘繞燈行圍觀之可確知者地不惟一日旋轉一次並一年繞日一次矣

六十節 上所言者果何故哉設地繞日但須歷六個月則觀星足半年必見前此見之星在原處或以五七  
四節 等月數為期則所見之星過五七等月數亦依舊在原處余等談論至此知世間有年歲之原由矣是

地環繞日外運行一周迴歸原處所用之時刻卽為年也

第八課論地球二轉其面不一

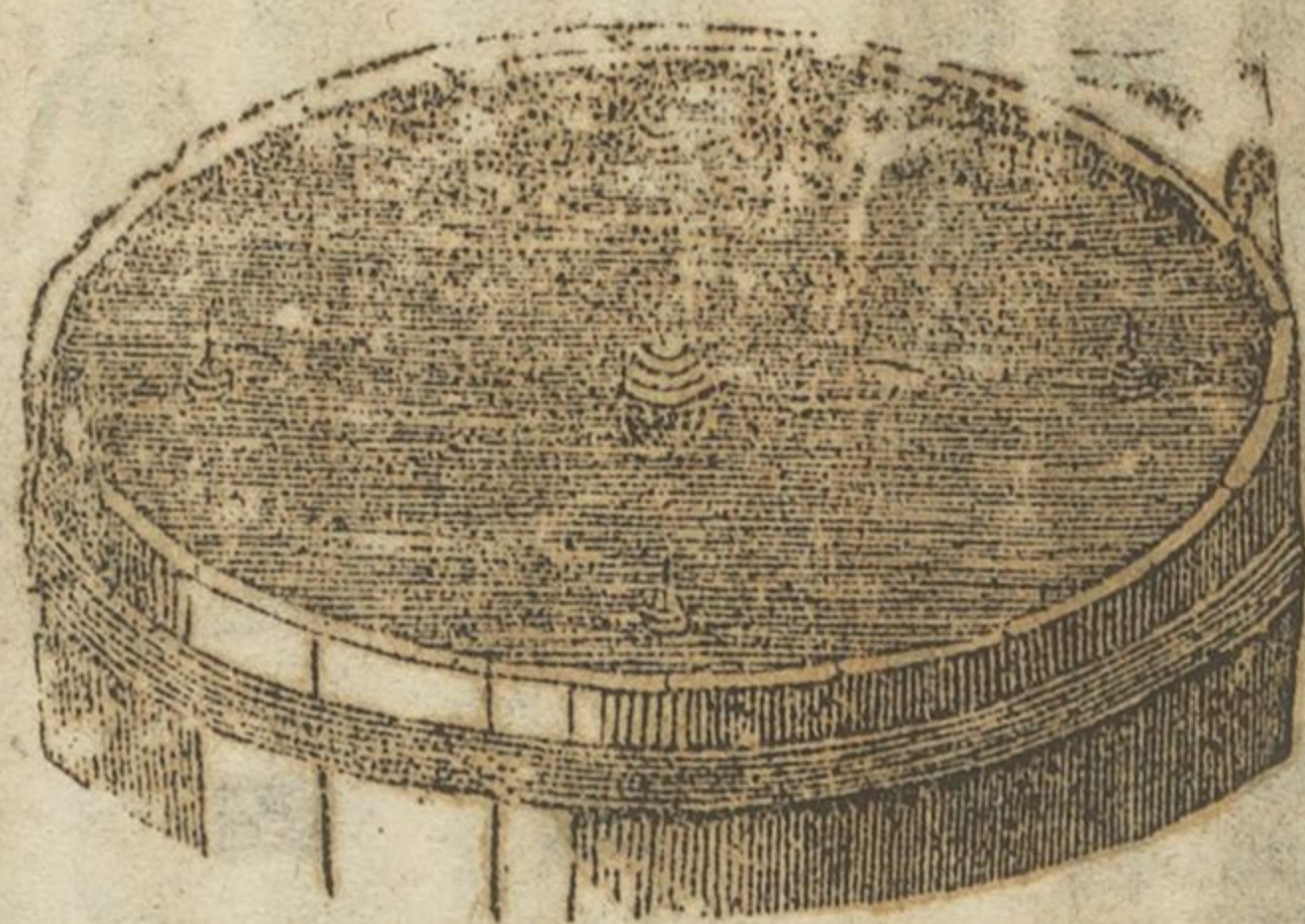
六十節 諸生如問地球運行日外其式若何跳躍行乎抑時上時下行乎或一直前往無高無下常在一面  
五節 永無變異乎則將答之曰地球運行平勻常在一面永無變異也譬猶西人馳馬於競馬場西國競馬場平圓者

也欲形容地球運行形狀如何宜於心目間懸想一至大海洋日球與地球皆浮其海面半出水上日

球居海面正中地球處擬為略如平圓軌道一年一次運行日外而其距日遠近略同

六十節 於茲取五個小球至其一稍大於他球比為太陽五球體之加重減輕以能半露水上半浸水內之

第十圖  
借形黃道面式



腰際為準，使浮於小盤中，如圖。

六十節 日球居中，地球春夏秋冬四季之變遷，其形全在於茲。諸生須知地球運行，不但遲速平勻，且常在一平面，永不變異者也。如圖，諸生亦宜知地球運行面，經過太陽中點，與地球中點，正如輕重得宜之五球中心，均與水面相平也。更將表明地球運行之桶內水面，名為黃道面。

六十節 此黃道面，即地球每年一次運行日外之面也。黃道猶如地球之競馬場，設於此，有人云：黃道之式既明矣。地球運行

於黃道面，與其每日自轉本軸外一次，名為赤道面之面，有何關涉。

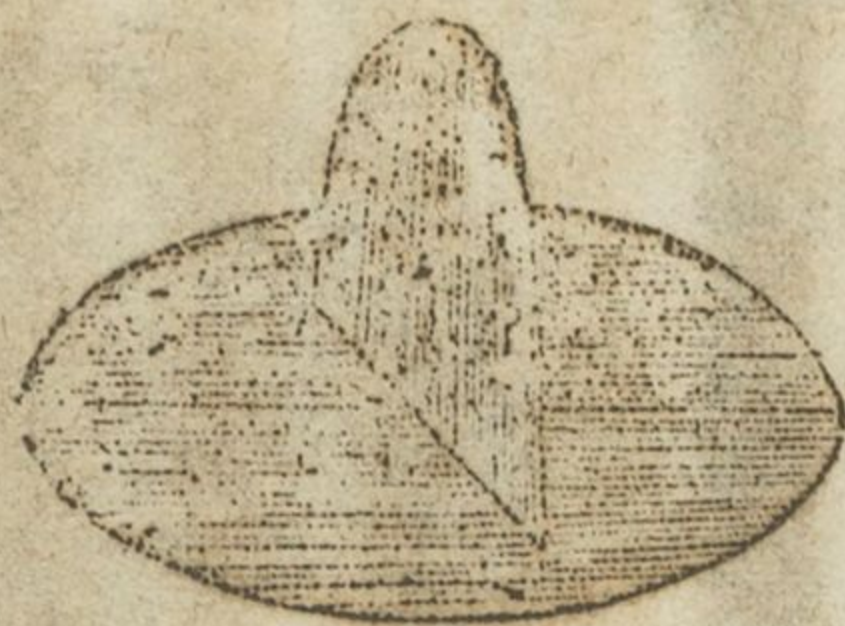
六十節 答以此事易曉，設地球直立於黃道面，與黃道面互相為直角，則是地軸自轉面，亦與地球運行日外面相同，如十二圖式矣。

七十節 然其二面，可權為一面觀否，試於一小球插針豎立，假為地球，使其式如獨樂直立旋轉，據理而論，遲速亦可作為不變異，則明暗相繼之界線，必經歷二極，地球各處相繼之明暗相等，晝夜長短，四時常同矣。第晝夜常不同，其長短也，無論何地何處，日長則夜必短，日短則夜必長，如北半球冬時日短

夜長夏時日長夜短因此知北半球入夏南半球則為冬矣

七十節詳觀上文知二面實不同也於茲猶有一法可解明其一切理設變為二面互相斜入式如圖是四  
一節詳觀上文知二面實不同也於茲猶有一法可解明其一切理設變為二面互相斜入式如圖是四  
小球皆斜其軸而並列如十五圖矣地球之軸實如是式決非如十二圖四小球直立其軸擺列也

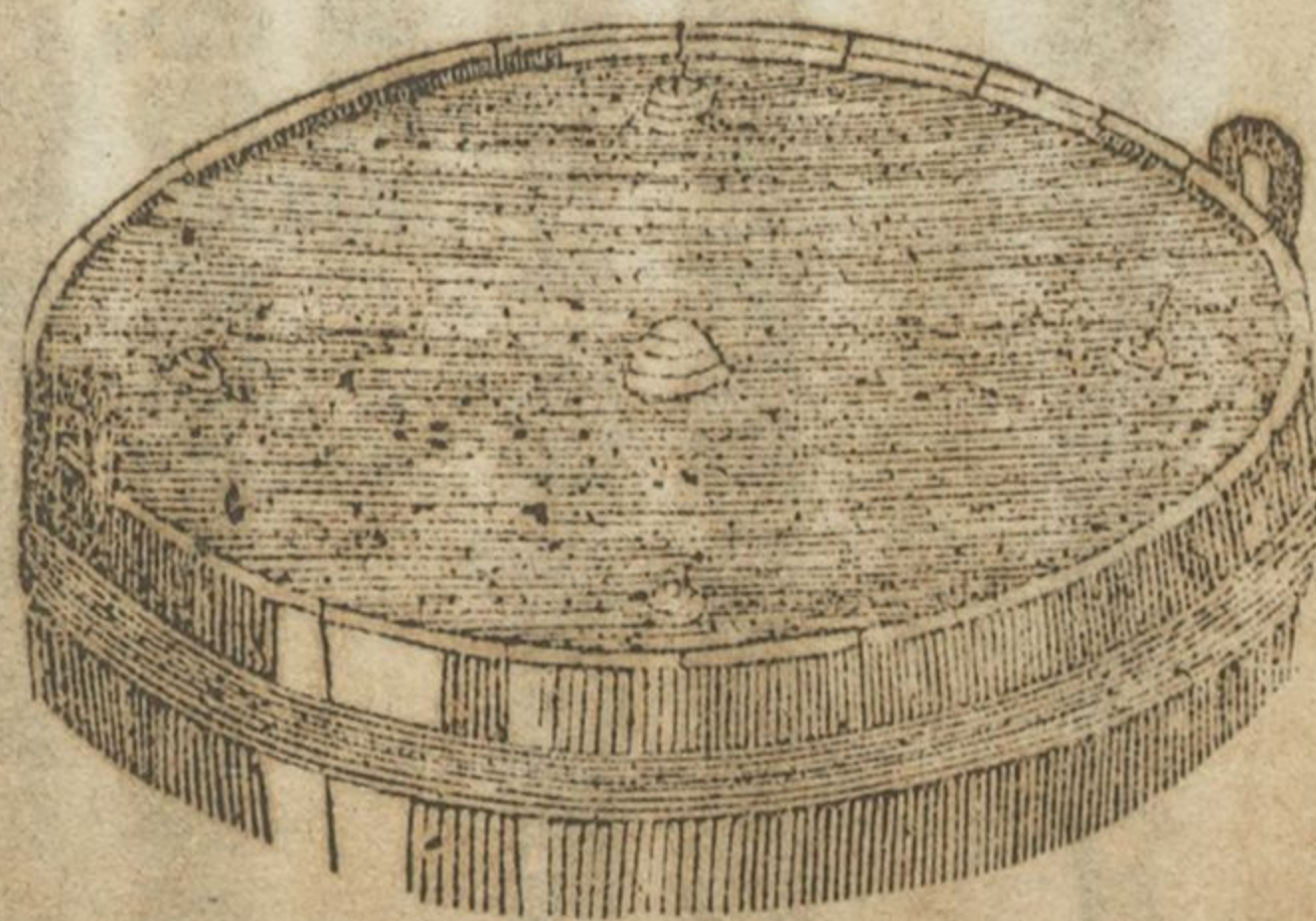
第二十圖 第二面相交成直角式



第四十圖 第二面相互斜交式



第五十圖 地球軸斜列式



第九課論晝夜長短何以不同

七十節斯時欲離卻桶仍論桶與燈但有一應變處前時所借用為地軸之串針不可直立須用為斜串方  
二節斯時欲離卻桶仍論桶與燈但有一應變處前時所借用為地軸之串針不可直立須用為斜串方  
向借燈心桶心連線所在之平衡面為黃道面

七十節地面緣何有晝夜之理於前既已講明茲欲論晝夜之各時刻何以四時長短不等依然將燈移置  
三節室內几上在左橋亦依舊使其與燈一式高在右惟串針之上端可使其向右少移斜串此上端即可  
權為地球北極觀

七十節於茲使橋旋轉燈光不能照於附近北極處必常照於附近南極處而橋球旋轉無論遲速皆不相  
四節關涉其與赤道近之各處俱有時而明有時而暗斯時可以一針插入橋內使其在近北極處權作人  
觀試為旋轉橋針頭永無得光時復將針移至近南極處權作人觀任橋若何旋轉永遠見光如是論  
來橋球串針右移既有若是與冬季同之象是地球近北極之人永在夜近南極之人永在晝矣  
七十節試復將針移插於赤道北極相去適中區橋面間將橋球旋轉一周其針頭經歷暗處途程較經歷  
明處途程長是即夜長於晝之式於是仍將針向北移插距北極益近其針經歷明時必愈少經歷暗  
時必愈多由是再漸北移必至一無明盡暗處矣

七十節於此反覆論之是於橋之北半球插針於距赤道愈近處針頭所歷明途漸較增暗途漸較減即晝  
六節漸增長夜漸減短也如移置赤道處所歷之明途暗途即相等即晝夜同一長短也

七十節由是踰赤道而南移針頭插處同上之旋轉橋球一周愈距南極近其經歷之明途愈加多暗途愈  
七節減少及移至去南極甚近處則常明無暗即永為晝而無夜矣

七十節設復移其貫串針，卽是燈觀之串針之斜度益大，則權爲人觀之針頭，無論插置何處，其所經晝夜之長短，較從前必更不相等，惟赤道界之晝夜長短，常一永無更變，卽燈觀之串針之斜度漸少，針頭插置處所經之晝夜長短時刻，相差者亦漸少，設串針漸移至上下直立處，與燈一式立直，而橘面各處晝夜無長無短，常相等矣。講論至此，諸生不俱知歐洲各國，與蒙古、中國、日本國，在赤道北乎，倫敦微近北極，略遠赤道，北京少近赤道，微遠北極，每至冬令，赤道北皆晝短夜長矣，倫敦之晝更短於北

第十 第六 圖  
 人在日面  
 視地球夏  
 令式卽夏  
 至西曆六  
 月二十二  
 日倫敦正  
 午時



京之晝，其故何哉，諸生試詳揣之，設地球軸列擺之方向形式，與橘球串針之列擺方向式同，上所言之一切，卽可解明，從知如是式擺列橘球，卽表明冬令地球向日式也。七十節且時不能常冬也，繼冬後者有九節，春分則晝夜相等，繼春者復有夏令三月，是時晝長於夜，與冬

令式相反，至秋分則晝夜復相等矣。諸生如問此論如何，余必答以須復加斟酌，於是仍觀夫橘，使橘由漸而立，斜度漸減，至串針立直時，即為春令地球式。試復移串針向燈斜立，即可發明夏令地球式。何以知串針若是移，即可發明夏令地球哉？前此北極去燈遠，軸斜立時，夜長於晝，南北極針直立時，晝夜長短相同，而北極軸稍向燈面斜立，北半球不即晝長於夜哉？然地球軸之方向，實永無變動也。雖經歷乎四時八節，地北極永向天皇大帝一星，所差甚微。

人在日面

視地球冬

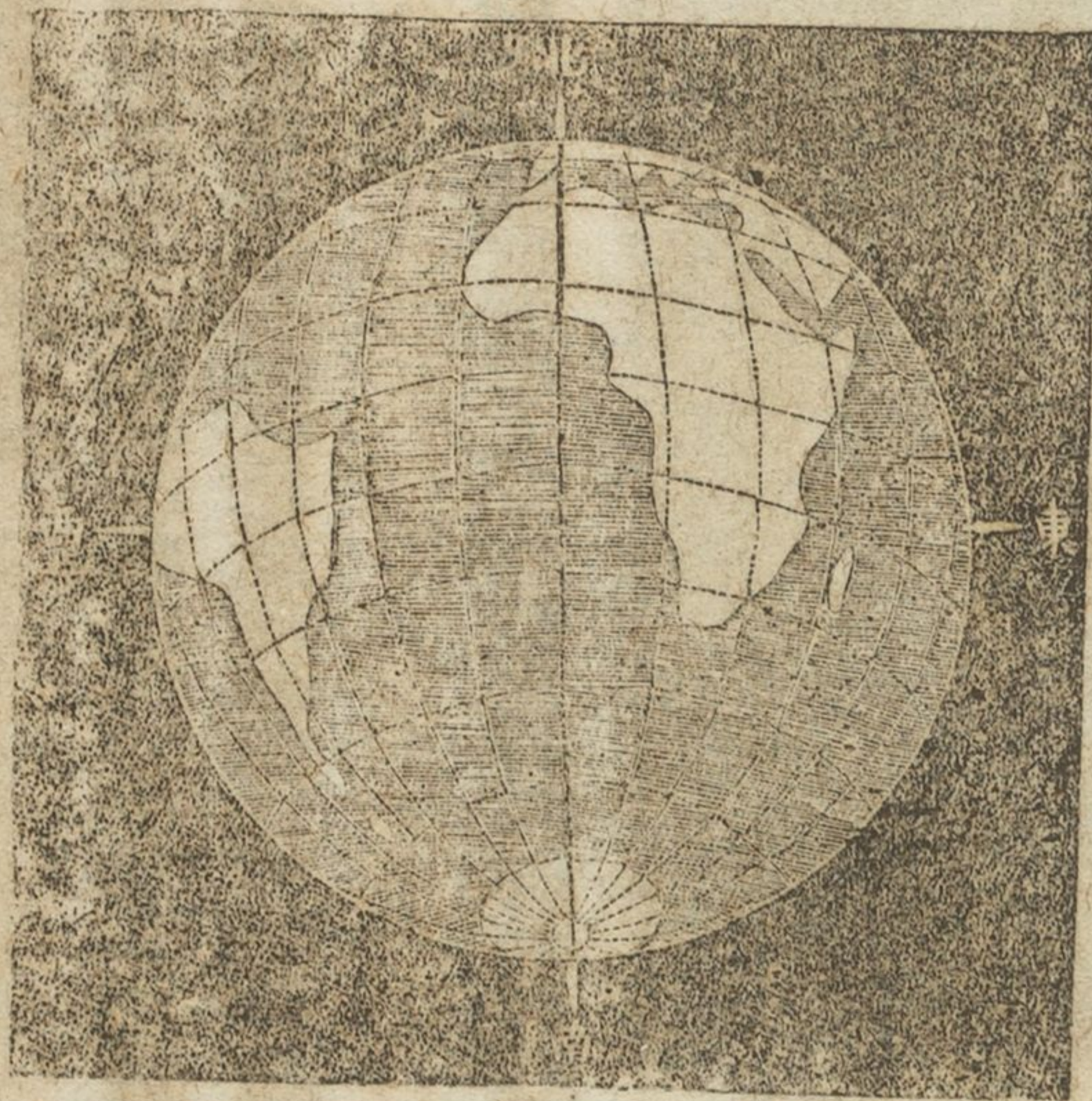
令式即冬

至西曆十

二月二十

二日倫敦

正午時



八十節 然必易用他法，試使橘繞燈行，

而方向與鐘表面針行者使相反，第有一最要處，務使其軸端常指向一點不變，即其軸亦常與已平行，設使其移繞四分周之一，並一面移行繞燈，一面自為旋轉，細視其晝夜長短，即知北極南極俱在明半球暗半球之界間，橘皮各處行於光中時刻，與行於暗中時刻

俱無異，地球如是向黃道面，即春分式。

八十節 試復將橘前移四分周之一，即見北極點已微向平燈，其赤道北各處，必晝較夜長，是即夏令式，赤道南各處，必晝較夜短，即其冬令式，蓋橘旋轉移行已至半周，其更變之式，即與初啟行時式，正相反矣。

八十節 更前移橘四分周之一，晝夜所歷之時刻，復至相同，即秋分式，下復餘四分周之一，設復前移，則至

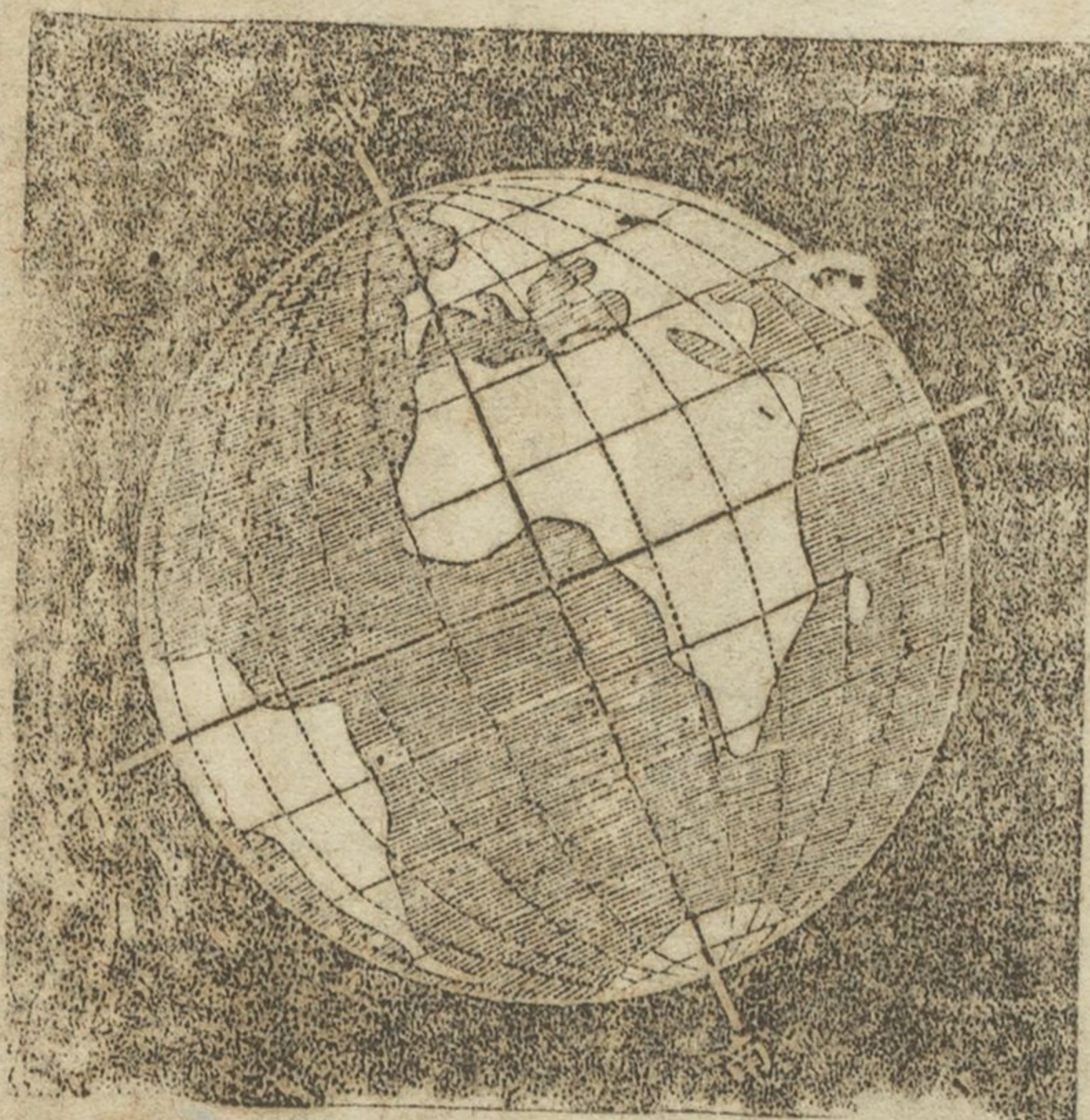
橘啟行時之原處矣。

八十節 地行即同於橘行，一年中繞日一次，由冬令起，經歷春夏秋三時，後復至冬，春秋時名為春分秋分，地於黃道有如是斜列之形式，至此二點時，各國各處，晝夜時刻相同。

八十節 諸生細視圖，即知北半球夏令時，附近北極之各處，常晝無夜，有

第十八圖

人在日面  
視地球春  
分式即春  
分西歷三  
月二十二  
日倫敦正  
午時





第十 人在日面

視地球秋

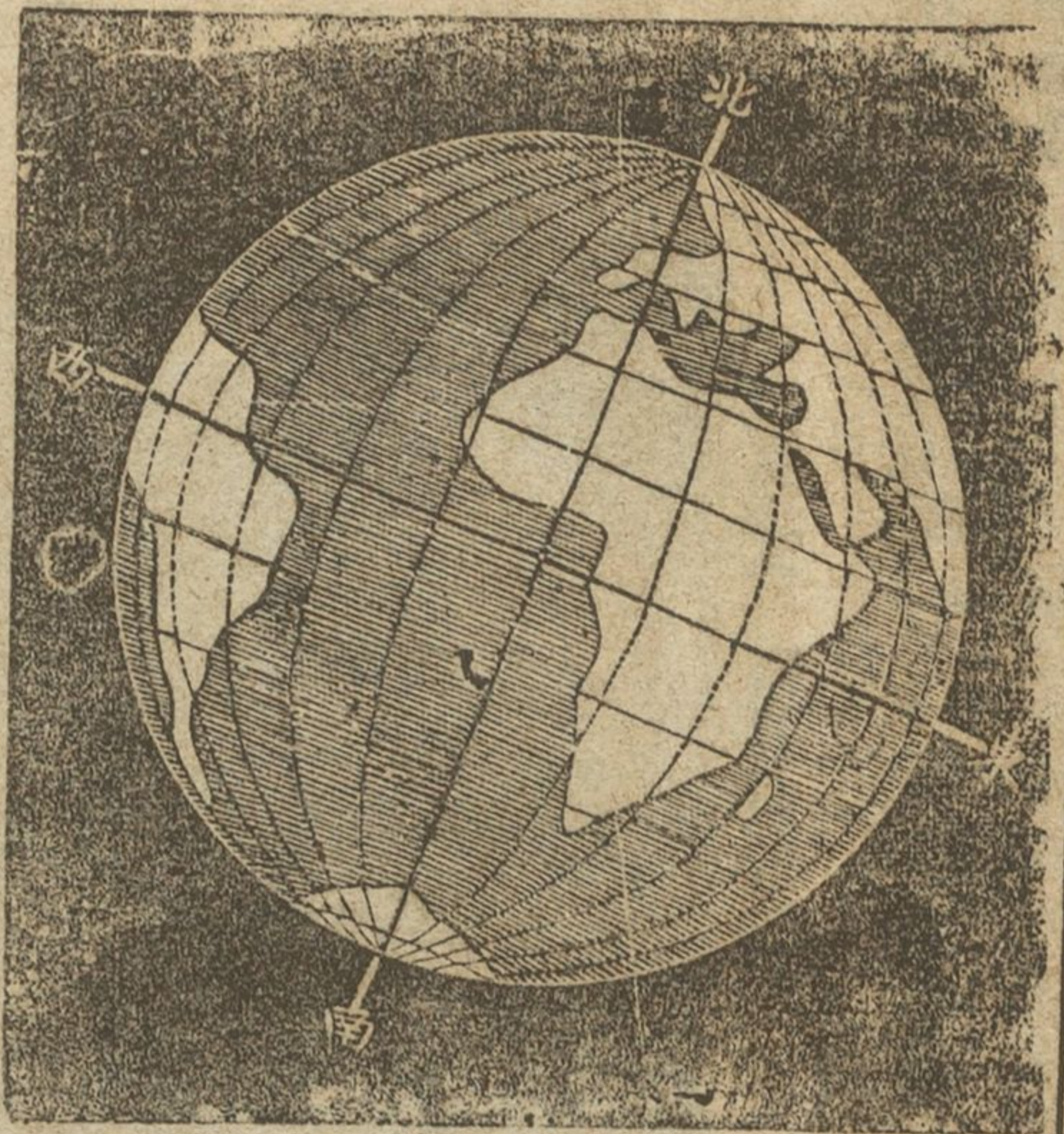
分式即秋

分西歷九

月二十二

日倫敦正

午時



人能至彼處，必見日至平西時不  
 落在天邊懸繫，由西而北，漸東行  
 來，若至冬令，則永不見日出矣。南  
 半球之冬夏令，雖與北半球相反，  
 北冬南夏，北夏南冬，其理亦復如  
 是，由是觀之，是南極北極二點有  
 六個月之晝，相繼有六個月之夜  
 矣。

八十節 本課有四圖，均為人在日面觀地球式，十六為夏至地球式，十七為冬至地球式，十八為春分地球式，十九為秋分地球式，各圖之中心，即日歷四季，依次所向處，在此四方位，諸生試使地球儀繞行一周，即可洞明此許多理矣。

第十課論春夏秋冬之別，以晝夜長短相異為根

八十節 前課所論晝夜長短不等之故，諸生若已明哲，必能知在英國，在澳大利亞，如何又有冬又有夏矣，祇是英國夏令與澳洲冬令在一時，並知地面上晝夜長短不等，即為四時相繼之根，而赤道南北二

解明四時之

第 式圖中春夏

秋冬列擺依

二 泰西歷式與

中國歷不同

中國以春分

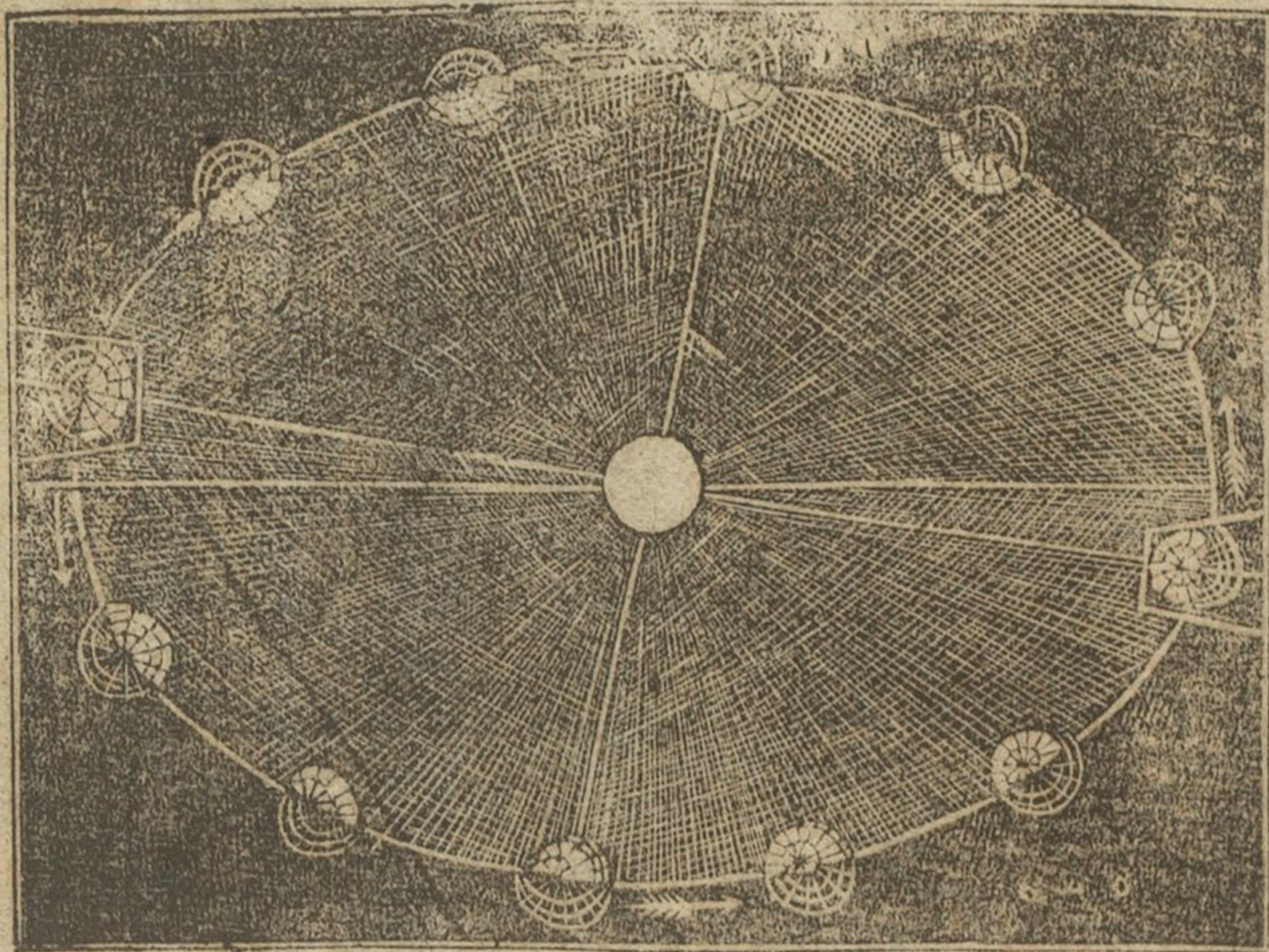
為春之中泰

西以春分月

圖 為孟春餘可

類推

距日最遠點 夏至式



冬至式 距日最近點

半球皆有春夏秋

冬相繼之序但南

冬北夏北春南秋

非在同年內同時

為春夏秋冬也

八節無論北半球

南半球於晝長

夜短時每日十二

時中日麗於天之

時較多於不麗天

之時熱氣於地面

隨時加增凝聚故

熱反而言之無論北半球南半球晝短夜長之時每日十二時中日麗於天之時少於不麗天之時熱氣於地面凝聚者少故冷

八節 春令之晝夜雖與秋令相等，而其氣候景物有異，緣冬令化育萬物之氣止息，至春間草木萌動，萬物發生，故望之煥然一新。至秋間天地氣肅，草木黃落彫零，故不與春令同一式之悅人觀瞻也。

第十一課論地球面各處見日月星運行不同之故

八十 於茲時也，余欲講明地球面際各處緣何視日月星運行各有不同之故。

九十 南北二極點有六個月晝六個月夜，上文已解明矣。外此猶有未盡言者，即南北二極點觀星，都環繞天頂點運行，赤道各處不惟晝夜恆相等，而其觀星運行亦與他處不同。彼處見經歷天頂一帶之星，東出時俱順直垂線而升，西入時俱順直垂線而降，不似英

繞天頂點運行，赤道各處不惟晝夜恆相等，而其觀星運行亦與他處不同。彼處見經歷天頂一帶之星，東出時俱順直垂線而升，西入時俱順直垂線而降，不似英

第二十一圖 北斗四方位 式繞北極移 其方位每六 點鐘換一方 上過子午線 位當中一星 即距北極近 之天皇大帝



星東出時俱順直垂線而升，西入時俱順直垂線而降，不似英中美各國見星以斜線東出，由東漸南遷移，復由南漸向西旋。

仍以斜線方向落於山海間矣。

九十節 諸星由東方出西方入之理，諸生已明辨以哲，茲可揣不由東方出西方入懸行於天他處之星，其行動有若何形式，如在英國觀星，見去南天邊不遠之諸星，均在正南點東偏之處，出由斜線上行，經過正南午線，復由斜線下移，入正南點西偏之處，西入處與正南點相距之遠近，與東出處距正南點遠近同，凡一切初見在東之星，其行至正南經，歷正午線之點，去地平上之南天邊更高多矣，仍由斜線西垂，漸而落於西面，仰首北望見之諸星，不見有出於何方入於何方，從不見有下北天邊時，均屬環繞共向天皇大帝一星，行於平圓線，諸生試取圖觀之，指天皇大帝，名為指北極之二星，即天樞天璇二星也，即行於平圓線無入地時。

九十節 欲表此意，可取小地球儀，使其軸向上直立，要指明何處之天邊，亦有一法，用紙三四層裱結，剪為寸許寬之平圓片，將其中點粘貼地球儀面，須在去北極最近之處，果能正在軸端更佳，軸端為北極點，圓紙片中心點，權作有人站立，即立於北極處也，其立於北極點之人，所能見者，惟紙片以上之各物，紙片下之物，皆不能見，是紙片圓邊，猶如天邊矣，至此時，使地球儀旋轉，以形容地球動，詳見五節，試看立北極點之人，觀四壁所懸掛之畫，所見畫式如何，即星之形式如何，觀之，即明此紙片隨地球儀旋轉，正如車轂輪旋轉式，在圓紙片上見之畫，初時在上，後仍在上，無不能見之時，如是觀來，是人於

北極點觀諸星，無出升無降落，距天邊若干高下恆一，式惟見其橫行，由東而南，由南而西，由西而北，復東，常移行更變，北極星永居天頂，眾星四面旋繞，行於平圓線，更有一事，在圓紙片面下，可選一幅畫，權爲太陽，於是旋轉地球儀，必不能見其有出入天邊之式，如欲見太陽有出天邊上入天邊下，必須地球儀軸端向下斜，法式與表明四時依次變易之法式同，至於斯時，諸生應詳記地之北極，半年中向日斜，半年中背日斜，惟夏令時之半年能有晝，亦惟冬令時之半年能有夜矣，諸生復詳視二十圖，卽見夏令時近北極之小圓片內永明，地球旋轉時在彼處永無夜，據此理論之，冬令時彼處亦永無晝，第於春令秋令，半圓屬於明，半圓屬於暗，每日十二時中，地球自旋轉一周，故其各處均又入於明，又入於暗。

九十節 上文於北極處觀星之形式已言矣，本節中欲講明赤道間觀星之形式，可將圓紙片粘貼於赤道處，使地球旋轉，至此時，紙片隨地球儀旋轉，不似車轂輪式，乃微如以錢邊立地，指彈使轉式，使地球旋轉，半周，卽見與前式俱不同之星，升出天邊上，圓紙片之邊，卽可假爲目及見之天邊，於是觀地球二極所指之南北二點，俱在天邊，天皇大帝在正北點，天之南極在正南點，凡由正東出之諸星，均以直垂線上升，經過圓紙片之天頂，復以直垂線下降，入於正西矣。

九十節 諸生選一幅畫，權爲日，其晝在圓紙片天邊上，若許時刻，地球儀恰轉半周，晝在圓紙片天邊下，亦

若許時刻轉彼半周，因地球旋轉一日之久，足十二時轉一周，故觀日六時頃顯明於天邊上，亦六時頃掩藏於天邊下，緣此知赤道處之晝夜時刻必恆相同，於此復將地球儀軸端向左斜右斜試觀之，而赤道處之晝夜長短仍無變易，從可知赤道處之晝夜，歷四時不變矣。

九十節 諸生於是各隨己意試觀之，由赤道處起，使圓紙片隨時粘貼，方位漸向北移，詳視眾星或出或入，

爲上爲下，隨時更變遷移之形式。

九十節 上所言者，俱屬在赤道與赤道北，見眾星出入，或直升降斜升降，或無出入升降之各形式，亦應依然，在赤道南半球面，察看彼處觀諸星運動之形式如何也。法宜將圓紙片移至赤道南，去赤道遠近各不同處，使地球旋轉，視其所見諸星之形式變易如何，可先將圓紙片粘貼於去赤道南極居中之區，權爲澳洲一人觀星之方位，此時見赤道不在南，乃在其北矣。望彼處之地極，亦在南不在北，若面向北觀星，見星之出入，與北半球見星之出入無異，但此時觀星者，右手在東，左手在西，必見星在右手邊斜出，在左手邊斜落，行歷於天空時，所用方向與北半球正爲對面，復有一事，在英國南望見近南天邊之諸星，於彼處必見在北，近北天邊去北極最近之諸星，永不能爲彼處人見矣。

九十節 余欲諸生深明在南半球見諸星運動之形式，試將地球儀軸之上端假爲南極，下軸端假爲北極，使地球儀旋轉，用與前反對方向，是果何理哉？地球旋轉方向本常同，惟卽居地面視地者觀之，南北

半球各有不同，如鐘表上之大小針然，由前面觀表針如是之運行轉動，將表作爲透光如玻璃者，由後面觀表針運轉之方向，卽與前面相反矣。故於南半球向赤道視之人，所見地球運行轉動方向，與北半球正相反。緣此，我儕以地球儀軸之上端，既權爲南極觀，卽不能不將地球每日旋轉方向，與一歲繞日一周之方向，俱反而試用矣。

九十節至此，余已講論無餘，安置地球儀時，可令南極點在絕高之處，照依前法，以圓紙片粘貼於彼，卽可類推所見諸星之形式矣。

九十節今所用之地球儀外，非有一木邊乎，卽地心言之，可假爲人居地心，遙望日月星之木天邊，正與我儕以圓紙片邊，借爲本處所在之天邊一式。

天文啟蒙卷一終

天文啟蒙卷一終



天文啟蒙卷二

月與月之諸行動

第一課論月行於眾星中

一百節 地之形式與地之運行轉動，諸生既已熟悉，固灼見乎地球，每十二時中，自爲旋轉一周，一歲中繞日運行一周矣。

一百節 諸生真知地球實有此二行動，能令吾儕於日月星，見其有似旋轉運動者二式，一每日見日月星，有出入升降，一卽一歲中仰觀天星，月繼一月，每日黃昏後，見南方出現之星，各隨其月，與前月不同，往者既過，來者復續，絡繹不絕，歷一歲周而復始，如循環然。至論地之他形式如何，諸生誠熟悉地理，質學啟蒙，卽知地之本體實冷，外有風氣裹罩，日加熱於風氣，使轉動，而地之本體仍冷矣。

一百節 觀余書者怪，余未談及月孰意，余等觀月，體大亦如日體，光雖不及日多，然亦非小，斯理正不能不講也。

一百節 於茲欲講月矣，無雲之夜，舉首望月，見其列於眾星中，色甚明朗，近月之小星，發光細微，不能甚顯，難借之驗，月行動遲速，惟發光大之星，縱距月最近，亦可與月同見在天，大星不常近月，可憑以觀月方位，觀卽知月方位，恆無定所，今日視在此，至明日視之，方位已變，漸向東移，東出天邊之時刻，一日

遲於一日，每日遲時刻三刻餘，此易知事也。連數日驗之，即曉。每日月落於西之時刻，亦一日遲於一日。前數日觀月，於暮後西見過二十餘日後，移至日未出之先，月由東先出，繼始出日，與日已由月經過一般，復過數日，日甫暮，月又現於西，依舊每日後於日落，再俟二十八日照依原式，日復尾隨月而跟追至矣。正如鐘表面際，大小針俱行動，小針常被大針越過然。

一百於上文測觀月之行動，既有若是式矣，於是欲解明之，四節仍可借喻試觀，復取橘燈等至，更用一小球權為月觀，權

為地球之橘球，要使其靜而不動，權為月之小球，行於平

圓線繞地，與地球繞日運行式同。

一百於此略為嘗試，視余等所測驗之事，用如是之行動法，五節能講明否，則先置月於戊，如圖，使月與日同在一線，若此

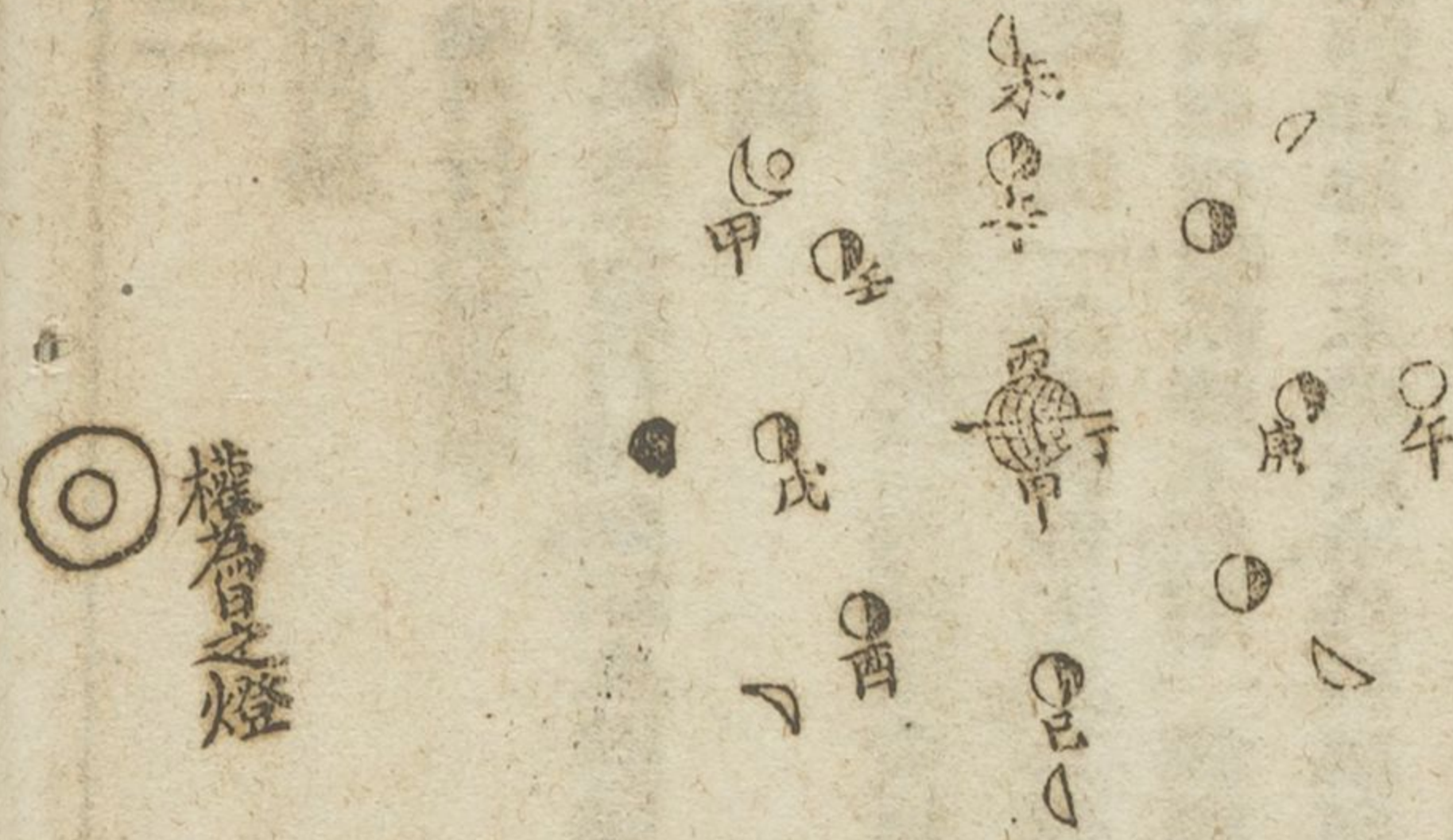
我儕於地面觀月，必見在與日近處，月與日之東出西入

時刻，所差無幾，試使橘自旋轉於本軸外，即能明曉此事，

復將月球移至西處，權為月過幾日之方位，觀之必知日

入早於月入，在地球甲點人視之日，已墜落，月猶高懸，復

第二十二圖 月環行於地球外式



權為日之燈

將月球移至己處，在甲點人視之，日方西落，月出現於正南午線，是時月落，即較日遲六點鐘頃矣。更將月球移至庚點，則日甫西落，月即東出，子正時月行至正南午線，而月之出入已較日遲十二點鐘矣。地球面視望之人，假為在丁點，此理即明。復將月球移至辛點，在地面甲點視望之人，見日暮時未見月，出升天邊上，月較日已遲十八點鐘頃。是時在地球面丁點之人，見月甫東出，在丙點望月者，見月甫過正南午線，而紅日東升矣。試移月球於壬處，月後於日時刻益多，已足二十一點鐘頃。由是復過二三日之久，日月出入又不差時刻矣。細為酌之，即知見月於此諸方位，較日歷歷遲落後，如欲求其如何解法，必權為二十八日中，月球旋繞地球行一周，且我儕亦確知月實如是式繞地球行也。

### 第二課論月隨時變形

一百六節 月行於星中之理，上文固已講明，外復有言未盡者，亦宜續解。月繞地球行時，恆由牛角變形，漸變為圓滿形，後復由圓滿形，漸變為牛角變形。此等之月改形式，我儕目視久耳聞熟矣。人自幼至長，所習聽者，是由於月之自然而然，多不追憶其緣何。若是有更變，諸生若問月之本體果有變更乎？余將答以不然。月居其所，本體形式常無變，惟其向地之明面，人目或有時有幾分見，有幾分不見，亦有時全見為圓滿，而其本體在彼，從無或異。

一百七節 茲也，於黃昏後望月，作為十五日之時，月形必圓滿如日。試為想之，是時月在天，恰與日為對面，地

居日與月之中間，見日入則月出，日出則月入，如二十二圖月在庚點之狀，於是將僭形月之球置庚處，橋球居中，燈仍在左，見小月球半爲明，半爲暗，半明面乃燈光所照，燈不能照之半面必黑，正如日照地彼面時，我儕所居之此面，日不能照，卽爲夜間也。試將目置近橋處望月，月球有光之半面全見，無光之半暗面分毫不見，是卽月望時式。如午點中空白圈可爲式，詳細觀之，明顯出月圓滿時，月居與日對之面，地居月日相去之中間，我儕於地面，卽見月之明面也。

八節 月圓滿後，晚間望月出，一日晚似一日，過七日，月出時約在子正上下，諸生多謂子正乃就枕入夢時也。至彼時始見月由東出，不過晚乎？諸生須知，測日月星之天文家，以爲晝者，卽衆人之夜，月至子時方出，卽不能圓滿，僅有一半，欲驗月於半夜東出，宜在何方位，可於地球面際丁點驗之。子正時觀月出，必宜視在辛點，可將小球移置辛處，人目在丁處視望，見月有未之形式，其白半面，卽月球爲燈所照之半面，人目於月之明面，止能見此半，不能見爲圓滿全月，月體乃一半明一半暗，卽所謂下弦式也。

九節 試復測之，須於子正後觀月矣。諸生如以子正後爲過晚，彼時應在睡鄉，余亦謂不必拘泥，可易爲日未出時早起觀之，前日早睡，次日早起，見月出之處，一日近日，一日日於一日中，必追月一程，月光亦日減一日，減爲月至壬點，有申處之形狀，此後月光卽漸掩沒於日光中，月行至戊，應有何形，可將

月球移置於燈與人目中間，人目止能見月球之暗面，其明面毫不能見，是卽晦日朔日式。復遲數日，於日暮後能見月在日之左，日已下墜，月尙高懸在西，有極薄彎弓背向日之式。如月在酉點狀，試將月球置於酉人目於橘邊視之，於月球之明半面止見一弓勢，月其暗半面乃見一大半。

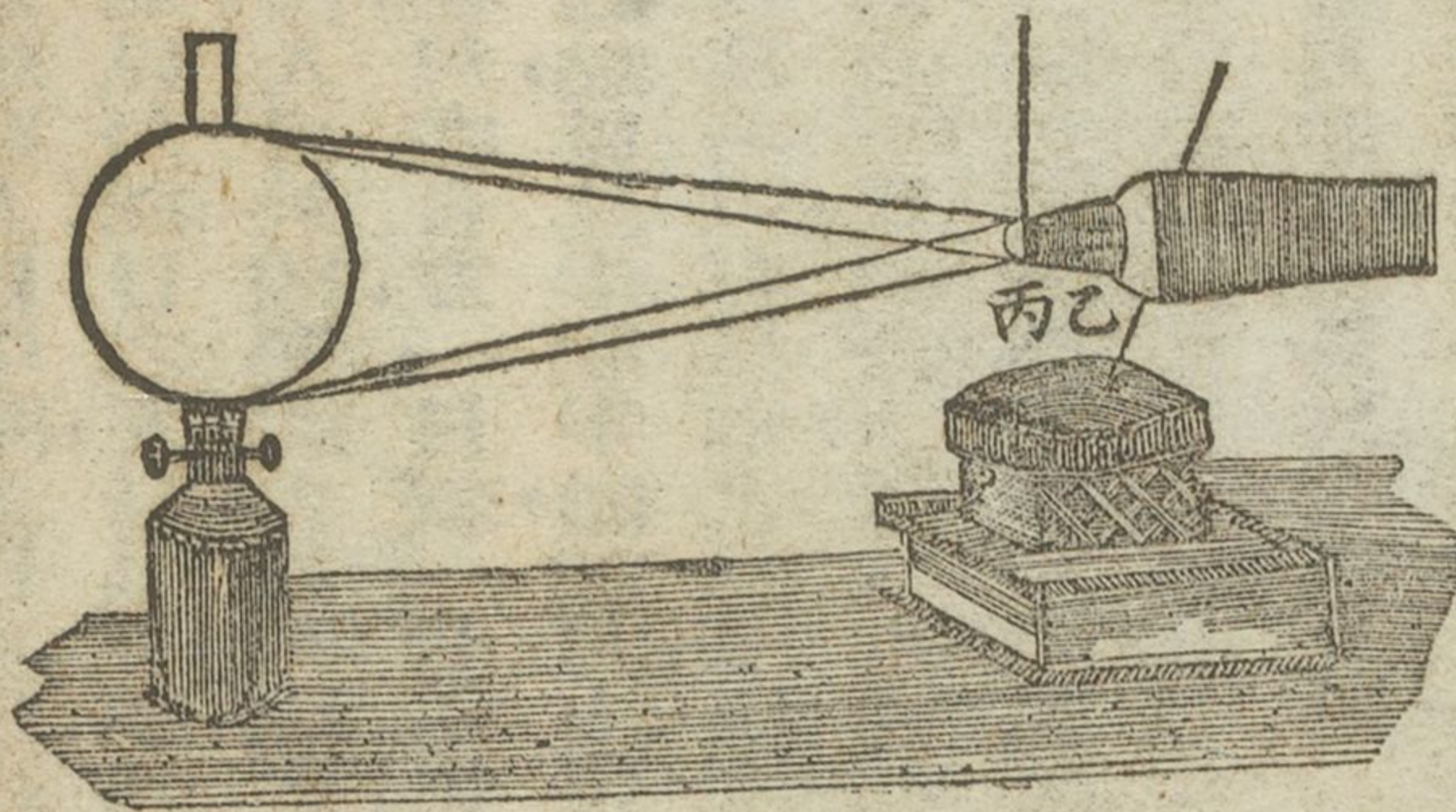
一百一十節 自是而後，月在日左，一日較一日去遠，亦一日較一日落遲，明半面人目所見之分數，日有增多，試將月球置巳點，見其半明半暗，卽月上弦時式也。日方西落，月現正南，用目於橘面視之，卽明曉月至上弦形狀，並其所以有是形之故也。復過七日，月明面與日相對，圓滿亦同於日。

一百一十節 諸生於是理果欲深明，可立於去燈遠處，是室內僅有是燈，無燃他燭，於此或以球或以橘於諸生中一人首間，使其環繞之，於月之晦朔弦望變形式益瞭然矣。從可知月繞地球與地繞日實無二式，由此月望日至彼月望日，殆相距二十九日有半日。

### 第三課論月如何爲日月交食之根

一百一十節 諸生卽上所論月行之事，細揣想之，或有人謂果屬如是，卽宜於每月中有月行我儕與日中間之一次，必見有日食既之形矣，而抑知不然哉。下復有可詳解之情理數種，因月行之道過日時，有時在地與日連線上，有時在地與日連線下，或不能掩蔽日面，不見有日食，或經過時於日面微有掩映，謂之日食微見。

第 二 十 三 圖  
日 食 既 式



一百十節 試仍用橋與小球發明此理

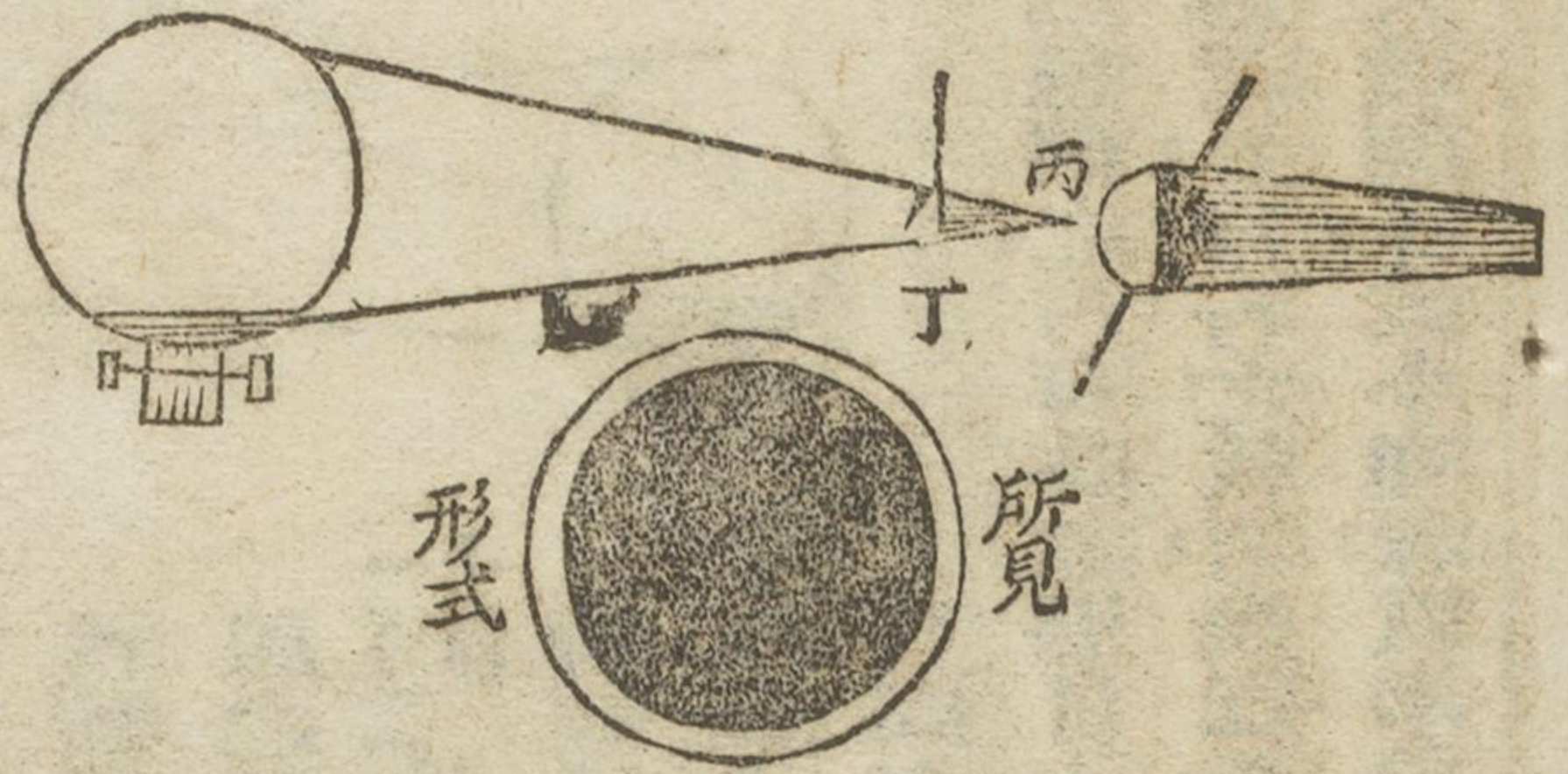
一百十節 將燈置於几左端於几右端鋪以後褥串橋長針之下端斜插入几上褥面內使橋球懸褥面上

四節 不挨褥面如圖以線懸繫小球為月使環繞地球以線繫球之意取其無人手影照地面也試使月球繞行地外至日與地相對面中間之區如圖丙處是時影射於地面凡影所射處必不能見日此即日

食既之狀於地球面他處住居者如乙點為月暗影不能射照之區見日之全面不為月所遮掩惟見日為食甚與微食狀由是於地球面際外移去暗影射照處愈遠所見日面之分數愈多是時月射於地之影有二式一為中空黑影一即四外之極虛微暗圓象乃為半明半暗淡影此半明半暗之處視日即為微食

一百十節 月離地益遠暗影即短不及地如圖使橋復向外移遠處丁點之月影尖不足長不能射至地面即不見有食既狀於地面視之月小不能掩蔽全日面日之周邊光現可謂之光圈日食又謂之金錢食

第二十四圖 光圖日食與形式



一百十節 諸生試去橋用目於橋處看視此理益覺明顯將日先置

六節 入月影之中見二十四圖即見日有食既形式復將目向下稍移月

仍在其本方位即見日光由邊際透出如弓式所謂日食甚狀

也更將目向下移動去月之黑影愈遠於日光面所見分數愈

多茲將目置於甲處使月稍近即見日有食既狀於此設使月

漸去目向外遠移見月體亦由漸而小及月至丁處月之大有

不足矣不能將日面全掩則見月體之外有日光如帶圓束即

光圖日食

一百十節 日食之理上已講明外復有月食夫月食為地影所生也

因月體經歷於地影內故於地面見有月食式諸生欲明此理

可將燈與橋均依舊安於几上原處月球繞橋時繞至地球之暗面必屬經歷地影人於地面視之見

月面即極暗地為不透光之體間隔於日與月中間故月食式不能與日食同是月之所以有見食式

乃月為地所遮障也如圖

一百十節 設有人置足月面於日食既時視地見地之面際必有一小黑圓點迅速經過地面其黑圓點之

第 二 月

圖 五 十 二 式



外見有半明半暗之環帶，即所謂外虛也。此外處處所居之人，即見日有微食與食甚之形狀。殆日食既與月食既之理，大不相同。月食既時，月體盡涵罩於地影內也。

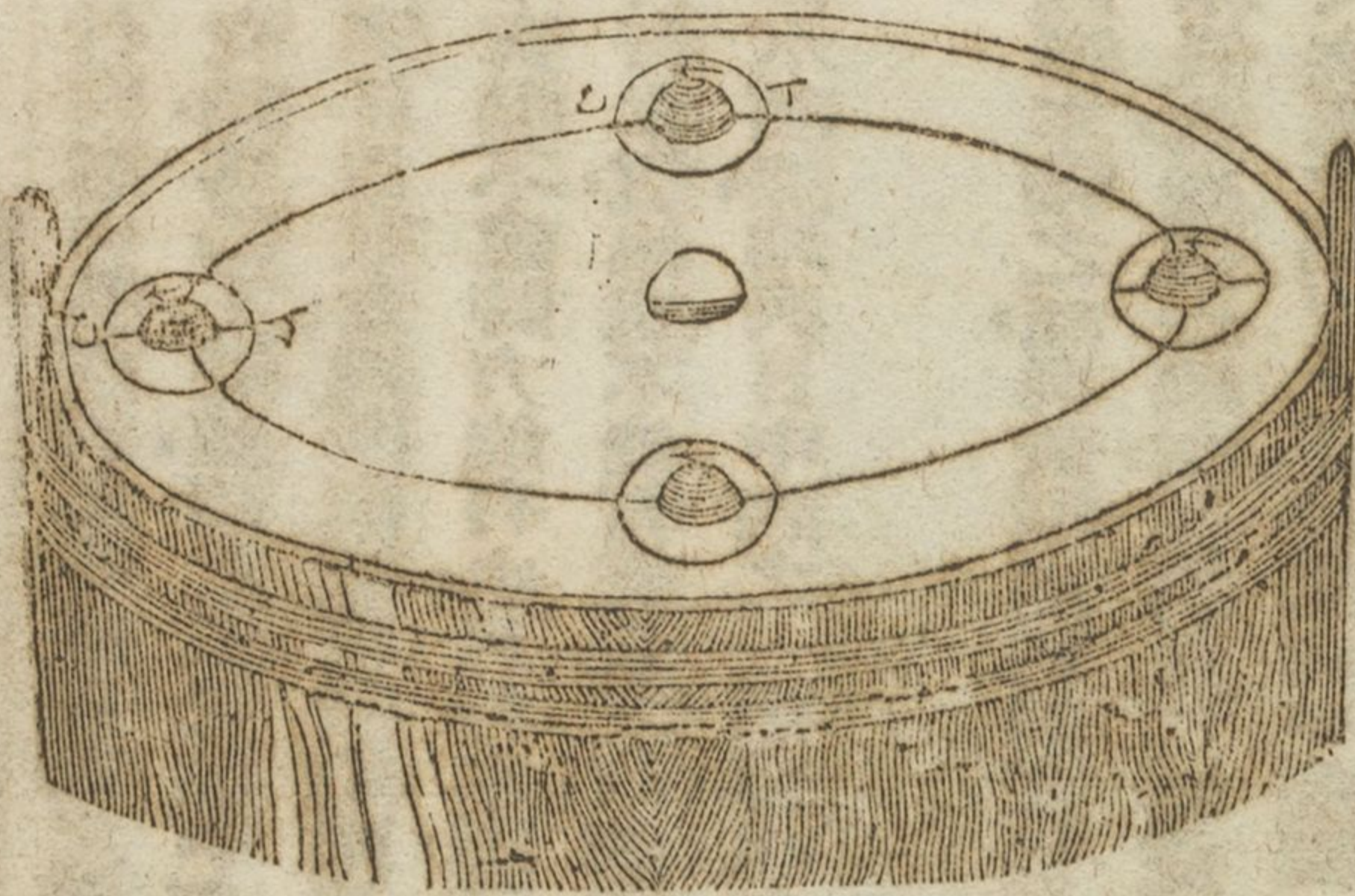
一百一十節 諸生至此時，必知見日食惟在月朔，見月食惟在月望矣。是果何故哉？即緣日食之時，月與日同在一面，月在地日中間，而月之暗面向我儕所居之地，月食時，月與日不同在一面，必屬月之光明面向我儕居之地也。

一百一十二節 於上文一百一十二節，已明言月行本道，有時經地與日連線上，有時經地與日連線下，則且以橘與小球嘗試觀之。倘月不於地與日之連線上下經歷，必其每一朔日月與日會，即有日食，每一望日月不與日同在一面，即有月食矣。

一百一十二節 余等試懸揣之，月有時經歷日上，有時經歷日下，而不能每至朔日即有日食，果屬何故？上文已測知月行地球外，月行之軌道，幾近平圓，而地居中心矣。試可取鐵絲，於橘外環繞一巨圈，作為月行軌道，更以大玻璃珠，或小圓球，貫串於鐵絲上，權借為月觀，將假為地之橘球，置於鐵絲圈正中，使月



第二十六圖  
白道與黃道交斜之式



球行動，循所貫之鐵絲，繞於地球外，如是測觀之，即知鐵絲圈平衡懸時，月必逐次行於地與日中間，此原非月行於白道之真式也。如欲假為月之玻璃球，行於軌道，有時經上經下，必使鐵絲圈於燈與桶中間之面，或偏上斜立，或偏下斜立，則與月行白道之式適合矣。

一百二節 欲發明此理，宜用水桶，桶內注水，於水面正中區，置一巨球，權為日觀，使之半出水面上，半浸水面下，更用一小球，置於去桶邊近處，漂浮水面，假為地球觀，並令其游行於大球四面，如地繞行日外，一歲一次之式，其所行之道，必在水面，水面即可假為黃道面式。見上六十七節

一百二節 至此，吾儕已有可會心處矣，所會心者何，即月行之白道，與黃道面有斜交之形式，使日與月非每次有交食也。試復將鐵絲，照依舊式，作有月行軌道，惟安鐵絲於地球外時，使其稍有斜立勢，半出於水面上，半浸入水面下，如圖，其畫虛線之下半面，即為浸水下者，畫實線之上半面，即為出水上者，假此正

可發明月行白道與黃道面正中兩交點之形式，圖中從水下至水上丁點為正交點，從水上入水下乙點為中交點，其乙丁連線謂之正交點中交點連線。

一百二節 從可知日月交食，總因白道與黃道面有斜交之理矣，亦祇在月行至地與日中間，距本道之正交點或中交點不遠時方能有也。月行本道，離二交點遠時，因月不能恰在地與日中間，故不能有交食。欲知月行本道，他處不能有交食之故，即因貫於鐵絲之小珠，於應有交食時，或在水面上，或在水面下，不在水面際，地與日中間之一道線也。每月如是之不常有交食，即可為白道與黃道面斜交之證矣。

一百二節 地旋轉本軸之面與黃道面為斜交，於前卷業經解明，而今言月於地球外所行之白道面，亦與黃道面相斜交，應留心學習，查明此一斜交式，每一斜交，有何法可測出其為若干角度也。

一百二節 凡天文家定角度之法，無論其平圓圈為大為小，均分為三百六十度，如圖式從平圓圈心點起，畫二道線至外界線，在外界處，此道線與彼道線所統括之數度，分為心點二線相交角之準度，每三百六十中，即有四個九十，於此平分其平圓圈為四分，每分即九十度，無論其平圓之大小，均屬一致，諸生如有所疑，可憑爾意，畫同心平圓線，內外層層平圓無數，試由層層平圓之中心點起，畫二道線至外界，於外界平圓線上，二線相去之中隔間，判為九十度，詳為視之，即知界內諸平圓線之為二線

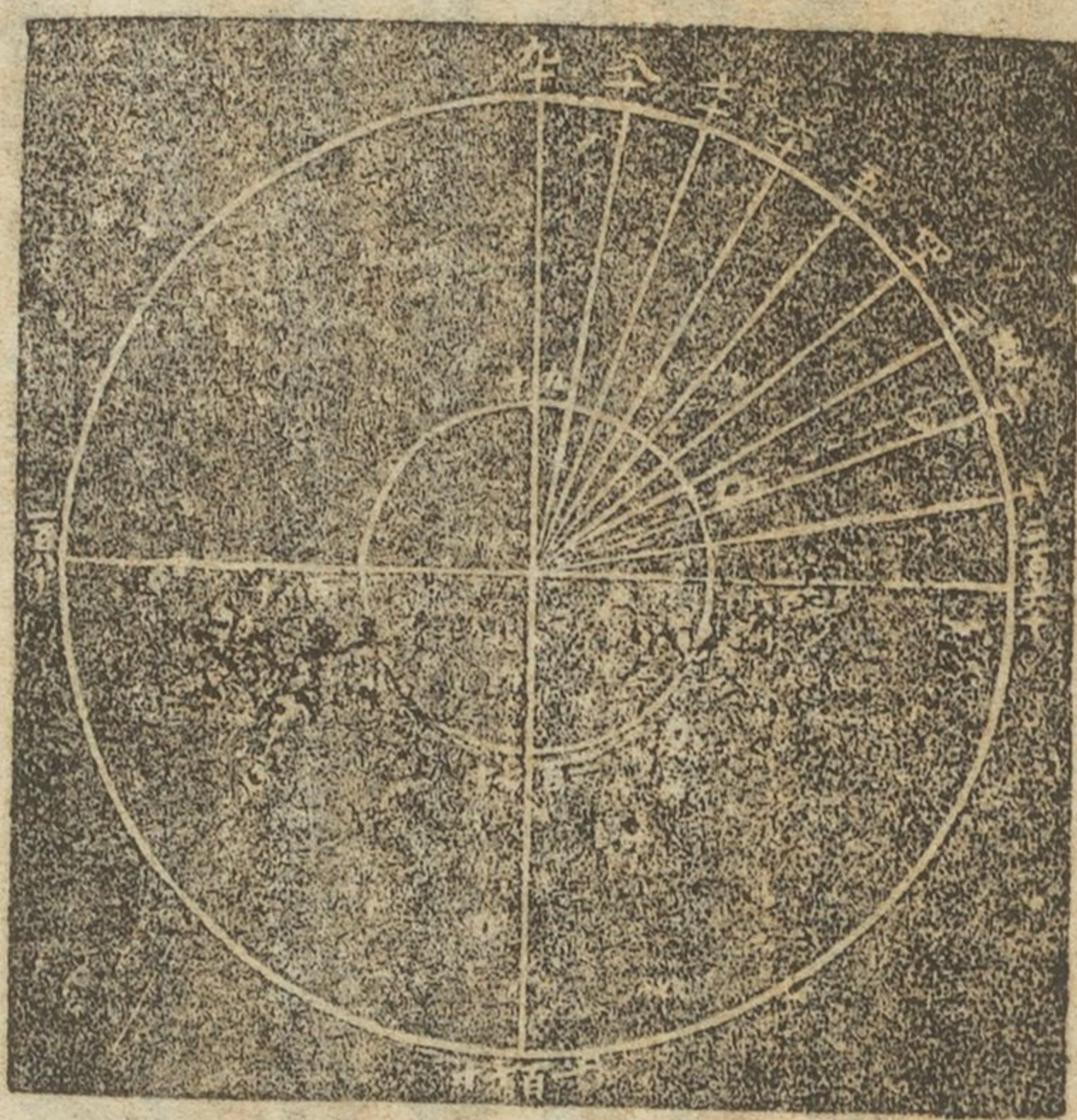
第 二 平

二 圓

十 分

七 度

圖 式



剖分者亦各足九十度每一九十度名為  
 直角每二線相交處成為九十度者即名  
 為互成直角線如是圖之平圓線皆包容  
 三百六十個一度之角並包容四個九十  
 度之角他角均可類推

面與黃道面斜交之角為二十三度有奇白道與黃道面相交之角乃五度有餘也

第四課論月面形式

一百二節地面形式之理於前卷業經言及月距我儕所居地面約略言之不能越七十五萬中國里故我  
 儕可得知月內形式之數種事

一百二節則且視乎月無庸以鏡止以目視見月面有似雲霧之痕跡有數處微覺黑暗有數處稍覺明亮

前時曾有人以其黑暗處目爲海，並呼以平安海、狂風海等名。於月圖視之，卽知因月之有圖，猶如地之有圖可考。邇時有人測考之，知其名爲海者，原非海，仍爲陸地。第月圖中之名，尙未更耳。於此以小千里鏡視月，卽可見月全面之八九分，或爲山岳，或爲山壑低窪處，不似地上之山谷有花草樹木，均屬極乾燥荒地。江河湖海皆無據。茲時測知者，月內無水，故不能有雲興蔽日，亦不能測知有籠罩月之何風氣。如是想來，月內不能有活物。其十分全面之七八分，爲已滅之火山，且形跡極闊大，與地面火山形式大不相若。

十一節 屬月面者，既有如是一切事，可逆料我儕所居地球之形式光景，難決定是與諸恆星行星相同矣。可遙想月爲無水之地矣。旣爲無水之地，卽無江河湖沼，卽無雲露雨雪，因而並無花草樹木，難養育各類生動物，更不能有飛禽走獸居其間。無啟明，無黃昏，無暮春之漸溫，無深秋之漸涼，均爲由極熱之白晝，忽變爲極冷之夜間，兼爲無聲響之世界。大抵發音聲響，乃風氣鼓盪而生。如月間旣無風氣，縱月面極大山崩壞倒裂，遇有應發極大聲響事，彼處亦不能有聲。

十二節 諸生亦可遐想之。月與地所有相似者，卽自不發光照亮之一事。月之明面，卽日光所射照之面。其日光不能射照之面，我儕卽不能得而見之矣。是月面之光，爲日面所射照來者，均非本月面所發出。

一百三十二節 月之直徑約六千中國里，月之體積若干，輕於地之體積同大若干，設以地一為率，月重止有三分一之二，即同一大小之體，地重一百，月重六十六有奇也。

一百三十三節 此事宜略為解明，夫物各有輕重之別也。鉛金極重，緣其體積最密，瓶塞極輕，緣其為樹皮所成，體積最疏，諸生不深明何為寸，何為平方寸，何為立方寸乎？則試取鉛金一立方寸，塞瓶木一立方寸，權量其孰輕孰重，詳審測之，則知鉛金較塞瓶木加重數倍，以塞瓶木之重為一率，即可言鉛金之重較一加幾倍幾分，如諸生不欲拘拘用方寸，即以立尺言之亦可，立丈言之亦可，立里言之亦無不可，所加之倍數分數均同。

一百三十四節 天文家已測知地之重輕，月之重輕，並已測知月地二球各包容之立里若干矣，然欲察得月內體積一立里，較地體積一立里，輕重相差為若干，亦非難事，即以地體積與月體積較其孰為疏孰為密也。天文家並已測得地體一立寸，較月體一立寸，重加半倍，即如上所言月之疏密，僅如地之疏密三分之一也。

一百三十五節 格致諸家，恆借水之立寸為率，以較他物之輕重，則且取水立寸重為一，地立寸重較之則為五倍半，月立寸重較之則為三倍半，而測度日月星各體之理，凡三條，一曰體大，即言以其直徑若干長為據，核算其體為若干立里，立尺，立寸，二曰輕重，即言其球之完全體積若干輕重噸數，用其攝力感

動他物爲據推算之，三曰疏密，卽其體之一立里重若干，一立寸重若干，如欲得知其有若干疏密，可  
以其體積共重若干爲已知之數，用立里立寸共若干爲法除之。

一百三十一節 月之此面常向地球，其彼面我儕永不得見，究其所以，皆因月繞地球，遲緩旋轉於本軸外，其旋  
轉之時刻，恰合於繞地球之時刻，譬諸生於地植一木桿，以二手握之，恆以面向木桿緩緩環行，如是  
則爾每繞木桿一次，本身亦旋轉一次，觀其身傍不遠之物，卽知人遇偶患頭眩，卽有一自轉之確據。  
一百三十七節 月既如是之一面恆向我儕，可確知月繞地球之時，日中自轉止爲一次矣。月之一永晝永夜，大  
抵足我儕地上二十九日，我儕於每日所得日光，截長補短，約足六個時辰，而月面各處爲日光所照，  
連照十四日有餘，繼乃十四日餘不見日光，殆月內於晝時則極熱，夜間則極冷，均爲人所不能當之  
冷熱也。

天文啟蒙卷三

繞日之諸星

第一課論體似地球較地球距日近之諸星球視之宜有何式

一百三節 前所論者止爲地與日與月與恆星其他猶未嘗言及也

一百三節 設使在天有他星與我儕所居之地球一式同爲不能自發光亦如地球之繞行日外者我儕應

視其有何形式試先卽繞行日外較地球尤近之星球懸想其繞日之式宜如何則且假燈爲日假橘

爲地並以小球假爲與地體相似之星球於此使小球繞於燈外細爲測之其由橘面瞻視者見小球

隨時改變方位有何形式先將小球置於甲處燈非在右橘非在左乎在橘地面視小星球必見其與

日燈同居一線如圖日行於天星球亦與偕行因日光過明不能見星面之光日出時星亦出日入時

星亦入故不見有星將小球移置乙處卽見星在日之右日未東出而星已東出日未西入而星先西

入止能於啟明時見之眾星球行於天空日日變其方位故目之爲游行之星俱同如眾恆星之於啟

明後日光透顯星光消藏復移小球至丙處必又與日同時出同時入星光爲日光所韜藏與在甲處

爲一式復移小球至丁處星球乃在日之左矣日東升後方出日西落後始入止於黃昏時見其光諸

生試爲思之卽知此星球之隨在變形式大抵與月無異致惟有一與月不同之理至夜之半舉目仰

第 二 十 八 圖

表明較地  
離日近之  
某星隨時  
有何行動  
所見有何  
形式



望不能見此等行星在天我儕居地上繞日距日之或遠或近常無大異我儕隨時視日之大小亦差無多而月繞地球亦如是其距地之遠近無甚差即我儕之舉首望月亦止見其形式有變而其大小恆無甚更變茲時所論繞日之星球有時在日之此面有時在日之彼面去地有遠時有近時所差極多故其所視之大小更變亦差不少也

一百四 我儕若用千里鏡觀其星必見隨時變形如月不時之有大有小倘遇籠罩星之風氣套清亮時應見星內之

山海洲島且於其山海洲島每常移動復歸原處之時刻為準而測量之即可測知其星自繞於本軸之遲速並可知其星內之晝夜較地上之晝夜或遲長若干時或速短若干時也

第二課論體似地球較地球距日遠之諸星球視之宜有何式

一百四節體似地球在地球外之外星球欲解明其式須將小星球移於地軌道外令其繞日先使橋地球在此面將小星球置於燈日之彼面地面即不能見星球星光已消藏於日光中更令其自右而左移動恰與鐘表針行動之方向相反即見其在日之左於日暮後星方西沉與較地距日近之內星

求一式使小求前多愈四分圖之一後復合其由

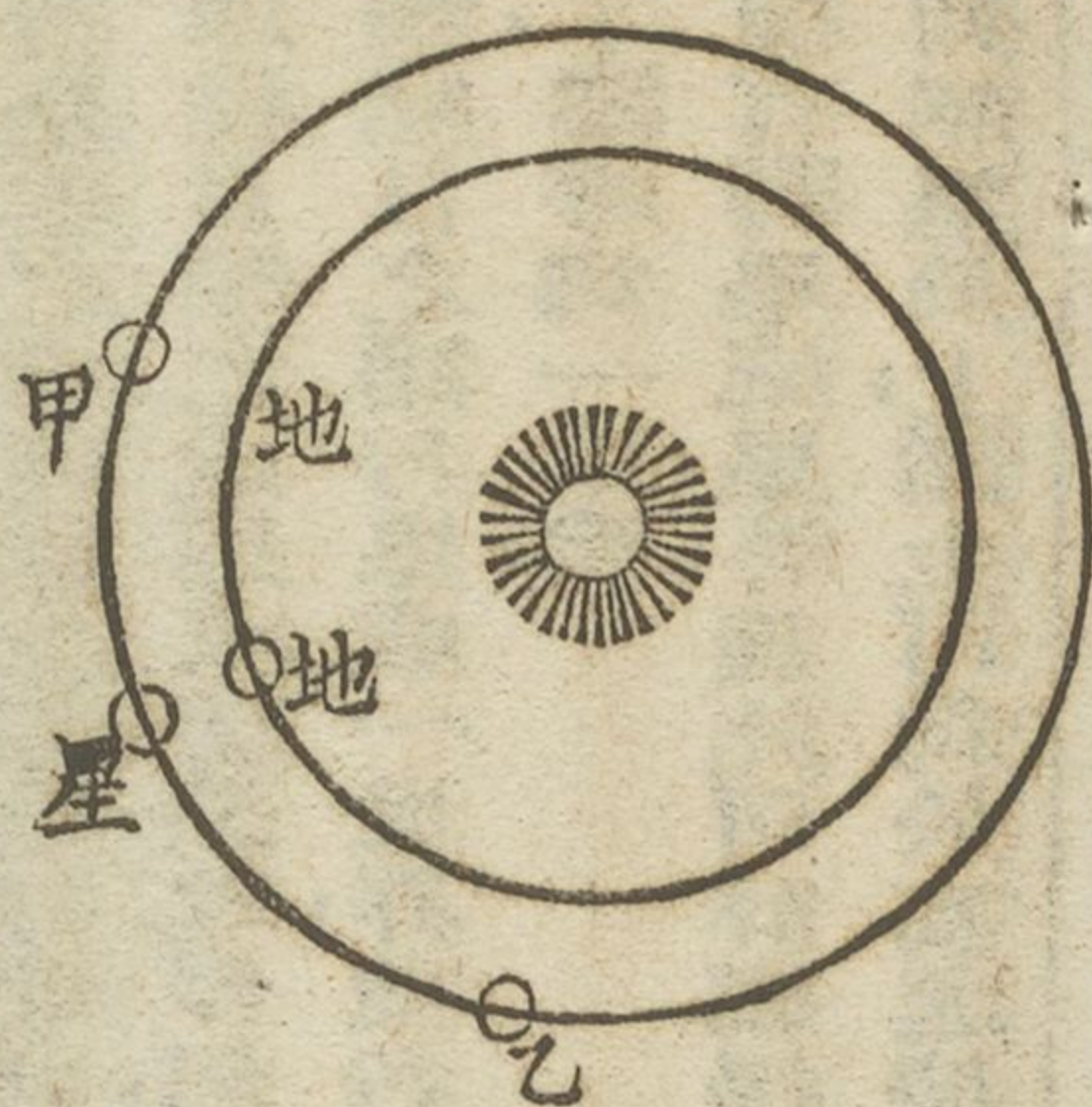


第二發明某星

在地軌道

外運動形

第二十九圖式



球一式，使小球前移逾四分之一，後復令其由漸退縮，必屬去日愈久愈遠乎日，不似內星球之旋近乎日，行過於地與日之中間，歷日愈久，乃見其行至與日相對之此面，日入則星出，半夜時則在正南，若此之式，行於地與日中間之內星球，俱不能有。

一百四諸生試詳觀之，其星十分明面之八九分，為我儕於地上所及見，雖於二十九圖之甲乙二處，露其葉一二分暗面，為我儕目視稍有扁形，亦不能如地軌道內之星，隨時改變形式之多，如是論來，是內繞日之諸星，猶如鐘擺，恆來往搖蕩於日之左右，外繞日之諸星，則環繞行於地球也，如此行動，離日遠之諸星，亦有時變大變小，從不及離日近之諸星，變大變小差多耳。

第三課論是二類之星球即行星

一百四行於天者，此二類之星俱有，即所謂行星也，分而別之曰內行星，外行星，天文家依實理而論，謂地球亦為行星，設居於行星中者，亦有天文家，其視我儕所居之地球，亦屬行於眾星中之行星，與我儕視各行星無異，蓋屬乎極大之行星，並地合計於內，共有八，水星，亦名晨星，金星，亦名太白星，為內

行星地外，火星，即熒惑，木星，即歲星，土星，即鎮星，烏拉努，即天王星，尼伯頓，即海王星，此為外行星，水星，火星，金星，較地球小，餘皆大於地球多多矣。

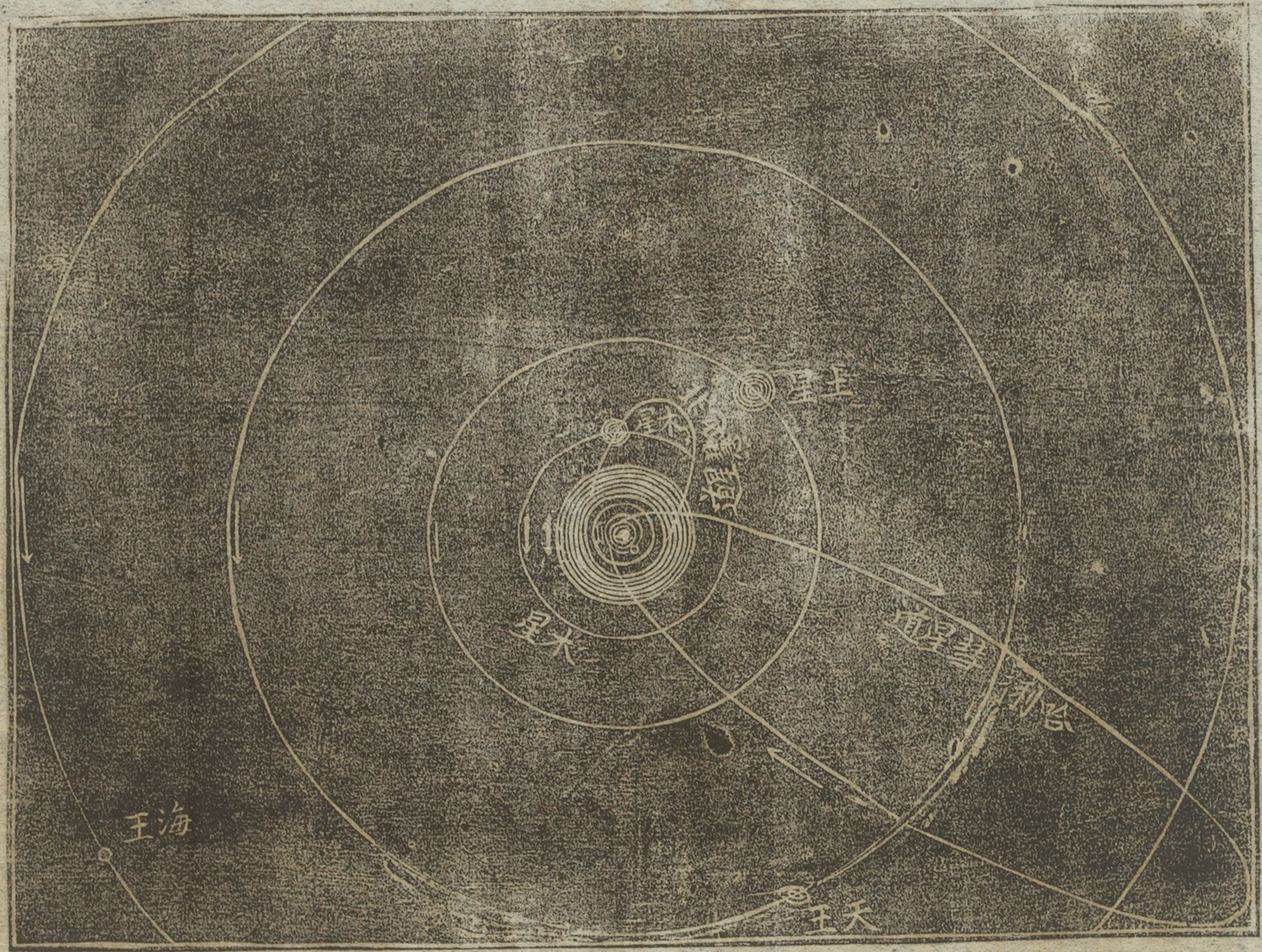
十四節 水星金星為內行星，在地與日之中間，何以知之，即因其似有搖移於日左日右之象，正如二十八圖業經借星球發明其所應有之式矣，水星距日近，較日早出時甚少，較日晚入時亦少，故難於見，而金星不然，視其行至去日遠處，有較日出絕早時，亦有較日入極晚時，故曾名之為啟明星，亦曾名之為長庚星。

一百四節 據上二課言之理，是外行星亦有能行周天之式，第其循環更變，退縮前移停止之各形式，以我儕所用之橋與小球，礙難形容摹畫出，此何故哉，即因地球不常居一處不動，亦繞行於日外，以內行星較之則遲，外行星較之則速，諸生如欲發明諸行星之視動，宜定意選取，欲看其或內或外之某行星，須先將此橋地繞日燈之或遲或速，調理停勻，庶可形容稍切。

一百四節 日不惟攝動繞日之諸行星成一世界，並行動無停之彗星流星等，亦統於內，即如軍長統率一營之各員弁兵丁，總呼為一軍然。

一百四節 行星之外，復有彗星流星等，後此可詳細提論，但屬此各類之諸星，猶如日所統率之一家眷屬，然如大圖第二列諸星於上，諸生可為於高處俯觀者，因用限於尺幅不大之圖，不能發明諸星雜亂

第 二 大 圖  
 日 統 率 繞 日 之 諸 行 星 與 彗 星 式



一之真形式，如欲發明其形式較比真切，可畫作以二寸直徑之球為日，以十枚子一粒為火星，以直徑

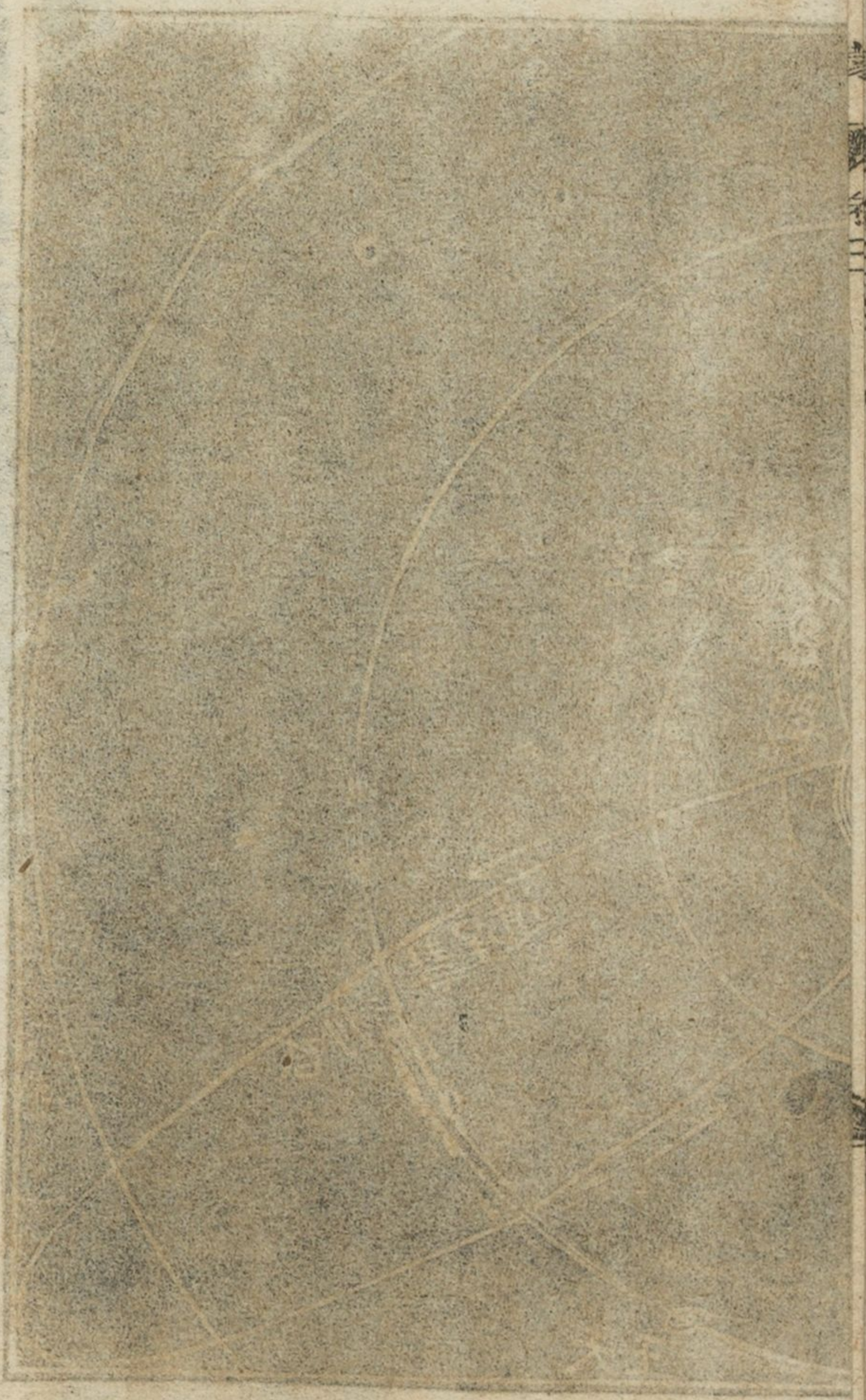
星

一

日

星

日



天

之真形式，如欲發明其形式較此真切，可權作以二尺直徑之球爲日，以芥菜子一粒爲水星，以直徑一十六丈四尺長之平圓線爲水星所行之軌道，用豌豆一粒爲金星，以直徑二十八丈四尺長之平圓線爲金星所行之軌道，腹用一粒豌豆爲地，以直徑四十三丈長之平圓線爲地行之軌道，復用一粒高粱爲火星，以直徑六十五丈四尺長之平圓線爲火星軌道，其火星外之小行星，可藉沙粒代之，使其軌道之直徑爲一百丈，或百有二十丈不等，用橘爲木星，其軌道直徑可作爲一里地有半，亦用一小橘爲土星，其軌道直徑可作爲二里地有半，用一大粒之櫻桃，或以小粒之李子爲天王星，其軌道直徑之長可作爲四里地有半，以大秋梨爲海王星，以直徑七里半地之平圓線爲海王星行之軌道。

一百四十八節 於上節中已藉四十三丈直徑之平圓線發明地繞日行之軌道矣，是四十四丈一尺，卽爲地去日之數，其實乃二萬七千九百九十萬里也，是數乃在甲戌年金星過日時測得之，日去地既若是之遠，將以何法形容表出乎，火輪車行於鐵路，一時許可行百有八十里，設於此有火輪車路，可上達於日，俾火輪車於光緒七年正月初一日離地向日行去，至耶穌降生後二千二百一十六年再加四月，可以行至日內，統共計之，蓋三百四十二年之久也，然須每一時行百有八十里，日夜無停輪時方可，一百四十九節 此不過粗論諸行星之大略也，後課可詳論較地球近於日之內行星。

第四課論內行星

水星

一百五十一節 水星於行星中，爲距日最近之星，與日相去，約在一萬有五百萬里之數，地球距日既爲二萬七千九百九十萬里，水星本體之直徑，較地之直徑，僅有三分之一，有時日入後見在西，有時日出前見在東，總不離日甚遠，共計八十四晝夜，可繞日一周，水星內之春夏秋冬四季，可包於我儕地球面一季之中，可於大圖第二中，視其所行軌道，其軌道與黃道面少有斜交，與月行白道與黃道面所有斜交相若，譬猶地行之軌道在水面，水星軌道卽半出離水面上，半浸入水面下，於圖視之，卽知我儕於地面視水星，必去日甚邇，星在日左時，於白晝常隨日行於天，日入後少頃卽入，在日右時，必在日前提行，星先落日方落，亦祇於昧爽時，見日未出而星先出耳。

一百五十二節 設以千里鏡恆向水星窺視，見其隨時變更形式，與月無異，理亦一致。如二十八圖繞燈之小球，可權爲水星，於地面見其繞行日外時，更變方位，卽更變形式，水星至日與地之中間，卽所謂下合於日時，我儕不能見有水星，緣其暗面向我儕地面，嗣後，於此向前行去，卽漸露其明面，前行愈遠，我儕於其明面見愈多，及前行至與我儕相對面，卽在日之彼面，所謂上合於日時也，水星之明面，對我儕地面，故能全見。

一百五十二節 第水星本體面之形式，我儕所知者甚少，未知其有無山河湖海，或似地之半山半水平，抑如月之有山無水乎？其距日也最近，愈近應愈熱，特未知其體外有無籠罩之風氣，套護庇且未知水星面是否有居住之人與各活物，所可知者，水星之疏密率較地球尤大也。所言之疏密率見上一百三十三節

### 金星

一百五十三節 金星去日，次於水星，距日約在一萬九千八百萬里，金星球直徑較地球直徑所短無幾，平素仰觀金星，視其方位或在日入後西望，或於日未出東望，與水星同然，所有異者，金星行之軌道在水星軌道外，金星去恆星中日之方位，時常較水星遠，使我儕察驗方便極矣。眾行星中惟金星最明，呼曰太白，從不能誤識為他星，繞日行一周，需二百二十四晝夜，二十三點鐘，又加一刻之頃，自於本軸外旋轉一周，較地面之一晝夜，殆欠三刻也。

一百五十四節 於前卷七十一節論地時，已明講地軸斜立非直立，其斜立式，即有春夏秋冬四時之根，南北軸線與黃道面斜交，相差二十三度有半，而金星與黃道面有無斜交，尙未測知，天文家或有云其差五十度者，果屬差五十度，則是金星自旋轉之南北極軸線與黃道面相交，幾在縱橫之間，而金星面之冷熱亦較我儕地球差多矣。

一百五十五節 金星與水星隨時變形，既一式一理矣，而金星面際之形式，所得知者亦無多，惟以顯微力極大

第三十三圖 金星面帶暗片之式



地遠時，見之必甚小，蓋金星與月，有同有不同，月光分增減，月體不更大小，金星形式有變易，大小亦有變易，試可即其理，詳察之，金星移行將至地與日中間時，止見有極薄之彎弓式，是時金星去地球，僅有七千五百萬里，此數何由得知乎？按天文家云，地球距日二萬七千九百九十萬里，金星距日一萬九千八百萬里，於二萬七千九百九十萬里中，除去一萬九千八百萬里，猶餘八千一百九十萬里，設即金星行至日，彼面時反言之，其去我儕地面有四萬七千七百九十萬里之數，即以地距日之二

之遠鏡，向金星細窺時，見有數暗片，如圖中形式，可謂是其風氣套破裂處，暗片即金星之本球面，金星體質疏密率，與地球體質疏密率，大致相同，諸生於是略為推想，即知我儕於地上，仰觀金星，必視其大小更易者不少，金星離我儕地近時，設能見其全面，定屬極大，離我儕

萬七千九百九十萬，金星距日之一萬九千八百



金星離

第地近與

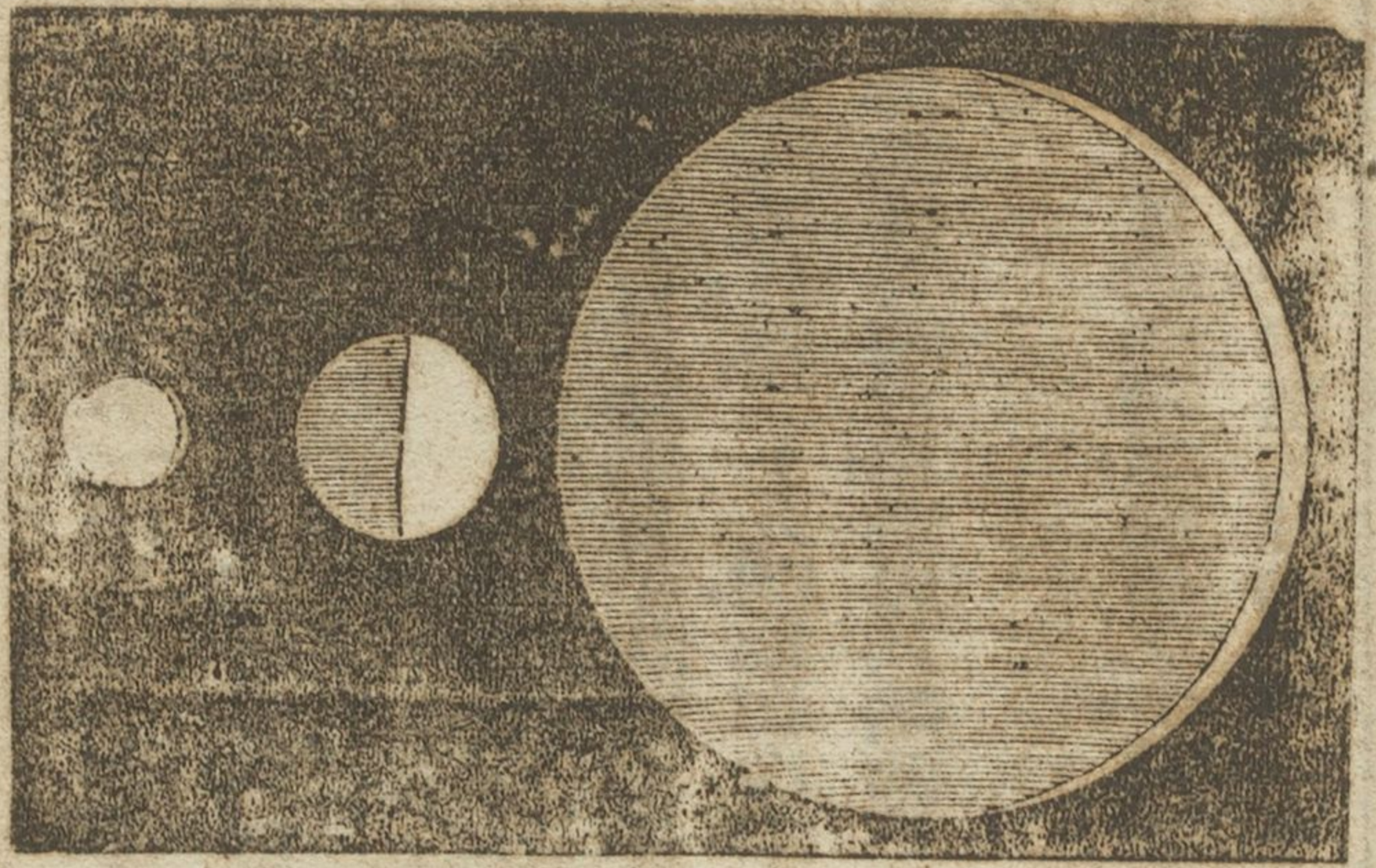
三離地遠

十及去地

一不遠不

圖近三處

之式



萬七千九百九十萬金星距日之一萬九千八百萬相加而得是數也如是則星之變大變小可以四百七十一與七十五為比例率而核算之得其差數為六與一之比所差幾及六倍是見金星弓式時與見金星圓滿平圓時遠近相差幾至六倍也

一百五十六節金星水星有時見於日面如小黑圓斑即謂為金星過日水星過日形即金星水星恰行至地與日中間時於地面仰視見星由日面過故有是式

似而內行星過日之式止在星近日時所行軌道與黃道面相交點相離近方能有之某行星由黃道面上至下下至上俱可有其式如是觀之是其式惟在某行星行至本軌道與黃道交點與日最近時恰與地在一道直線間方能也有前同治十三年金星一次過日光緒八年有一次金星過日過此再

逾一百有五年半，亦可復有一次金星過日，面不至其時不能見也。

一百五十八節 金星之外為地星，即我儕所居之地球。前卷業經講論無庸重複，下課可接論外行星矣。

### 第五課論外行星

#### 火星

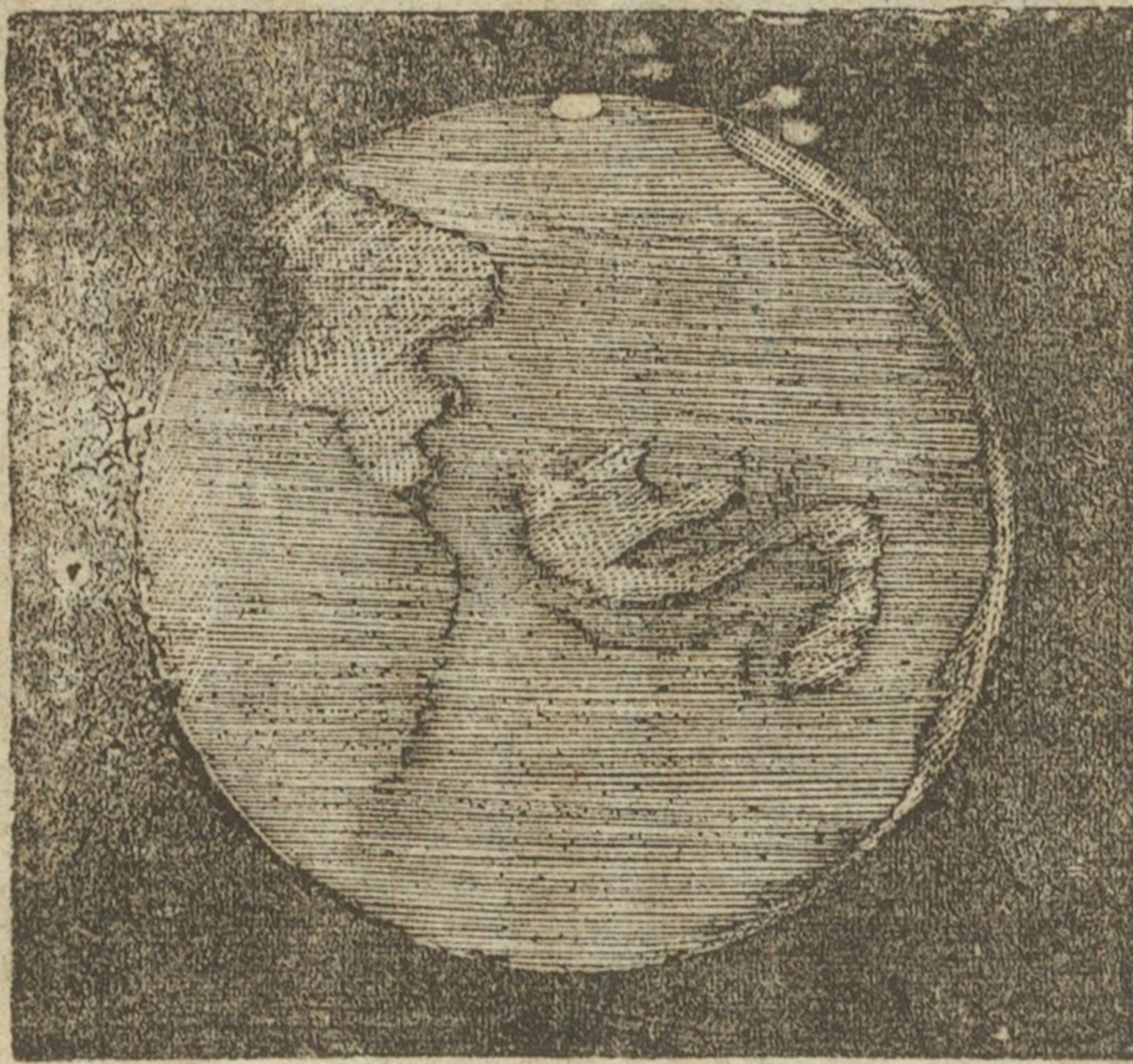
一百五十九節 地星外繞日行動之諸星，第一即火星。火星距日四萬一千七百萬里，自旋轉於本軸線外之時，刻需二十四點鐘，復加二刻，是火星之晝夜較我儕地上多半點鐘矣。火星本體直徑不長較地球直徑止有半。

一百六十節 火星繞日行一周用六百八十六日，我儕地球面一載為火星之半年。因其所行軌道在地星軌道外，故我儕永不見其有行於地與日中間時，亦不能見。如金星、水星常更易其形狀，惟於本軌道之二處，見有變為扁圓之狀。如二十九圖，地在戊點，火星在甲點，在乙點，於旁面即微虧其明分。因其在此二點，我儕於地面從旁窺火星，能見其暗面數分，故使我儕視之，如每月十五前後二三日，見月有虧其圓滿之形式。

一百六十一節 火星行至此面，與日適相對處，地居正中，即謂之衝日。其時距我儕地球最近，僅有一萬四千四百萬里。此數果何由而知乎？火星距日為四萬一千七百萬里，地距日二萬七千三百萬里，於四萬一

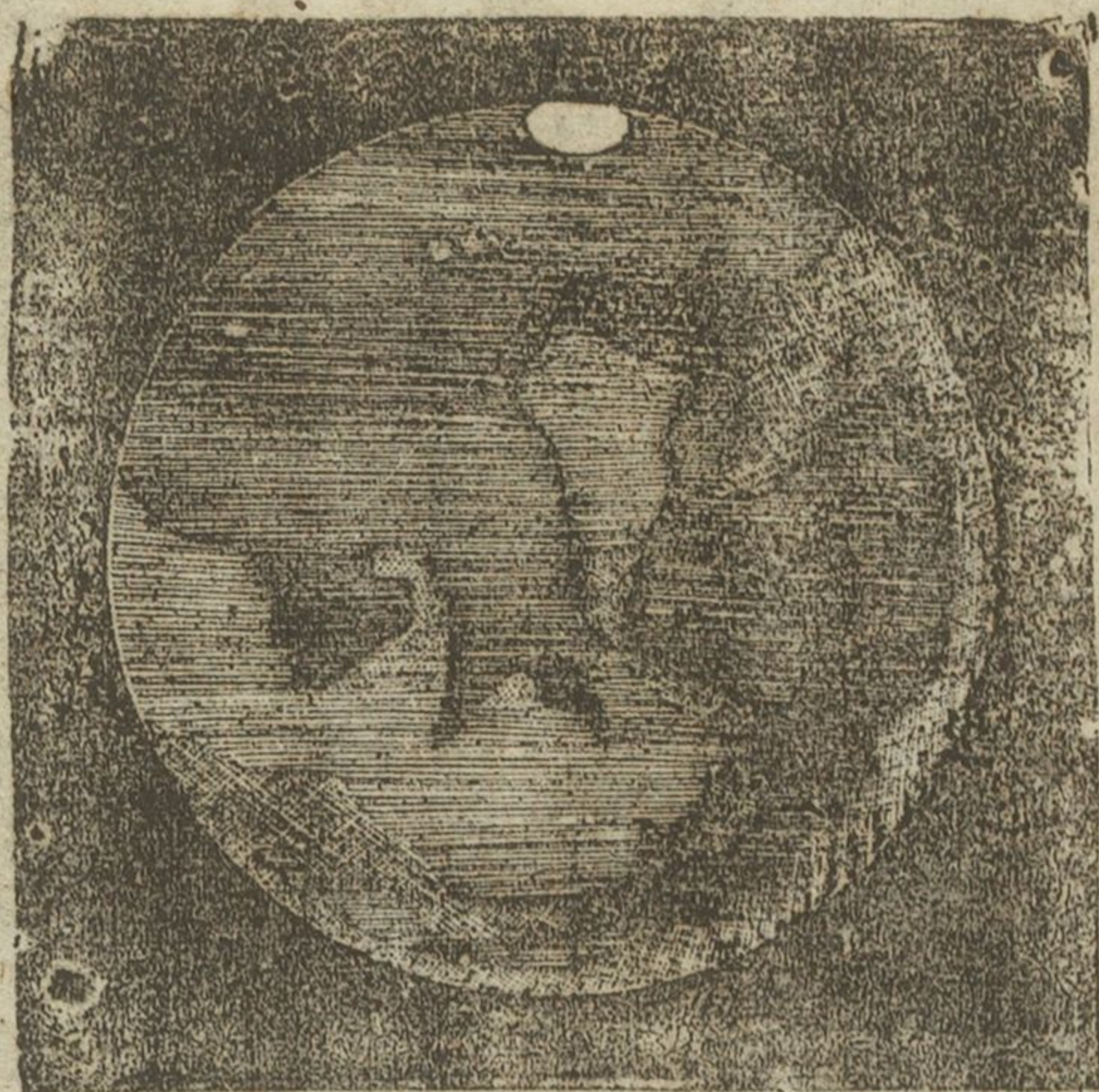
千七百萬中，去二萬七千三百萬餘，得一萬四千四百萬，即火星是時距地之數，則見滿面有光，測驗其形式極便，然不能每常一式，火星軌道扁圓式甚多，有數處愈近地軌道，有數處愈遠地軌道，緣此故火星衝日時，去地亦有遠有近，所差極多，近時距地較遠時距地，近減一倍，是驗視火星形式，惟於此機最美，其旋轉本軸之軸線，與黃道面相交角二十九度，與地二十三度之交角，差無多，火星內之春夏秋冬，殆與地亦差無多乎。

第三十二圖  
 火星之  
 山海形  
 式及其  
 北極處  
 雪蓋式



一百六十二節以日向火星詳視，見其稍有紅色，與他星不同，以遠鏡窺視，見其紅色少減，滿面光潔明亮，而明亮中亦有暗處，明處為山暗處為海，火星於眾行星中所不同者，即以由地面視其形式，與在火星面視地面形式大略相似，附近火星南北二極處，見有白色，即其白色隨時詳視，見其漸及一時則減小，漸及冬時則增大，如白雪堆積其處，各隨其冬夏令有增大減小，式與

第三十三圖 由旁面視火星式



地球之南極北極處積雪不化無異如圖其式以力大之遠鏡視火星見與地面不同其所以不同者即地面水居四分陸地居一分火星面陸地四水居一也

小行星

一百六節 火星之外有若許形體不大之小行星

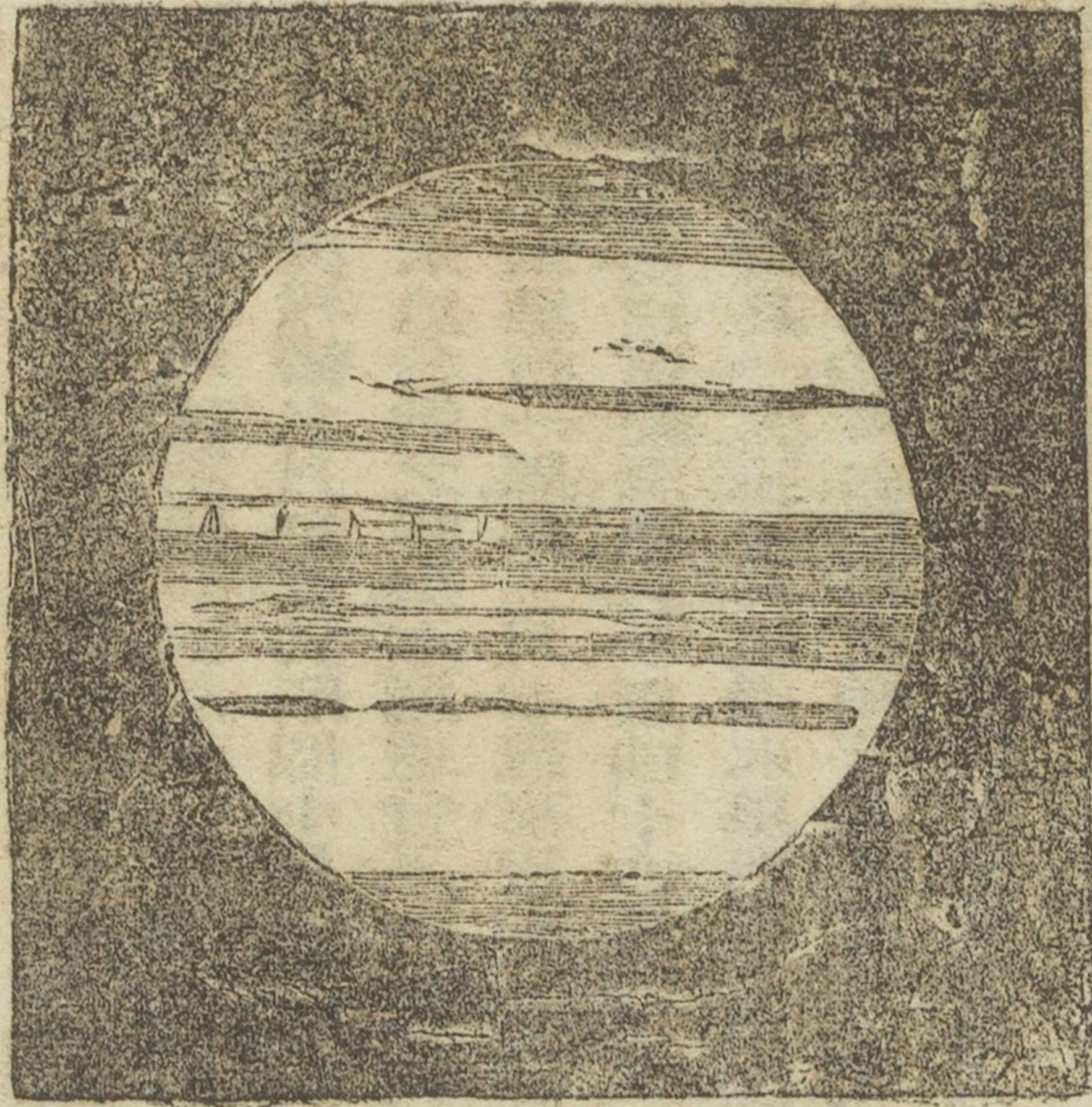
距日之遠近所差俱無幾小行星之最大者有四名曰穀女武女天后火女其星體直徑

約在千里上下此諸小行星無遠鏡目不能見因其形體甚小於天文無關緊要不必詳細提論而其所行之軌道與黃道面相交處較大行星角度大其本軸線與繞日行之軌道相交差之角度毫未測知如何而其星數極多已測知有一百三十每歲中必新測得小星數個所新測得之小行星即以希臘羅馬二國所封之神名名之而其二國神名現已餘者無多不足見星之多乎屬此類之小行星明光不甚顯即其明而論可列於第十等星內星面非甚廣大約不能踰乎出車千乘國出車百乘國所有之地面

木星

一百六節 眾小行星之外有木星，即歲星，於日所統率之眾行星中為最大者，明亮僅遜於金星，因金星距

第三十四圖 木星面暗帶式



日從不甚遠，我儕不至與金星認混。木星軌道距日十四萬二千八百萬里，繞行一周四千三百三十三日。

一百六節 以力不大之遠鏡視木星，見其形式為扁圓，南北二極處形多虧缺，木星面橫有暗帶數道，如圖中式，更見有若許大黑片，並別樣瑕玼斑痕，於其面際，後此可詳言之。惟歷家驗其行動之遲速，乃知木星約於十點鐘頃，即自為旋轉木軸一次，木星直徑較地直徑長及十倍，揣而知其南北二極處扁圓式，並赤道處凸出式，必甚多於地球，此何故哉？即以木星赤道處旋轉之速率，較地球赤道處速及二十倍，一點鐘頃，木星赤道處可旋行六萬里。

一百六十六節 木星面橫有數道暗帶，並他類之黑片、瑕玼、斑痕，於上文已略為講論，並揣想木星體外有雲套籠罩，故我儕望之極明，其暗帶黑片皆為無雲籠罩雲套破裂處，或為木星之本體，或為雲套內之下層雲，然揣其為下層雲，似真於本體，其暗帶之多少，形式之大小，俱屢有變更，時見有架起之雲橋，渡過橫列之暗帶，據此為證，可知我儕見之明面，非木星本體面，乃籠罩木星多帶雲之風氣套也。

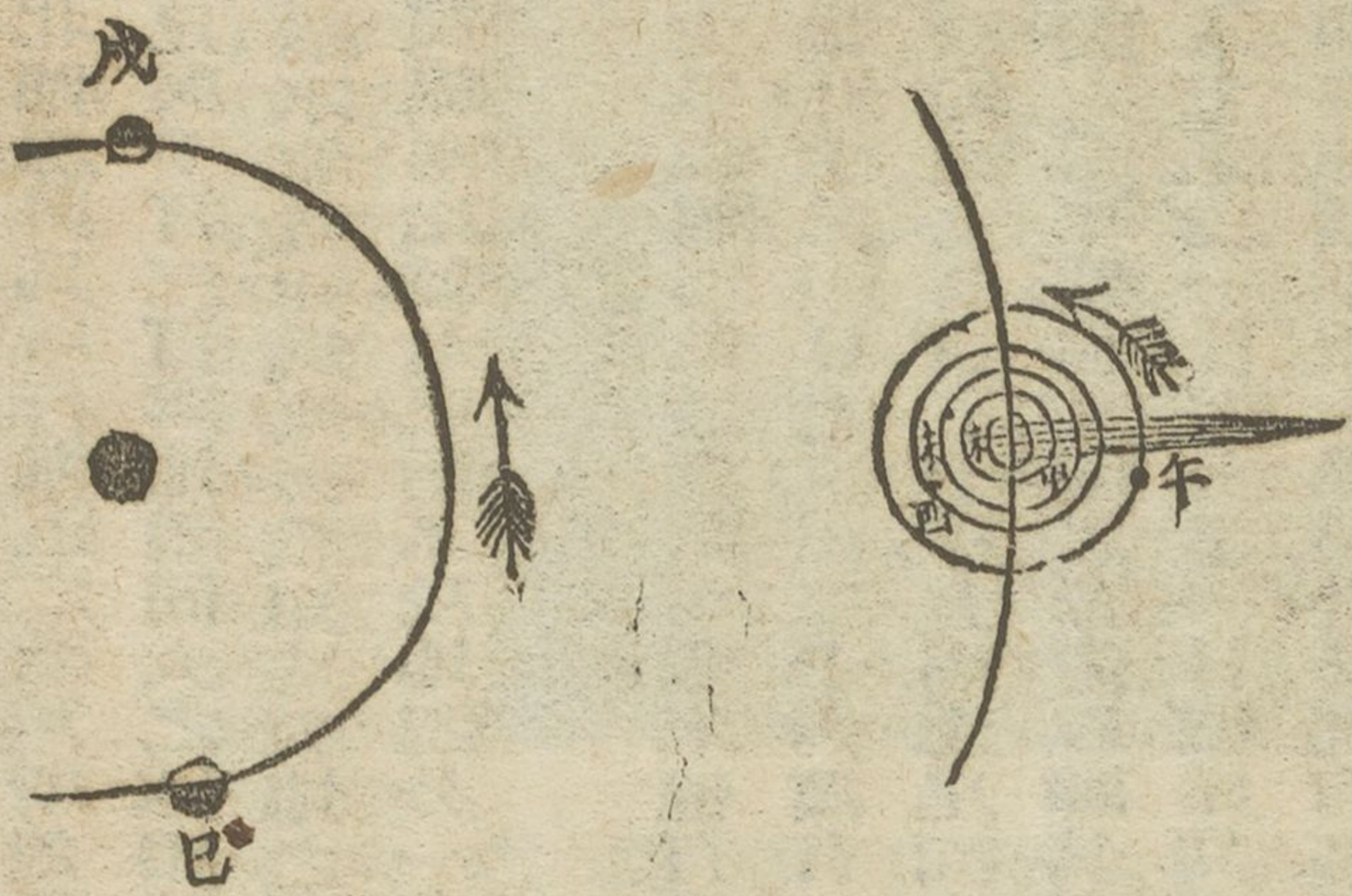
一百六十七節 前所論之各行星與地球不同者，即無月在其星外環繞之一事，惟木星體外有四個小月環繞行動，且俱隨時變形，與我儕之月無異，其四個小月體大小差無幾，直徑之長約在六千里上下，距木星面遠近各不等，繞木星行動之時刻亦遲速各不同，其一月繞木星一周，用不滿二晝夜頃，其二月三晝夜有半，即繞木星一周，其三月七晝夜復加三點鐘頃，方能繞木星一周，其四月需十六晝夜，有四分晝夜之三，始可繞木星一周，即十六日有十八點鐘也，各小月行之軌道俱與木星軌道面相交角無多，因而其一二三小月經過木星與日之中間時，於木星面際必有見為日食之某處，惟其第四小月所行之軌道與木星相交角較大，不能每一次經過日與木星中間，即準有日食，皆以其經過時有偏上偏下式也，其四個小月行於木星彼面恆入於木星之影，每一次入木星影亦必每一次見有月食式，與地外之月亦屬一理。

一百六十八節 以遠鏡向其四個小月看視，見其俱往來於木星之左右，與我儕於地面視內行星往來於日之

左右相似，小月由左至木星右，由木星右至左，多有經過木星面式，即可名之曰某月過木星面，且我

左右相似小月由左至木星右由木星右至左多有經過木星面式即可名之曰某月過木星面且我  
 儕有時由旁觀之能見其月影過木星面凡我儕地球行至日與木星之連線外遠處即可見月之影從木星面過眾小月在木星彼  
 能見月影過木星面若行至日與木星之連線外遠處即可見月之影從木星面過眾小月在木星彼

第 三 十 五 圖  
 發明木 星外之 四小月 或月食 或被木 星掩或 經過木 星面之 各形式



面經過我儕有時倏然不見其月體入於木星影內即謂之月食有時我儕不與木星影在一面於月過木星之後不見為月食式祇見為木星掩月式如三十五圖地行於其軌道至戊點時見未點月經過木星面午點月為木星掩申點月有月食之式由戊點向木星處窺視見每一小月入木星影之先必為木星體所掩試復移地於巳點視之見午點月不為木星掩而入木星影內即有月食之式酉點之月必經過木星面申點之月必入木星影而有月食之式嗣後出木星影時即行至木星背後被木星遮掩

仍遷至木星左邊

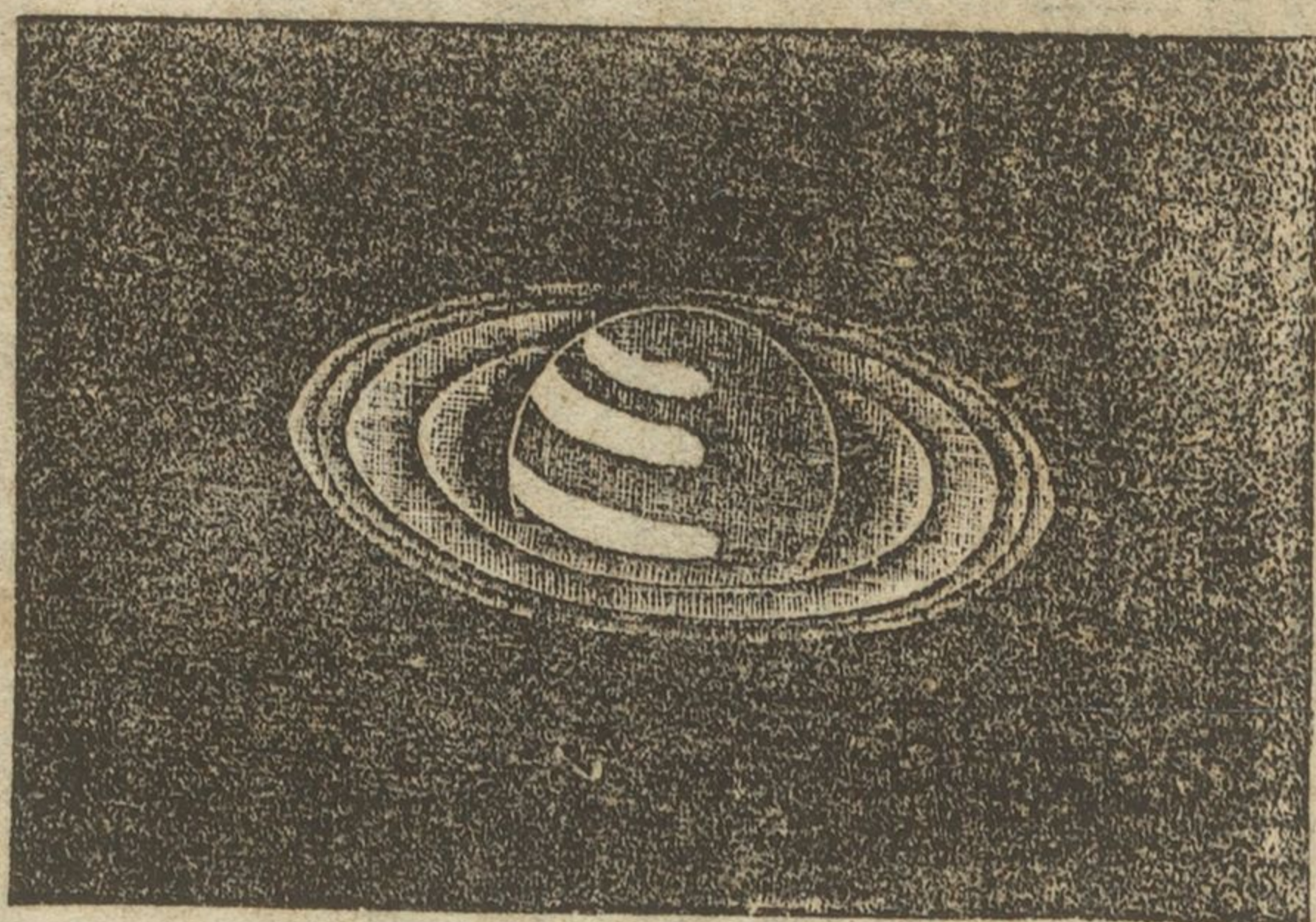
一百六十九節 木星之南北軸線與其所行軌道之交角所差不能踰四度，冬夏令無甚異，木星體較地球體大及一千三百倍，足與千有三百與地體同大之球相等，雖其體如是大，而重止有地體重之三百倍，成木星體之各物，雖不能確知爲何物，然知其較地之泥土水石木等物，輕者多矣，設以地體質疏密率爲一，與木星體質疏密比較，木星猶不及地四分之一。

### 土星

一百七十節 以遠鏡向土星窺視，形色最嘉美可觀，不惟有八個小月在土星外環繞，並有極大光圍，發光甚明，環繞於土星體外，土星距日之遠，在二十六萬有一千六百萬里，繞日運行一周需一萬有七百五十九晝夜，卽我儕地面上將及三十年，方爲土星面之一年也，直徑較地球長九倍，土星面有黑斑，亦有暗帶，與木星面大略相似，卽其面之黑斑，以驗其行之遲速，測知其旋轉本軸外一次，約在十點半鐘頃，如是觀之，是土星之一日，較木星一日微見其多，大抵土星與木星之體質，積聚之物料，所差亦無幾，此事由何知哉，卽因細視土星體外，彷彿有多帶密雲之大風氣套，其風氣套破裂處，望見有暗帶式，與木星之理同，土星體甚輕，體質疏密率，較木星輕減一半，與地球體質疏密相較，其輕重不待言矣，土星之本軸線，與所行之軌道面，相交之角，約在二十六度有半，其春夏秋冬，可與地面同。



第三十六圖  
土星及土星光圖式



一百七十一節設問其光圖為何物，實難答對，如圖中形式分而三為道光圖，內外依次層層套列，至外之一道光圖，直徑長及四十九萬八千里，外之二道光圖，明於內之一道光圖，內道光圖形式猶如縐紗，因名之曰縐紗圖，以力極大之遠鏡方能見，鏡力不大即不能見，然能透光，內邊土星本體，可令我儕見之，光圖闊而不厚，僅厚及四百十四里，因其光圖有如是薄，故土星行於軌道某處，其光圖適向我時，不以力大之遠鏡不能見，泰西歷家每謂此三道大光圖，即為無數之小月環繞土星。

一百七十二節土星外之八個小月，不似木星外之小月，能令吾等看視真切，以其去地甚遠，故於平常時少見，有被土星遮掩月食式，亦因其八小月所行軌道，與土星軌道面，所差交角甚大，故月食時極少。

天王星

一百七十三節於天王星之諸事，測知者無多，距日約五十二萬五千九百萬里，繞日行一周，需三萬有六百八

十六晝夜已測驗知者天王星體外小月有四天王星之直徑較地球長及四倍體質疏密率與地球較有五分之一

### 海王星

一百七十四節 茲時所知者惟海王星為日所統率衆行星中極遠之一星距日八十二萬三千八百萬里繞日環行一周需六萬有一百二十六晝夜直徑之長較地多加四倍而海王星體質疏密率較天王星微有輕減

一百七十五節 此海王星乃邇時尋覓得來者亦關乎人心可喜悅之事西國推算歷家於未見其星之先已預言當在何方位體積應有若干此事果何由知乎即緣於其先時推測海王星所感動之他行星所顯現之各事而知也前數十年間有人揣想摹畫海王星行於其軌道有時於當有之遲速較之過遲有時於當有之遲速較之過速西國歷家即以海王星過遲過速之數為根推測此尙未得見之星之體積方位與其運行一周之日數繼乃以遠鏡窺視實見其星且方位與先時所測者差無幾復測知者海王星外亦有一小月環繞

### 第六課論彗星隕石流星

一百七十六節 行星之外復有彗星與諸行星同為日所統率但行星如家中人茲所論之彗星猶如外來之客

人也

一百七十七節 凡曾經見過彗星者，勿庸告知彼彗星之式，彼必深知其甚奇異矣，而未經見過彗星者，觀圖即可略知其形式，無如彗星形式，所差極多，大小不同，光明有異，各彗星既有各式，亦有時如一小行星，

第三十七圖 彗星形式



一彗星中有一極明點，可名為中體，其尾甚長，於後長出數百萬里，有時於其中體之明點外，見有霧氣發光，由內向外，均勻裹罩，可見之彗星形式無數，與雲氣無甚分別，彗星中十之七八，大抵為人目所不能見。

一百七十八節 彗星之大半，是由眾行星外來，為日所牽攝，由日之此面，行至日彼面，復背日向眾行星外行去，猶如永不復為日攝至者，亦有彗星中之小一半，行於眾行星內，永無出眾行星時，與行星繞日一般，惟其所行之軌道，有異行星之軌道，與正圓差無幾，彗星所行之軌道，多橢圓形，幾成甚長之扁圓，均是行近於日後，復由漸退縮，行至去日極遠之所，邇時已有人測得數個彗星，行軌道曲度一周之準數，即以其測知之人名為其彗星名，如因格彗星，每五年內繞日行一次，好里彗星，每七十四年內繞日行一次，即因格好里二歷家所測得者也。

一百七 彗星所行之軌道深闊可異與黃道面相交之角為大為小極有分別不似眾行星之軌道與黃道面交角無多且眾行星幾同而彗星更有不與眾行星同者即所行方向率多由西而東故亦謂為退動行

退動行

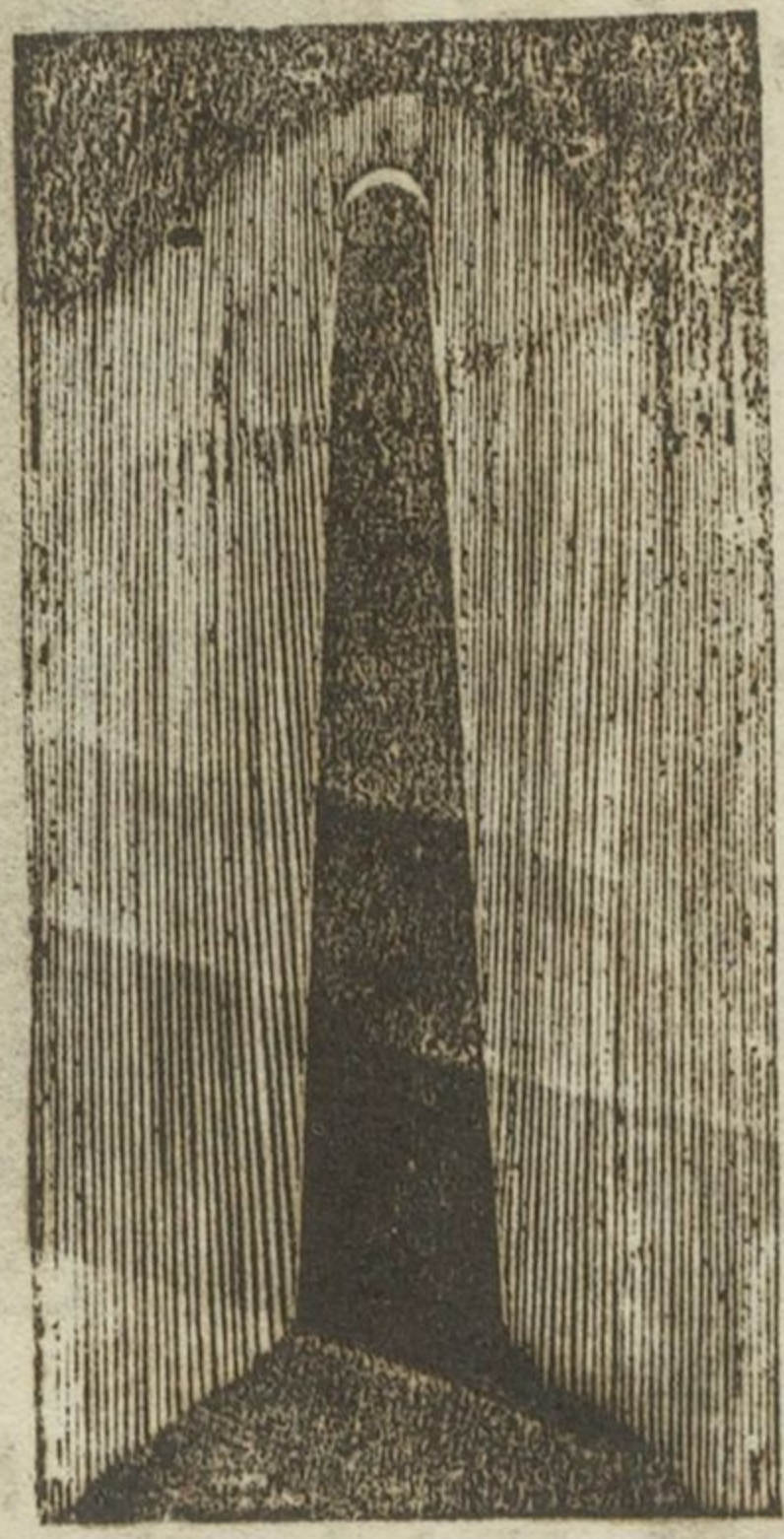
一百八 彗星體質雖極輕而其形體乃極大如三十八圖名曰多那低之彗星尾長及數百萬里而其尾

第十節 彗星體質雖極輕而其形體乃極大如三十八圖名曰多那低之彗星尾長及數百萬里而其尾

過處雖極小雲烟片所能蔽之小恆星

光亦不能掩蔽不可見其氣之虛空乎

第三 彗星體與尾層層氣套形式



凡彗星行近日時尾之形式更變時見為層層相套形或分為數道氣如水泉的突形

一百八 不惟彗星之事甚奇異令人難解欲明其故益不能不論流星與彗星互相關涉也諸

生夜間仰觀乎天有時見明光一點亮如星忽爾橫行空際由此至彼甚迅速於行過時見其背後有

光跡一道歷二三秒之久萬里無雲之晴夜向天空看視俄頃間即見名之曰流星墜於地面名曰隕

石見其流行於天時光明之大小形式各不同光小者多光大者少流星之光明大者有時如木星亦

有時可如月但見其忽行於天數秒頃轉瞬不見亦於星後祇有明光一道在天一過耳

一百八 彗星體質雖極輕而其形體乃極大如三十八圖名曰多那低之彗星尾長及數百萬里而其尾

一百八十二節 隕於地面來之石，非不可測驗其為何物者。化學家既能測凡屬地者內為何品物，亦可以法測知。由外來者內有何品類物，故有時測為多屬金類者，亦有時測為多屬石類者，其由天空向我等地球風氣套奔來時，石體甚熱，如被鑪火燒煉式，小者不容及地，已消散為無有，體之大者，未曾鎔化盡，故墜於地面，有被陶鑄式，然於其本體之大小減消已多。於倫敦城博物院中，可見隕石若許，而其至大者，將及五千斤重。

一百八十三節 於夜間仰天觀望，恆見流星飛來，且所飛來之處，各夜不同，亦視其為何時之夜，各依其時而為多寡。流星飛隕，非於七月十月中各有一夜最多乎？即西歷八月初十、十一月十三日也。十月中之流星，是由獅子星處來者。即軒轅五帝座等星處 因名之為獅子類。七月中之流星，是由比耳修星來者。即胃昂宿北卷舌積

水天譏天船等星處 故名之為比耳修類。

一百八十四節 斯時，我儕知流星繞日行，與行星無異矣。惟有一事可異，即測流星之軌道形式，大小方位，有與彗星無二者。夫流星彗星軌道既一式矣，是以有人懸揣云：彗星即為無數流星合聚成者。果如此人，所揣度流星彗星實有相合連屬，亦為屬乎天文家測時所尋覓之諸大事中者。即一千八百七十四年，所見極美觀之彗星測之，懸想彗星之體熱而有光，或即為若許流星於空中互相沖擊發出者。此類流星運入我等地球風氣套時，使我儕視之，即有流星式。於彗星中已測知者有三：一彗星體不甚

重二彗星內有數分定質體，或散而為無數小點，或聚而為數段硬質體，第尚未嘗測準。三彗星向外發出之氣，即我儕於隕石中，所確知有一種質物之氣。

一百八十五節 上古之時，人見流星，即懼見其忽來忽往，形極古怪，有人妄談云：大災即由流星出者，如耶穌前九百七十五年時，埃及人與古實人見彗星顯於天，國中遭災異，彼時在位國王名帶分，國人即以帶分名其彗星，形如火燄，有螺螄盤旋狀，人望見之，無不懼者，形不似星，如火燄冲天，往古人見天空有異怪象，多增驚懼，茲時人愈見天有異象，愈增喜樂，殆謂由此異象，可令我儕測知多端未知之理，格致家益稱讚天地間之各物，奇妙無窮矣。

天文啟蒙卷四

日爲恆星即距地最近之一恆星

第一課論日率諸行星之功用

一百八節地球爲何等物，於前課業經略論，第未言及地球爲何品類原物所成者，以其理俱詳化學啟蒙，亦未言及地面形式，陸地水面如何，何以有風氣套旋裹籠罩，以其說俱見地理質學啟蒙，我儕所講者，卽以地爲行星，地之本體不熱，繞行日外，因其本體不熱，故不能自放光輝，地面所有之光，由日照來，是卽所知之實事也。

一百七節並論形似地球，亦如地球繞行日外之諸行星，體亦同地之無熱，不自發光，借日照來之光。

一百八節我儕已測知地球面，歷春夏秋冬一歲，與他行星面之年歲，均視乎其繞行日外之時，日爲準，外此復測知地面晝夜之長短，與各行星晝夜之長短，均以地球與各行星自旋轉其正軸外之時刻爲準，殆其向日之時刻，與背日之時刻，俱關乎旋轉之遲速而定也。

一百九節地球之南北二極軸線，與其所行軌道面之相交角，並各行星自運行其軌道面相交角，卽爲分別春夏秋冬四季之根，四時之錯行遞更，卽視乎地球面與某行星面，某處向日之時刻多寡，某處背日之時刻多寡也。

一百九節 諸生如是觀之，是地面與各行星面，爲冷爲熱，有光無光，均爲日之功用矣。衆行星旋繞於日之四面，日住居中央，爲不可少之至寶，其使各行星面與地面，有各活物在上者，果爲何物，則非茲時之所宜急論乎。

第二課論日之熱日之光與日之大小遠近

一百九節 余先語諸生，日爲極熱之球，較密鑪中火熱，猶加萬倍，欲以物量度其熱，苦無其物，欲以言道明其熱，亦無其恰當之言。第知諸行星體，均冷如地球，面上亦同地面，可有判分數品凝結於彼之定質物，而日體面不然，所有之物，俱有鑪火燒熱之白氣形，至熱率爲若干，實爲不可測量之數也。

一百九節 日既有如是之極大熱，故能自放大光，而諸行星均因體冷，不能自放光芒，附近各行星之月，亦如我儕地外之月，不能自放光輝。

一百九節 設欲將日體之大小若干，明語諸生，甚非易事，不惟難宣於口，兼不能虛擬於心，祇知若能聚衆行星於一處，日猶較其大及五百倍，可取譬喻之，果能將一百五十萬地球聚於一處，凝結爲一大球，殆與日體之大，差無幾乎。

一百九節 日去我儕地球之數，於前課已論及，相距二萬七千九百九十萬里，推測其里數用之法，余不得遠爾詳言，亦以其算法過深，恐觀是書者，不能解透，亦祇言其大略而已。我儕距日之遠近，固已知，更



第三推測日大小之法

丙 ①乙

戊 丁

庚 己

以器具試測其所見面之寬闊果為度中若干分秒所用測其直徑之法如下  
三十九圖以線二道由乙丙處通至有人看視之甲處乙丙線為日之直徑以  
甲乙甲丙二線相交之角為已知之數凡畫丁戊己庚等線使其與甲乙線成  
十字角則每道丁戊己庚線長短俱有一定甲己與己庚線相比甲丁與丁戊  
線相比即為一百零七與一之比凡此等線之長短即為距人目線一百零七  
分中之一分也而乙丙線亦在內故我儕知日去人目二萬七千九百九十萬  
里以一百零七除之得二百五十五萬一千四百零一為乙丙線長短之數即  
太陽直徑之里數也

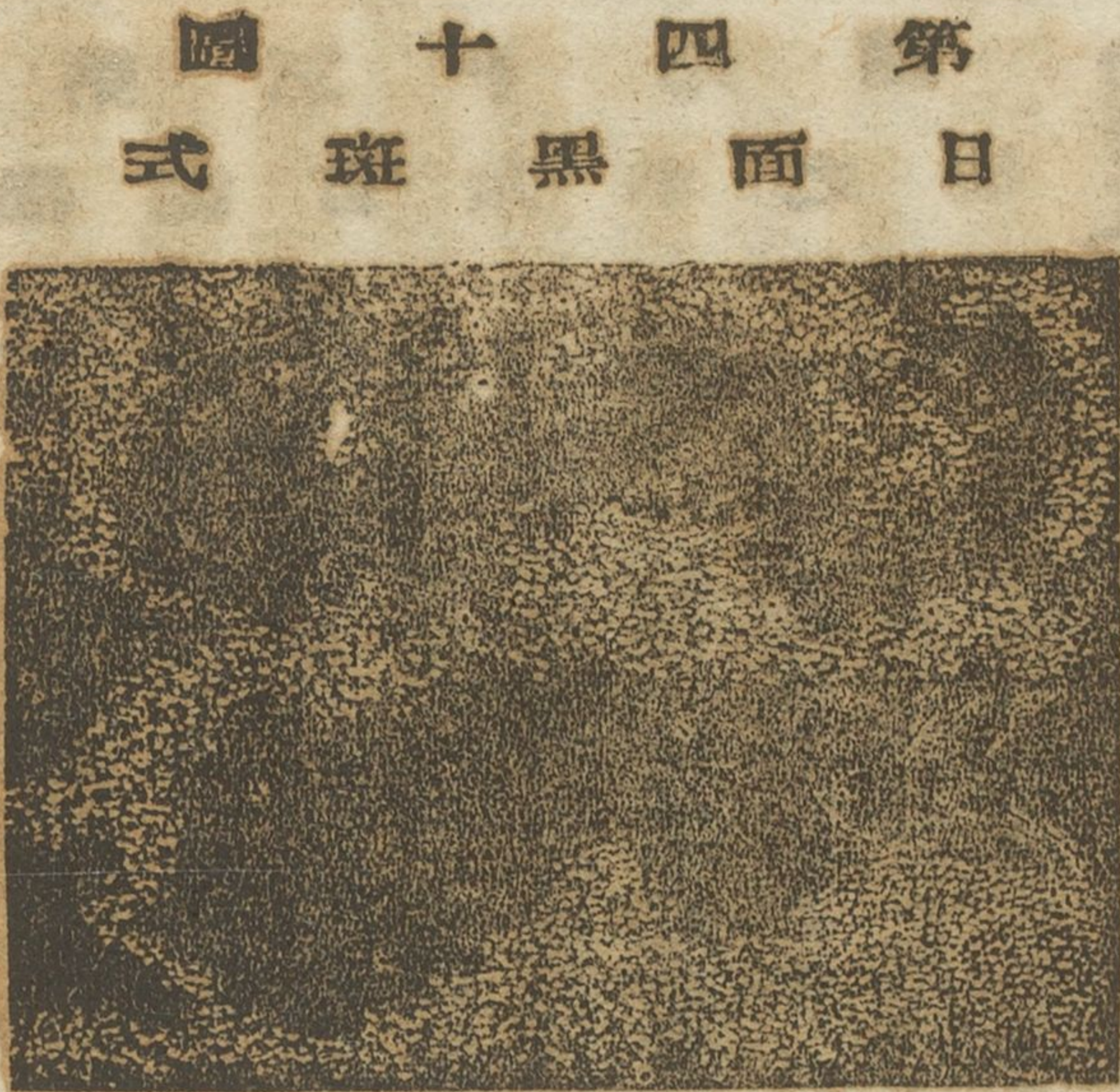
第三課論日之形式

甲 一百九十五節 大抵測驗日形設不用遠鏡窺看不用不光亮之暗玻璃窺測所知之事

殆無多乎日之光芒與日之熱過烈視之能害人目幼年學士務宜謹慎手持不用暗玻璃之小遠鏡  
窺日恐此目失明轉為眇一目須以玻璃一片置燭燄上薰之使黑持此片窺日可見其光亦不致傷  
目因其體各處能發光見為極明之圓物從不能似月之有時虧減明面發光明照處名為日之明套  
以遠鏡窺視於日面際屢見有黑斑片其斑片有時極大即不使遠鏡亦能見之

一百九十六節 日面黑斑片旁，亦見有明處，較日面他明處倍明，其處可呼曰明條，遙為懸揣之，知其處為長及數萬里之雲片，細視其明雲片與黑斑，均有隨時變更之形式。

第四課論日面之諸斑



第十四圖 日面黑斑式

一百九十七節 日距我儕地面雖極遠，而其體極大，兼以火燒煉之力亦過大，故使余等以遠鏡審視，見其色象鮮艷，成為美觀之景也。如四十圖畫者，僅為日面之一斑片，其本體之大可知。設將地球連合一處投入其中，斑內亦可包容。

一百九十八節 測驗日面之斑片時，詳記其方位，踰一二日再測之，見方位已向西移。日繼一日細視之，十數日頃，見黑片於日面由東而西，漸漸遷移，至日之西邊，復由漸而逝，為目之所不能見矣。

一百九十九節 於日面諸斑詳細窺視，大約均有自東而西之行動緣此，我儕乃逆料，必日體行動，將其諸斑片帶之同行動也。定睛審視，形迹昭然之一斑片，行

至日西邊，即淹沒不見。約踰十二日，必復見於日之東邊。山漸增露，驗其每歷二十五日，可行至其原處。蓋二十五日內，諸斑片行於日之彼面，亦行於日之此面也。

二百節 如是觀來，是日之面可於二十五日中自轉移一周也。然此果何言哉！即云日自旋轉於其本軸外，故面際之明條暗斑，俱於二十五日隨同轉一周也。

二百節 茲時可推測日面諸斑，果為何物，試選一有定式之斑而瞻視之，即取定去當中不遠之一斑也。見其必有平圓形，數日後復視，見其已西近日邊，形式已變，是前時斑中深暗之一處，今已移至左邊矣。

解日

前時復有圍繞其斑之淺暗處，今日視之乃無，我儕於此遙想其實屬何意，諸生將安茶杯之茶船取來，其茶杯底安坐處塗黑，諸

面黑

生於對面望之，見其如在甲點，由上至下之斜面，平勻圍繞其黑處，設將其茶船側轉，由旁面視之，即見其偏左之面，由漸隱起而

斑時

偏右之面，幾與目平圓相對，即見其有先如乙點，後復如丙點之

變各

形式矣

圖一

形式



二百節 如於大球中，刊刻一如茶船中茶杯底坐之圓凹形式，於對面

與旁面往返視之，亦必隨時變形狀，與視此茶船無異，日面見有

暗斑片亦屬一理其斑片即日外明套之破裂孔隙處露其內之日體如是揣之是日面之諸暗斑皆為日明套之孔隙處也外此所測驗者更有他據謂其所開裂處亦非虛空內充滿屬乎數品之氣日體內層之光為各種氣所掩蔽反使光不能發出

第五課論籠日之氣套

二百我儕所見之平圓日亦非完全日所見者惟日最密之質體亦有屬乎日外質體較疏稀輝光較減

日食

第四

時日

四

體外

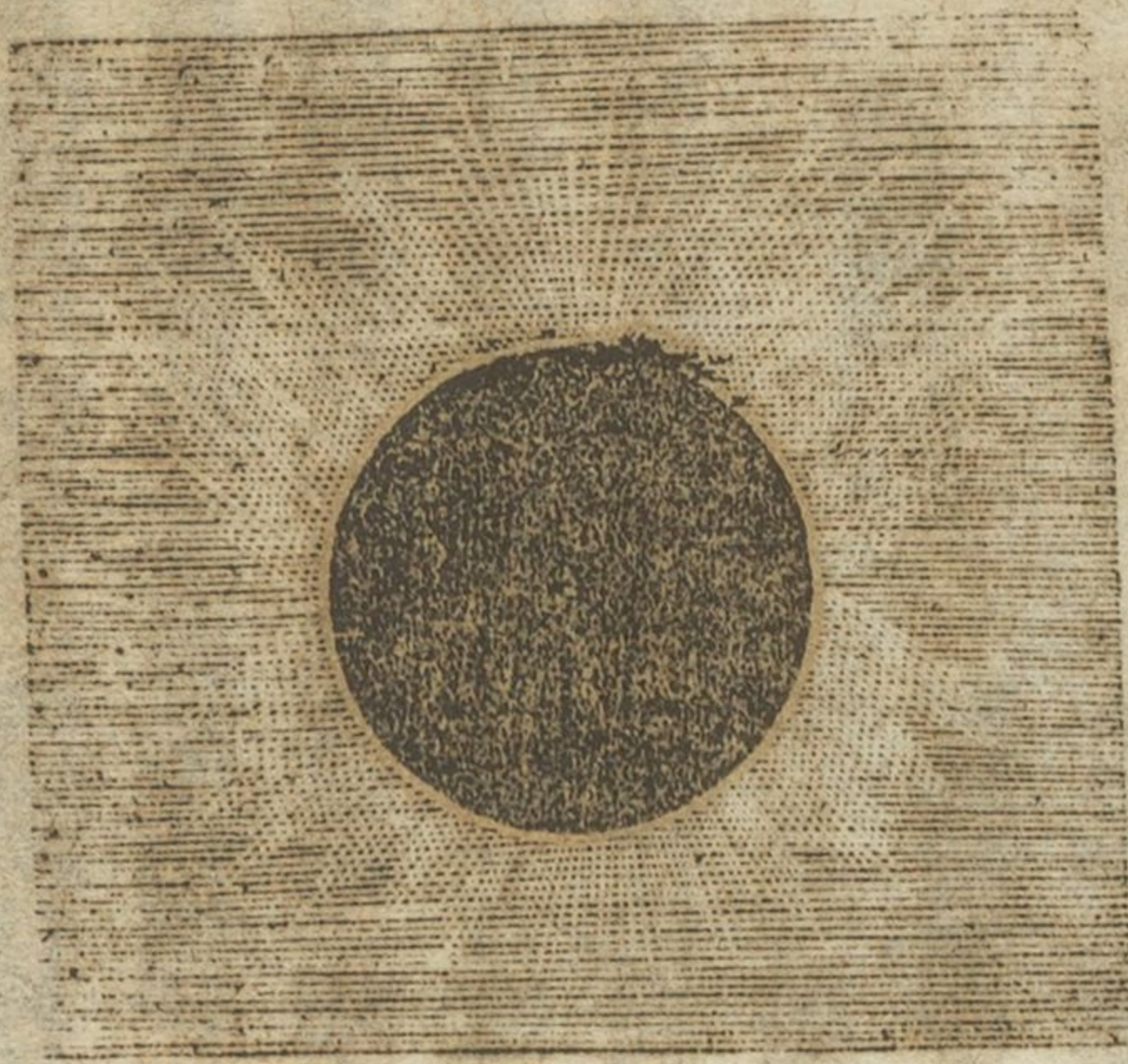
十

氣套

二

圖

式



由日發出沖擊日外名為圖套之氣套於氣套之一周見日內輕質各種氣似成為若許山峯排列式

少之各氣在外籠罩且高出日外至數十萬里俾余等不能窺其梗概皆因日之本體光過大與有日在天時不能見恆星光之理相似然遇日食時日本體之光被月掩蔽即可見其體外之氣套與可見恆星之理無異詳見前一節籠罩日之氣套顏色深堪悅人觀帶紅色者極多距日體近處其光倍明成為套形可名為色套斯時測驗日更有一專法用其法窺日即見有屬日內輕質之各種氣

且形甚奇異時刻收變尋常不同

且形甚奇異，時刻改變，各有不同。

第六課論合聚為日之諸原物

二百有可測日光之一器，名之曰測七色象器，又名光鏡。其氣之用處，能將白光分為七類，諸類各顯其色。

如諸生所見攢聚千百燭之玻璃燈下，皆點綴無數之玻璃片，然凝眸窺視，見其俱將光分為各色，與

此器係一理也。用此器測驗，乃知我儕地球中金類各質之原物，日中殆多有之，惟不似我儕地面者，

有定質形，日面者均為氣質式，此何故哉？即因日內極熱，金品類悉變為氣，如地上水置火間化為水

氣一式，余等地面有之原物，並有於日內者，可略列之，首推輕氣，即水氣，次即馬革尼先，即鹽精，嘎里先，即

精梭低阿母，即城精，鐵蒙乃斯，尼該樂，巴里烏母，斯特龍寫母，金類之他品，有者極多，外復有氣品二類，

在余等地中，由來未嘗得見。

二百如是觀之，是日之體質，大半為氣品矣，諸生聞日體質疏密率，不及地體質稠密，無庸怪異，其實日

之疏密率，僅有地疏密率四分之一也。即或取地體若干與日體同大，地重百斤，日不及二十五斤也。

第七課論日為最近之恆星

二百余於日之質體為何等原物成者，論已甚詳，余何為若是之不憚煩也？即以其為物類，與行星大不

同，而日為恆星，較他恆星更明更大，非因日與恆星之體不同也。以日去余等地球近，余等視日最近，

故明而大耳

二百節如是論來，是日與日所統率之地，與各行星，可謂若許冷球，同繞一極熱之球矣。地既與行星為一式，可將地假為行星式，日既與恆星為一式，可將日假為恆星式。我儕向天仰望，見光輝閃爍之諸星，於太虛中，殆如無數州縣錯處於國內乎？夫何國無州縣，何州縣無市鎮村落環繞，亦即如何恆星無行星環繞之乎？是各恆星皆與日同式也。於是細為思之，各恆星俱有行星環繞，亦為應信之語耳。

天文啟蒙卷四終

天文啟蒙卷五

恆星

第一課論恆星爲極遠之日

二百節前卷云，賜余等地球面光與熱之日，爲至近之恆星，於茲無庸復論所未論及者，乃極遠之恆星也。且日之形體極大，輝光甚明，極熱，諸生亦均聽明矣。於此可轉言夫形體小，發光微，散布於天，熱爲我儕不能覺之各恆星，余論此諸恆星，知諸生必不我怪，緣何知諸生不我怪乎？卽以諸恆星皆爲日，其熱其光與我儕日爲一式，第其離地過遠，故不覺其光與熱，諸生已盡曉是理也。諸恆星距余等地，有道不盡之遠，其至近者有數星，較日猶遠五十餘萬倍，因此故其形體之大小，成爲不可覺察之數，第見爲有光之一點，不知實有若干寬厚，細究其各恆星之本體，據理而論，較我儕之日猶多，有大及數百倍者。

第二課論恆星之明

二百節晴夜仰觀天星，望而易知之第一事，卽光明不同，試思其所以不同之故，爲體有大小不同乎？抑爲彼此離地有遠近不同乎？是非難以決言，究乎其故，卽我儕見爲明光大之星，離地較近者有之，見爲明光小之星，離地較近者亦有之，設欲測度是事，亦須論其體之大小，亦須論其去之遠近。

二百十節 天學家判星之品第均按其星之明暗分判之。至明者品第爲頭等，次明者爲二等，又次明者爲三等。由是而下，直至十五等十六等，設不以遠鏡窺看，決不能見。於極黑之晴夜，目力嘉者，恰能見光不甚明之恆星，約可列入第六等。由是觀來，則知星之明暗不足爲體大小之準矣。夫余等按星之明暗分品第，非謂明者果大於不明者也。體大之星，果屬離我等極遠，亦可與離我儕近，體較微小之星，並列入同品內。

二百十一節 人於晴夜觀恆星，目所能及見者，惟自一品至六品之諸恆星。統計其數，約足三千萬，而以極大之遠鏡窺之，所見恆星數已足二千萬矣。

二百十二節 諸生不常觀銀河乎？晴夜仰觀天星，見天河一帶之星，明光甚小，由天之此面橫達於天之彼面，幾於由我儕天頂經過。藉遠鏡力觀之，見其內有不可勝數之小恆星。以此星彼星相去似甚近，故成此極長之光帶。由我儕觀之，爲天河形狀。上節所言以遠鏡能見之二千萬恆星，大抵有一千八百萬，均在河漢數內。卽此意揣之，可略知宇宙之大矣。蓋非此星與彼星相去甚近，而爲是稠密形也。乃此星之彼面有彼星，彼星之彼面復有彼星，各星相向相背，我儕於地面用目望之，各方向星如在一線，故見爲如是形耳。然據實理論之，此星與彼星相去之各遠近，或亦有似我儕日與其相距最近之一恆星同一遠近。



二百十 則且取譬喻之設有一樹林於此每株橫豎行列相去遠近俱同諸生試步入樹林於此端間仁

立舉目向樹林彼端瞻望必見其棵株極密而此端左右望之極疎天上銀河亦此理人目所見為極

密者即在由旁對看之線間其偏左右者由漸稀疏

二百十 各恆星之色紅黃白綠藍者均有如天朗星即白色星大角星即黃色星參宿內偏東北之大星

四節 即紅色星以遠鏡窺之見各星色倍真不以遠鏡窺測殆不能視清楚也

### 第三課論星座

二百十 由古以來各國天文家以恆星分列星座每星座各定有名溯其得名之始均由人意撰出揣度

其星之形式與何人何物相似即用其人名物名施於星座為名日行黃道相繼經歷之各次從來分

為十二即以十二星座定為日躔之十二宮此十二星座即在地球赤道南北二半球緯度各八度闊

之地各處人俱得見春分後日躔公羊降穀雨後日躔公牛大小滿後日躔雙子實夏至後日躔蟹首

大暑後日躔獅子火處暑後日躔童女尾秋分後日躔天平星霜降後日躔蠍火小雪後日躔射夫木

冬至後日躔山羊紀大寒後日躔水夫元雨水後日躔魚訖是即一周歲中日躔之星座也曾有西語

呼星名之一歌仿其語意譯出以為便於記誌之一助歌曰羊牛相繼盡屬雄雙子與蟹同移東烈獅

已去童女追天平毒蠍射夫隨山羊口渴就水泉水夫必得雙魚還周歷既過一歲過紅日又復躔羊

座 中國之讀書者童子時即應明曉星座由古至今天文家定日躔月行俱依星座茲將二十八宿列於下角亢氏房心尾箕斗牛女虛危室壁奎婁胃昂畢觜參井鬼柳星張翼軫此二十八宿星名也

二百十 十二宮外之諸星座在赤道北者即名為北半天之星座赤道南者名為南半天之星座試將北半天星座之諸星名臚列之西名大熊意者即北斗復以其形式似犁名為耕犁西名小熊意者即天皇大帝並帝星太子等星西名龍之意者即右樞天一太乙左樞等星西名以西非由神仙名者即少衛造父等星西名牛郎者即大角招搖左攝提右攝提等星西名北天華冠者即貫索西名希耳古利古神仙名者即帝座河中河間等星西名琴意者即織女漸臺等星西名天鵝意者即天津車夫等星西名加修比雅古仙女名者即王良等星因其形似坐椅故又有女椅之名西名比耳修古神仙名者即天船天譏等星西名車夫即五車等星西名意為降伏蛇者即侯與宗正等星西名意蛇者即蜀周秦巴等星西名意箭與鷹者即河鼓右旗等星西名意為海豚之喜聞琴聲者即瓠瓜等星西名小馬意者即司危等星西名飛馬意者即壁室危宿等星西名安得羅米大古仙女名者即奎宿等星西名三角形意者即天大將軍等星西名意為鹿豹者即上丞上衛等星西名意為獵犬狐與鵝並加羅王心者即三公常陳等星

二百十 南半天十二宮外之星座復將其星名臚於下西名鯨魚意者即土司空天囷等星西名阿利安

古神仙名者，卽參宿、鶴宿等星，西名以利大奴河名者，卽水委等星，西名兔意者，卽厠等星，西名大狗意者，卽天狼等星，西名小狗意者，卽南河等星，西名爲亞哥船者，卽老人等星，西名水蛇意者，卽星柳、張宿等星，西名杯意者，卽翼宿等星，西名意爲烏鴉者，卽左右轄與軫宿等星，西名意人面馬身獸者，卽南門馬腹等星，西名豺狼意者，卽陽門騎官等星，西名意爲壇者，卽杵星，西名南天華冠者，卽鼈星，西名南方魚意者，卽北落師門天綱等星，西名獨角獸意者，卽四瀆關邱等星，西名意爲洪水時造方舟人，擲亞鶉者，卽丈人等星，西名意南方十字架者，卽十字架星。

二百十八節 諸生習視各星座之方位，應有星圖查看，亦應有識認各星之人，向諸生指示，諸星之在天極明極大者，如北斗、織女、王良、河鼓、觜宿、參宿、天狼等星，皆易於識認者也。

二百十九節 西國紀錄衆星目時，以希臘國二十五字母臚列之，其星之至明者爲阿拉法，卽羅馬字母首一A，次明者爲比大，卽羅馬字母次一B，將二十五字母用訖，卽用一二三四等數目字，如註云琴座阿拉法，卽言琴座內至明之星也，卽指織女，於天津星處，書以天鵝比大，卽言天鵝星明分居二也，如是言之，是大小各星，均有可引爲屬號之字矣，又如書天鵝六十一，卽言屬天鵝二十五有字母爲號者之外，又居六十一號之小星也，邇來德國天文家，觀其星隨時微移方位，據其移方位而測之，知彼星距地，較日猶遠六十五萬八千倍矣，星之微而不明者，愈知不可不予以數目號也。

第四課論恆星之視行

二百二 上卷論地時，知地球常行動運轉，仿如自爲移行不止之觀象臺，見地外之各星亦皆移動，不能  
十節 分辨其爲實有行動，或我等地球動，見各星爲似動矣。於茲宜將其事復論之。地球譬猶小船浮海  
中，我儕於小船中憑眺，倘此船忽游轉一次，余等反不覺己船旋動，惟見周圍之各船，彷彿從己小船  
對面方向繞行於己之船外。諸生細爲思之，周圍各船能均用一例之遲速，彼此相去爲遠爲近，或內  
或外，方位永無變更，豈不於情理有乖乎？諸生必立憶及爲我等船自爲動，他船俱不動矣。如是論之，  
是地球自爲旋轉，周圍各恆星每常自東向西移動，皆視動，非真動，悉由地球旋動，故使我儕見爲如  
是式耳。

二百二 於此時也可鼓櫂蕩槳，駕我扁舟，環繞乎大海船，已所環繞之大海船，與距大海船較遠之他船，  
十一節 方位亦互有變遷，反覺大海船有環繞己小船外之式，並見大海船由己小船與極遠之各船間，循序  
經過，與我之小船未動，在小船外遠列之若許巨艦，環行我扁舟外之形式，所見者無異。體察至此，卽  
知爲我之小船自去行動矣。我儕地球，每歲繞行日外，見日依次經過，各星由漸而進，見夏令與日同  
居一線之諸恆星，至乎冬令，所居方位適與日兩相對耳。

二百二 古昔天文諸家，於恆星之各動，但知其有一晝夜之西移，與一周歲之東移，且以爲恆星真有行

動伊等興意欲考查恆星是否不變方位遂繪出星圖踰數載後較對之見其方位無變古之人即以恆星不變方位目爲準確不移之理故呼之曰定位星後時復察考之知其星圖有誤錯視爲恆星不變方位也

二百二節 去古既久測定星方位用之法較前精良以之窺測不多日卽知恆星方位亦非無變動每年有差卽呼曰歲差俱因地球南北極二點隨時改其所指方向儼如童子戲耍之獨樂旋轉將終時其向上之軸端有搖撼不穩更易方向式據是理論之是恆星之各方位皆關乎地球南北二極點所指之方向二極所指之方向有變故恆星方位不能不屢有更移也此卽恆星方位之別一視動致使衆星每歲有差並於春秋二分點有向前微移式

二百二節 茲時之天文家均知恆星有歲差之視動並他視動矣更逆料各星俱不能不變其方位亦可以法預爲推算其偏東偏西偏南北差者若干但只一件先時所預推之方位歷數年後恆見星所在處與前所推算者微有不合於所已知視動差之外必復有他等動或爲地之動或爲星之動是時尚未致意於其中惟我儕所講論者欲其拾級而升步近一步於現所解論之事復用大船小船之譬喻之

二百二節 於此大海船與余等乘之小船無論向何方向行去必見兩旁之各船方位改變其所變之方位指向處必與我等船相對我等船所趨向處之各船乃見其由漸而分散我船過來處之各船見其由

漸而湊聚，而若許船隻，亦非不能移動。各船能有各行動之方向，且各船能不一律行動，更有一說，余等見之船數益多時，必逆為揣想，惟有我之小船與大海船動，其與我去方向相反之他船，如我等之譬喻者必多，反我等譬喻者必少矣。各船於視動外，或有真動者，其視動有時恰與真動相拒抵，以他船而論，其視真二動，有此動加於彼動外時，緣此我等小船行動能有若干，即可以有準論矣。

二百二節 恆星有行動之論，恰當乎是矣。余等窺看恆星，同於一方向者，見有愈久愈聚合之勢，於對方向者，見有愈久愈離散之狀，然如上節所言之船，即星中之大半，由漸而聚，由漸而離，俱屬一律，亦祇有數星在當合處而離，在當離處而合也。惟於極多之恆星，測驗其隨時微動之方向，我儕所已得測知者，惟日與日所統率之諸行星，均隨時安然前行，直向西人所呼希耳古利星座處之一點，即天池垣角二星相去適中之區

### 第五課論恆星之真動

二百二節 諸生於一切船中，見有一船之行動，式甚出奇，非我等船自動之言所能講解去者，即必度其船自有真動矣，亦必俟有時見此恆星行於他恆星內，方可信其星自有真動。果其如是，亦甚妥善。由往古以至近今，諸天學家繼續授受，詳細測驗，經歷多年，知實有移動之星甚多，即如大角星，其行動即迅速，每一秒頃必行一百六十二里，較地繞行日外，猶速加三倍。據理而論，眾恆星宜無靜者，皆為動

者此按重學言之也

第六課論多合星

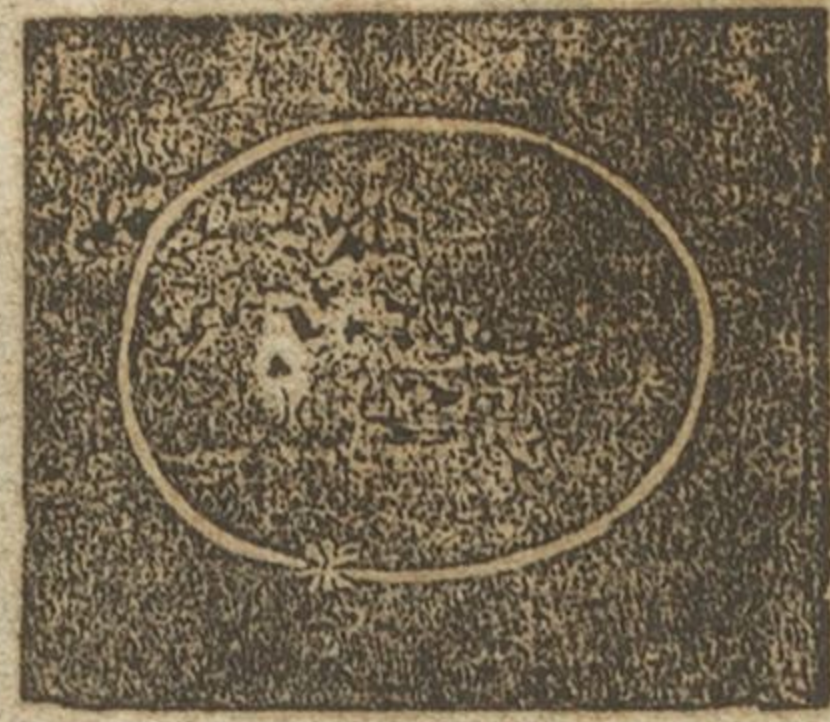
第四節

四星

十互

三繞

圖式



二百二十八節 眾恆星不惟自行於其軌道亦有彼此互相環繞式如雙星多

合星等即彼此互相環繞之星也多合星即有若許星互相環繞也

如圖

二百二十九節 凡此等雙星皆屬彼此互相攝動者因二星之距離至近故此

星可於彼星外環繞彼星亦可於此星外環繞與我儕地球繞日外

無異惟其彼此互繞不及地球繞日之疾速已得知者小星繞大星一周需三十六年之時日邇時以

遠鏡窺視見屬此類之雙星與多合星約有八百

二百三十節 恆星既去余等極遠縱使有行星繞之余等以能力極大之遠鏡窺視亦不能見據理言之各恆

星應均為諸行星之心與我儕之日居正中照光於各行星之理一式至論及其雙星殆即二日其二

日殆俱有行星環繞且其行星可由二日中得來光照而雙星有時色象不同其行星即可得二色光

照

第七課論星林星氣

二百三十一節 上言散布於天空者有如許恆星外此復有白氣數片仿若天河截為段落之形式第以人目視

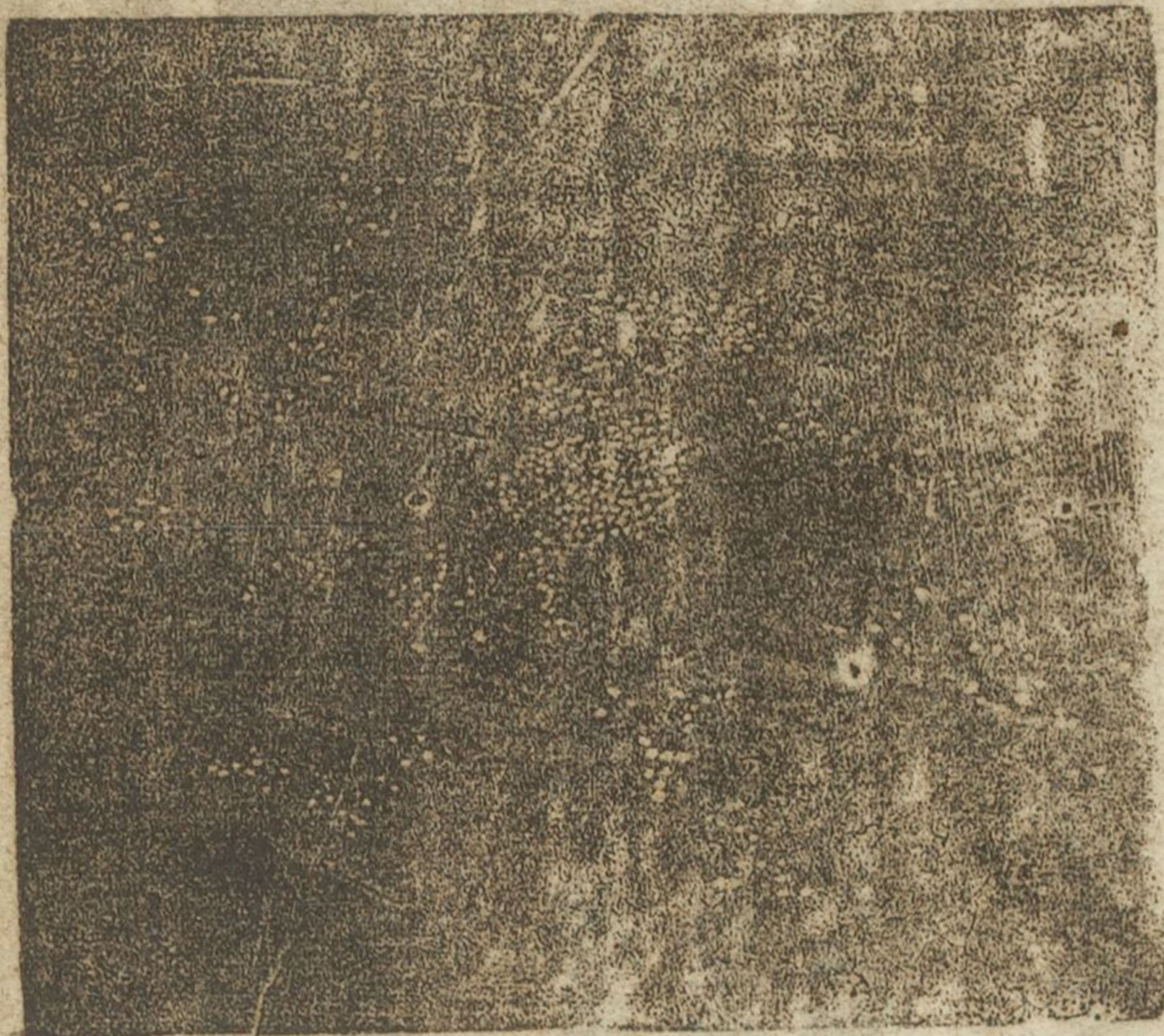
看見者無多以力小之遠鏡窺測能分為極多細星者有之亦有力小之鏡不能分為星用力大之鏡始分者更有以力極大之遠鏡猶不能分為星者其不難分析為星者即謂之星林內列之諸星極密以力小之遠鏡不能分以力大之遠鏡能判為眾星並以力大之遠鏡猶不能分割為星者皆名之為

星氣

二百三十二節 屬此等之星可分為三類一曰星

林即無勞多力可判為眾星者二曰可判分之星氣即以力大之遠鏡可判分為無數星者三曰不可判分之星氣即以力大之遠鏡猶不能判分為無數星之星氣如以可分光為七色象之光圖鏡窺看此星氣即知此種星氣按其本體質而論與星不同與星林亦不同似有絕不能為多合星亦不能為星林之

希耳 古利 斯星 座內 之星 林式 即在 織女 貫索 中間





第 四 十 五 圖  
 阿 利 安 星 座 內 之 大 星 氣 式 卽 在 參 宿 池 南 處



式

二百三十三節 我儕所見者，不惟如是之將  
 雲片星氣能剖辨為多星叢處，亦  
 見有仿如雲片之星氣，片片布列，  
 實非為若許星叢集成者。外此復  
 有一類星，詳細測之，見其在外籠  
 罩者，有一層霧。我儕亦確知其真  
 為星屬此類者，可謂之雲星。  
 二百三十四節 凡星林星氣，亦有可分之理，  
 卽視其形狀不相同分之也。蓋其  
 形式有幾於圓者，有雜亂無章者，  
 如四十四圖、四十五圖，皆為不成  
 章之星林星氣式也。

第八課論恆星星氣實為何體之物

二百三十五節 恆星為至遠之日，上文已講論矣，諸生果真以其皆與日同，分毫無差也，但勿作如是觀也，屬於

恆星內之星，與日不同處，實有確據者，亦不乏，極明之恆星中有數星，就其氣套而論，不似日之氣套

氣體較多，前卷二百四節所言日氣套內之各原物，恆星不能有如許多也，其不甚明之眾恆星內有

似氣套與日之氣質不同者，其帶紅色之星，視之更如是，誠可使余等遙想其星之熱，不及我等日之

熱大耳。

二百三十六節 星氣與星望之雖若不同，然其氣要可輻輳凝結成星，審此豈非極親密連屬之理乎？近有人度

恆星以其為星氣內各氣品連合凝聚而成者，且度其星氣各品當凝合為星時，外繞之各行星亦同

隨而成，其星氣或為至明至熱無量大之雲片，或為無數石塊互相沖擊，俾其得有發光成為照光之

雲片式，不敢確指其果屬何類，據理憑情而論，石擊發光之說為近是也。

二百三十七節 上文於星氣及恆星並星互相連屬氣變為星之理，已略為講論，茲復詳細言之，邇來有天文家

謂星氣乃由疏稀大片漸向小縮，以縱橫毫無紀律之形，漸變而為有條有理之式，歷日愈久，體愈縮

小，形愈變圓，如是者久之，遂成為雲星之式，至此時，其光熱亦由漸增大，於其赤道外，四圍留有數光

圖，此光圖於星體外顯露，彷彿土星外之光圖然。詳見一百七十節其光圖經時既久，與星體由漸折離，遂析

爲段落亦由漸成爲圓形之氣球，究而竟之，亦可凝合爲一行星，其中間之星心愈熱，體積愈加稠密，熱度稠密度隨時增長，至終體必凝聚，至縮率愈少時，可成如余等日之光球，將光與熱照於周圍環繞彼行之行星，使在行星面居住者，有飛潛動植之各種活物，至是已成爲四圍行星之日矣，凡發光照曜，先爲極明之光球，後將易爲暗光球形，白光或將變而爲紅光，紅光或終將歸於消滅，無光此後時不能免之大結局，諸生牢記勿忘，其照光照熱之體，必有沒滅時也，無論地上之煤火炭火，與在天發光之諸星，均屬明極必繼以暗，其理殆相同耳。

夫文啟蒙卷五終

夫文啟蒙卷五終

天文啟蒙卷六

定日月星方位之法並測知其方位之諸用

第一課略述前卷引起造星圖法

二百三 於是別更一說以擴充夫天文啟蒙之論上數卷曾言及地與月與行星所有之各真移動並因  
二十八節 於是別更一說以擴充夫天文啟蒙之論上數卷曾言及地與月與行星所有之各真移動並因  
地真動反生出日月星之諸視動矣且於前卷亦論至日與星與行星及星氣各爲何等物如是測之  
業得知地在日月星中實爲何等物與日月星有何異同地爲涼球如何環繞乎熱球其熱球由漸而  
微涼行星恆星均依其勢論或爲星氣由漸而縮聚愈漸縮聚愈漸增熱諸般講論不已略備乎

二百三 當夫論列天之諸恆星也謂其如何列爲星位經天文家目爲星座依次加予以呼稱號目白晝  
十九節 當夫論列天之諸恆星也謂其如何列爲星位經天文家目爲星座依次加予以呼稱號目白晝  
日麗於天夜間有月有行星循其部位毫無紊亂行於衆恆星中

二百四 於茲時也欲與諸生將上天布列之恆星專以爲有方位可測量者觀均歸入星圖中且余欲先  
十節 於茲時也欲與諸生將上天布列之恆星專以爲有方位可測量者觀均歸入星圖中且余欲先  
神明定其方位之諸法並論已測得之方位於余等可有何用

二百四 諸生如心靈手敏性情精細可作一衆星方位圖惟天文家測星方位用之圖總要詳細緻無  
十一節 諸生如心靈手敏性情精細可作一衆星方位圖惟天文家測星方位用之圖總要詳細緻無  
誤草率者不能適用設於圖中止言某星在某星之左在某星之右在某星之上下此等言詞皆不爲  
圓滿充足必設他法詳記各星方位以便引證

第二課論星於南北極距度

二百四十二節 試權將地球赤道南北二極向外漲大之，且假為漲至有恆星處，地球儼同一空燈籠，而於地球中心亦仿若有火燃起，將地球外殼亦如燈籠罩，照影於穹蒼面際，恆星所布列於空天處，如是形容懸揣之，而地球南北極影，即成空天儀之南北極，地球中帶之影，乃成空天儀之赤道矣。由赤道向南極向北極丈量之，去南北二極各分為九十度，於空天儀處各星得之數，即謂之距南極若干度，距北極若干度。

二百四十三節 由是推之，可知恰在北極處有星無星矣，或其處無星可驗視在天空去北極最近者，有何星可藉觀，亦可得知，蓋不問其有星無星，不動處即北極處也，可復於橘球之南北二極點串貫一針，使橘球旋轉，貫橘之針指向處，依舊無移，此處即無距極度點，於此設以式如渾天儀帶有多環之遠鏡窺看，且各環俱刻有度數，即可覓出此一處矣，自此一處為始，將遠鏡漸向遠移，至十度遠之界，即可測定距極十度之恆星，此事果甚難乎，遠鏡有以十度為界之小銅環，凡環均判為三百六十度，見一百節嗣後，可用以二十度為界之銅環，以測定距極二十度之恆星，即此類推，遠而移至距極三十度，距極四十度，馴而直至距極九十度，則為赤道界矣，適在南北二極中間之區，與地球面上中帶同。

第三課論距極度不足定星之方位

二百四節 既以是法可測驗定眾恆星或距北極或距南極之度矣，由是略加思索，即知有眾多恆星可同在一距極度中也，設於北極點插一針，復於距北極同若干度為界處插數十針，亦無不可。

二百四十五節 於距極同度之星中，務應用法分別以定其各星方位，假使有紙一張於此，用墨筆點一黑點於

第四發明

四 某星

十 某點

六 方位

圖法



中欲定此黑點之方位，當以何法而行，如圖以甲乙丙丁為一張紙，插一針於戊點，如何定其方位，法可將甲丁邊平分為十等分，其甲乙邊亦可如是平分之作，戊己戊庚連線，然戊點距甲乙線之度，若以十分之甲丁線為尺論定之，即為四分五，以甲乙線為準論之，去甲丁線應有二分五，即紙之二邊線率為格局，立可定戊點之方位，設君有友人欲君用甲乙線之六分點為豎界，甲丁線之七分點為橫界，從甲丁線七分點為辛點起，畫一線至壬點止，復從甲乙線六分點為癸點起，畫一線至

子點止，則二線相交之丑點，即君友令君畫一黑點之處所。

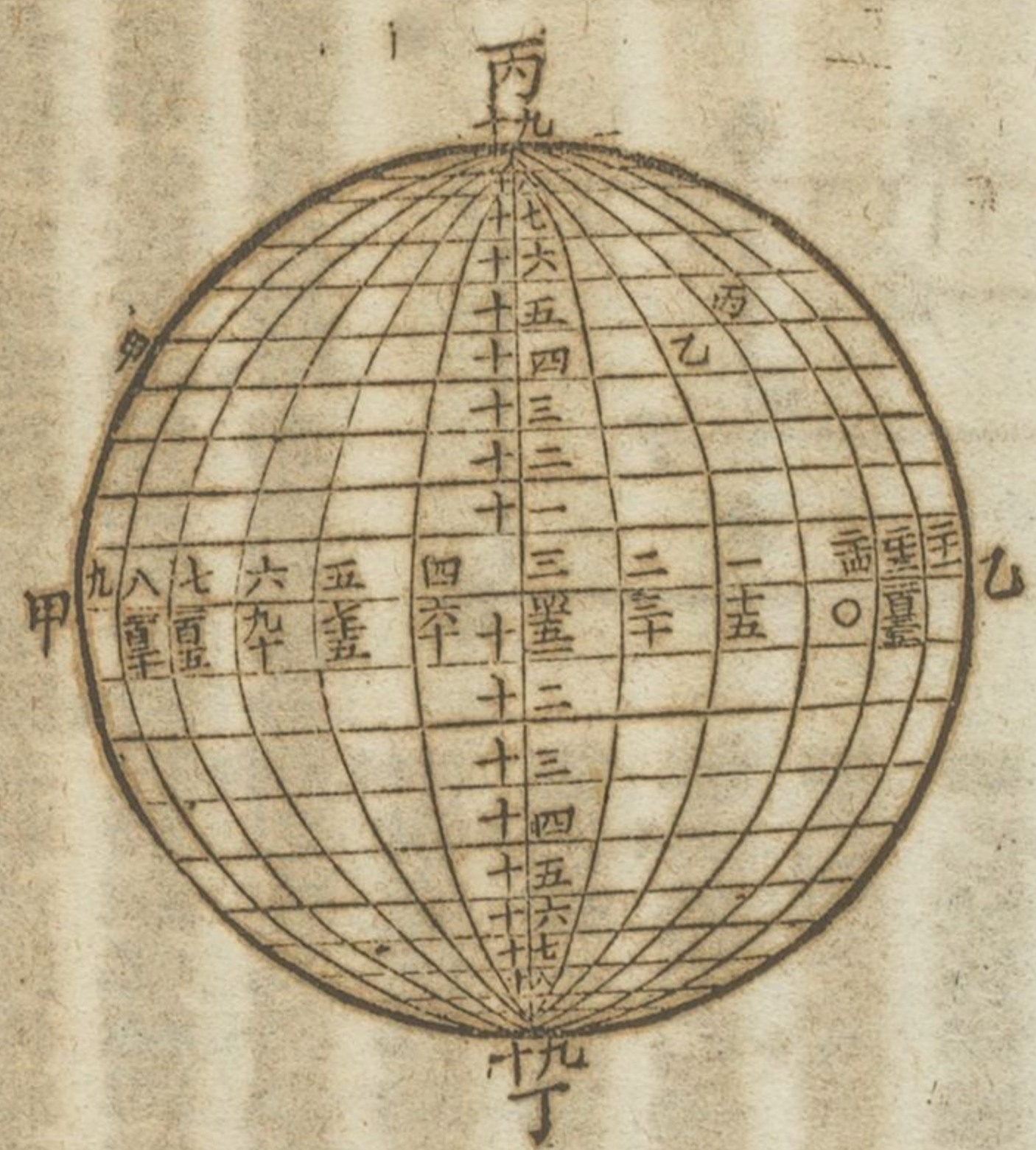
二百四十六節 諸生於戊點定方位之事，務宜留心，祇云去甲乙線四分半，猶有未足，何以言其未足乎，即以去甲乙線有如是之分數，亦可有一行點，與甲乙線一式之相距離，設云戊點距甲乙線二分半，此語亦

覺有不足，豈不能有多點，或插多針，使其去甲丁線亦一式之遠乎，故宜改設他法，以統括橫豎二說之論也。

二百四節試復申明一層，諸生亦應留心揣度，於紙上既有以直角相交之二線，一橫一豎，各分尺寸為可用之度，或插以針，或加以點，則無不可詳切誌其方位無誤。

二百四節測定恆星之部位亦如是，前課不業解明距極度，可揆測諸恆星距南北極有若干度乎，亦即言其恆星距赤道若干度也，赤道北之各恆星距北極有若干度，於九十度內除去所得之數，即星距赤道之若干度數，余已繪有四十七圖列於下，詳畫有赤道、南極、北極，並南極、北極中間若許線，每線互距離約十度，至此誌星方位之緯度解論已畢，下可論經度方位。

第四道赤經七十度式圖



第四課論赤道經度

二百四節即上所論者觀之，可知欲全備誌定恆星方位，必宜有與橫線成直角之豎線加乎其上的，茲可復取橋至於中帶處插



無數針成一周，以爲赤道，卽四十七圖之甲乙線也。更應於圖之丙丁線，上插無數針，成爲一周豎線，其線必經過南北二極，亦必與赤道相交，在彼此二面相對處。

二百五 十節 諸生細加斟酌，卽知赤道不能在兩處，插於其處之針，亦不能在兩處，惟在南北二極中間之區，故欲作豎線，無論偏左偏右，何處畫之，均無不可。試懸想虛擬，以無數豎線，均與赤道相交成直角，在彼此二面相抵足處，亦皆經過南北二極點，成爲赤道之經線，而繪此線時，相去之度數，不論一度十度，十五度，隨意繪之，卽可設虛擬一按十五度繪之空天儀，每二十四點鐘頃，於地外迴旋一周，其每點鐘之時刻內，必有屬此類之一經線，經歷天頂，此何故哉？卽緣以十五與二十四相乘，卽三百六十度也。

二百五 十一節 於天空面上，列如許經線，當自何條爲始，亦應查考。諸生試思之，凡緯線既皆以赤道爲始，而經線果以何條線爲始，方便有人云：據我之見，可於極明之星起，余云：猶不若以春分點爲始之妙也。赤道恰在黃道面，卽於此春分點，而秋分亦同於春分之赤道，恰在黃道面。天文家取春分點，日躔降婁星座之初度，以爲經度之始。

二百五 十二節 經度由起之原線，既定其位次，可卽天文家撥準其所用之鐘，天文家之鐘面，分二十四點鐘形容天之左旋，使恆星繞地球一周，恰應鐘面針，挨次行二十四點鐘頃，是線可名爲春分原經線。剛至正南時，於鐘面

針定為無時無刻無分無秒，即時針分針秒針皆指正午時也。亦應視準各恆星經歷正午線，其鐘針所指為若干時刻分秒，詳細紀錄。各恆星無論在若干距極度，必須經過此線。過此線時，倘鐘行動有準，必知其星距春分點之遠近，以時刻論之為若干時刻分秒。如畢宿大星距春分點四點鐘二十八分，著此書之年角宿大星距春分十三點鐘十八分，其他各恆星亦均可如是測定其距春分點之時刻也。設有人欲用度分秒不用時刻分秒，可時變為度，其理乃一。每一點鐘可寫十五度，每半點鐘可寫七度三十分，每四分可寫一度，他數仿此。是即各星赤道經度之說。

第五課復總述以經緯線定星部位法

二百五十三節 諸生於上文所論者，果明曉透澈，即知定各星方位之法有二：一以緯度論之，測某星距南北極有若干度，從九十度中除之，並可知距赤道若干度，是即赤道緯度。一以經度論之，從春分點計起，某星距離有若干時刻分秒，謂之赤道經度。

二百五十四節 於各恆星既已測知其距赤道經度緯度之各方位矣，即其理引伸推廣之，不惟可定恆星，即日行星之經歷乎天，參於眾恆星間，後此所行，無論為何日何時何分何秒，亦可先為測知其於赤道經度緯度為何方位。

二百五十五節 天文於人世間，有極大裨益，於此事即可看出。人賴之能繪出地圖海圖，無論身為客旅，行於四

無人聲之曠野，或船行海面，放至大洋，極之數十日，中望海濱不能見之遠，亦可測知恰在何方位。

### 第六課論地球面各地緯度

二百五十六節 設有人來詢曰：某村鎮在何處，勞君指教。余等必如是云：去此有若干里，在某方向，由何路可去。在我房之西南東北，卽是其所。因其村鎮去此不遠，猶可如是之對答。設其地去此極遙，以我之房爲準，不便定各處部位，以他處爲準，亦不便定，則不能均照此律對答矣。必應別設一法也。假使地屬平面，可藉二百四十六節之法測定之。然地面非平，不能拘泥此一說。應由赤道計起，或向南，或向北，測其地距赤道有若干度，可向地球儀面視之，豈非繪出有若干距離，互相等之圓線，俱在南北二極之間乎？名之曰南緯線，北緯線。

二百五十七節 恆星之方位，業經測定，均屬依地球之南北極，並其旋轉率爲準，則而繪出有圖。諸生於是用心細揣，卽可悟其大半。倘諸生立於北極點，按圖爲無距極度之星，必在於頭頂緣。此舉目仰視，果有屬於無距極度之星，在頭頂不動，卽知爾所立之地爲北極。譬猶按圖表列爲距極九十度之星，惟在赤道立，方能見其經過天頂。設諸生出外南行，見其星過天頂，卽確知己身在赤道上矣。

二百五十八節 如是推之，是赤道之南北各處，欲測定其距赤道若干度，卽當於各星中，測量其何星恰經過我之天頂，過我天頂星距赤道若干度，果已確知，卽我立足處去赤道之若干度。諸生恆見之地球圖面，

有赤道線，並與赤道平行之各緯線，大抵即屬此意。於圖中繪某處方位之先，必已有天文家測定某處有何星過天頂，得知某處緯度，無論何國繪圖，均屬一理。如英國敦倫，何以知其去赤道五十一度半，即由緯度五十一度半之得拉哥星座內，有以第三字母為號之一星，由倫敦天頂經過，即天楛內之一星也。

二百五節 地球面距離赤道之度，即謂之某處緯度，且分為南緯度、北緯度。

二百六節 有人欲測知某處緯度若干，亦別有一法，驗視北極天皇大帝出地若干度，即知正與測知地為

十節 圓球用之法一式，於地球赤道測看之人，見天皇大帝正在天邊，無出地度，設於其處啟行，向北行二百有五里半，天皇大帝出地恰一度，於是直向北行，無所間斷，每行二百餘里，見天皇大帝即高升一度，漸升漸高，人至九十度處，星已到天頂矣，由是觀之，余等無論於何地何時，測量天皇大帝出地高度，即可知余等在何緯度，亦可將余等所在地球儀之何處，或地圖何處，定準其方位。

二百六節 余等假北極有星之言而言之，是欲於向諸生講此理時，便於出口也。其實無星在北極處，我等於地面觀天，呼為北極星之星，實距北極點猶有一度半遠，測驗北極星處之緯度，亦不能過鑿緣。其星有時偏上，有時偏下，有時偏左，有時偏右，須隨時加減，方能得其準數。

二百六節 至論及數處緯度相同之理，正如上二百四十四節所言，橢圓面同若干緯度處，插有若干針，其去

北極點皆爲同一遠近之距極度矣。前言天空布列之恆星同在一距南北極之度者，亦正不少。至此並可知地上布列之各城，距地球之南北極同在一緯度者，爲不乏耳。如中華之北京城，意大利國之拿波利城，美國紐約耳城，俱於同一北緯度中，差無幾。

### 第七課論地球面各地經度

二百六節 於地球面各地緯度，業有法測知，但止論緯度，可以測南北，不足以定東西，欲定東西，須有經度，亦應有測得經度之法。如測量恆星列天之經度，以春分點爲各經線之原線同然。

二百六節 泰西地理家欲定各地經度，皆遵依天文家所用之法，虛擬一線，與中帶相交於對足處之兩點，成爲直角，其線亦必經過南北二極點。伊等紀錄某處經度，卽以此線爲始。

二百六節 設有人問此經線當繪於何處，先由何地入手，可告以非緊要大事，無論何處，皆可用之。今時各

國均以其本國都城經度線爲始，於其本京都之觀星臺中，選一觀星經歷午線用甚應手之器，其器之當中處，有細如蜘蛛絲之一豎線，以此線爲準，向東向西量度最便。如英國倫敦東南，有革利尼知地，其地有觀星臺，臺中安置之子午儀，經過其子午儀當中之子午線，卽英國列各處經度之始。依此法例推，美國由華盛頓觀星臺，法國由巴黎斯觀星臺，中國由北京觀星臺矣。

二百六節 諸生如問伊等既有原線，其測定經度之法是如何，余將答曰：宜視所差之時刻，以定某處之偏

東偏西，即以英國而論，欲知地球面某處，去革利尼知之東西若干度，所用之法，正如測定某星，由春分點計起，偏東偏西若干經度，同一之以時刻為準。

二百六節 欲尋出證據，可復用橋與串針，設以許多針，插於經歷南北二極點與革利尼知之線，每一針假為一仰測天星之人，俱手執一依革利尼知時刻撥準之表，並藉一針作為革利尼知處之觀星人，且以燈或燭權為某恆星，使橋自西向東旋轉，如第九圖形容地球盤旋式，即見其同插一線之若許針，同時同刻盤旋於串針與燈燭之間，其每一針不藉為一觀星人乎。凡各手執表者，見某恆星於子午線經過，均同時同刻。

二百六節 由是而知，凡革利尼知之正南正北，無論其為遠為近，時刻與革利尼知相同，即同一經度之謂也。

二百六節 設將插於革利尼知處之針取出，移插於眾針同線之西，橋自西而東轉動時，此一針必俟他針同過後，方可至燈燭與串針之間，此即單針與眾針經過燈燭之時刻有差也。因在其線觀恆星者，手執之表，均有革利尼知處時刻之故，假如始於革利尼知正南正北之眾針時刻，已至未初，其偏西之針，必尚未至經歷燈與串針之間，後至西偏之針，經歷燈與串針間，而革利尼知處之鐘，已為未初後之某時分，作為未正矣。然其東西差者甫一點鐘，倘偏西處插之針，權作革利尼知，而前此與革利尼

知同一線之各針，必俱偏革利尼知之東矣。

二百七 則且仍假燈燭爲日，日常以時刻送與各地，日在某地至正南午線，卽爲某地之十二點鐘，設余於此有本地時刻，復有英國革利尼知之時刻，據以爲準，卽知我所履之地，在革利尼知之或東或西，將其二鐘表差之時刻，變爲度數，或加或減，余卽知其處在革利尼知之東西若干度數，譬如我所在之處，時刻爲已正之十點鐘，視以革利尼知時刻爲準之鐘，已至十二點，卽知其處乃在西，俟地球復旋一時之久，我處始見日至正午，如所駐足之地，爲未正之二點鐘時刻，其革利尼知鐘之時刻爲十二點，卽知我在處乃偏東，於一時前之地旋，我已由日之正午線下經過，蓋鐘表時刻如差六時之久，其地必差百有八十度，鐘表時刻差六點鐘，其地無論偏東偏西，必差九十度，鐘表時刻如差三點鐘，其地之偏東偏西，必差四十五度矣，餘可類推，地面經線之偏東偏西，以度數分，以時刻分，均屬一理，地球一周，分三百六十度，固可分二十四點鐘，亦可每一點鐘，頃映照地面十五度，故陳列各地經度時，云偏東若干度，偏西若干度，俱可，英國卽以革利尼知偏東西言之，要之，如偏東十五度，平時不輕云偏西差二十三點鐘，止云偏東差一點鐘。

二百七 大抵地面各處，欲測知革利尼知爲若干時刻，有礙難處，歷來曾用有多方，於預定時刻，或放火箭噴箭，或燃烽烟以爲號，然其法可於相距不遠之兩地用之，遠則其號不能通到，有人向遠方游行

欲測己身至處爲何經度，緣帶有時刻同一有準之度時表，其表之作法精細，可冀日久時刻不差。見某處之日麗正南，二處時刻對較，卽知爲偏東偏西若干度。茲時復有一法，各地用電報通信，已將電線安置海底，來往互報時刻甚易。英美二國相隔萬有餘里，設用是法，頃刻之間，英卽知美何時刻，美卽知英何時刻，法甚便當容易。船行海面所用者，卽依革利尼知時刻所撥準之度時表，但只一件，其度時表無論若何精美，歷日既久，亦不能無差。

二百七十二節 行星中所望見者，亦有能令我儕藉以預測定時刻之數事。且以其去地甚遠，並能令地球面人在相距甚遙處居者，同時望見。如木星外之小月，有月食，有被木星掩，有過木星面，更有我儕月之晦朔弦望，均屬有人預爲測定，明顯列於船所帶之測日月星時刻通書。設於革利尼知未初時刻，木星小月有月食，在海面之某船，見木星月食在未正，革利尼知之時刻，與某船之時刻，卽差一點鐘，卽知其地在革利尼知東十五度。設其船見木星月食在正午，卽知其處在革利尼知西十五度矣。



天文啟蒙卷七

日月星依次運行可預推有準之故

第一課論重

二百七 前卷所論恆星之所以有益於世人者，卽因其行動有準，使人能豫爲推定某星於後，此何時日，必行在何方，設星之行動或疾或徐，不能循序，我等地之行動不能照常，所經歷時刻不準，卽不能有預前推定之益。天文啟蒙書至此將畢，余欲將其理略語諸生，俾諸生明曉天文家能預算諸星之行動遲速有準，果由何故。

二百七 時至今日，可略推論夫天文之屬於重學類者，日月星辰麗乎天，運行之理，上古人皆以地爲甯靜不動，日月星繞行其外，至後知其理道不過去矣，遂易爲地有動，日月星俱有動之說。他人聞地有動轉，致肇不能遏止之疑問，有人向天文家問云：諸行星因何旋動？曾有人答云：金水火木土五星俱如水溜波瀾迴旋式繞行日外，嗣後有人益殫心力，查得行星繞日，小月繞行星，均用橢圓與平圓差無幾之軌道式，日恆居衆行星所行橢圓軌道之旁心，奈端將衆行星均依橢圓形道，行動繞日之故，查出言明衆行星運行均按重學之理，余試略述與諸生聽之。

二百七 凡球向空拋去，後復落於地面，必諸生習見事也，其緣何落地面之理，諸生曾詢之於人否？諸生

殆未嘗詢人，亦未嘗詢己，余今可詢之諸生，其物果緣何故復落於地，諸生大率如是答之，物之斤兩重，故落於地，第以此等語對答，恐亦有未盡處，如詢以物為何有重，余將答以吸鐵石能攝鐵，眾所知也，萬物之互攝，與此理同，均如是之，此物攝彼物，彼體攝此體，其彼此相攝之力，不能甚顯者，卽因地球體大，內之品類各物，縱極多極大，亦屬各石彼此相攝，殊不及地球之攝力大，地球攝力較物大萬倍，物之攝力，卽不能顯矣。

二百七十六節 凡言物輕重若干，意卽云地球攝其物之力若干，地球有攝取萬物力，故使各物向己身落。

二百七十七節 凡物攝物之力，均視乎體積大小若干，援以爲率，譬猶地球體向外漲大，加至一倍，其體內各質仍同，必用加倍力攝其面上之各物，茲時五斤重物，必重及十斤，三十斤重物，必重六十斤，余等兩股所擔荷者，仿如己身斤兩之外，又有一人欲我背負一升水，茲時重非一斤乎，英國升一升水約一至

彼時必等於重及二斤之物矣。

二百七十八節 各星各物體積若干，全質輕重若干之語，於上一百三十五節業經言之，仿如有鉛一升，較水一升，鉛內之質物多，體積必大於水，此言物之體積若干，卽物之輕重若干也，余等在此地時，可如是議論，設將地上之一斤重物，移至木星中，卽足二斤重，而其物內之體積毫無加增，此卽各物隨處被各攝力所感者，各有不同，論輕重時，不能不選一隨處遷移可常一有同用之法，詳觀下文卽知。

二百七 假使地球果大加一倍，用天平衡各物，此盤中一斤物，與彼盤中一斤物，相稱高下無差時，其斤兩已各加一倍矣，故余等必宜尋有他法，俟攝力更變時，可有標準。

二百八 設以鐘表法條調動形容之，亦無不可，蓋其法條無關於地心攝力，但不能十分適用，可別尋一更妙之法，余等可詳測物由空中向地落，於某時刻分秒中，落下有若干高下遠，以定其率，則且以一秒論之，以觀其物於一秒中，落下有若干遠，夫物果緣何下落不同乎，卽以其所在星面之攝力也，攝力愈大，落必愈速，凡於地面外之物，由空下落，無風氣阻遏時，一秒頃可落下丈有六尺，其速漸漲，大至此可有一秒頃落下三丈二尺之速，設於第一秒既畢時，地心攝力忽然停止，物用自有之速，可於第二秒中下落三丈二尺，設慮風氣阻力不易除去，礙難測定，可以極長之管，以法去其內藏之風氣，西人曾以是法得其三丈二尺之數。

二百八 地面上之攝力，可以三十二爲率，木星面之攝力，較地球大加二倍有半，二倍半卽七十八，以之爲率，卽於一秒頃，若無阻力，能下落七丈八尺。

### 第二課論物離愈遠攝力愈小

二百八 地面上各物，斤兩有輕有重，卽緣地施出攝其物之能力，上課業經略言，於今復將其攝力深一十二節，層論之，各物離地，遠近既有不同，地加於其物之攝力，亦小大不等。

二百八十三節 諸生不曾見吸鐵石能吸鐵乎。鐵塊離吸鐵石愈近，吸鐵石之攝力愈大也。設將鐵針安放几面，

手執一能吸鐵之鋼片，西國常以法使吸鐵石之吸力歸於鋼片以鋼片代吸鐵石用鋼片如離針數寸，鋼片之攝力不足，几面阻力，

較大於鋼片攝力，其針必安然於几面，不稍移動其部位。如將鋼片向下移動，使與針漸近，其攝力即

由漸加大，及勝於几面阻力，針即奔就鋼片矣。

二百八十四節 地攝各物之理，亦如是也。物去地面愈遠，地之攝力愈少。奈端曾經測得，物去地遠加一倍，地攝

力減至二分一內之二分一，即四分之三。物去地遠加三倍，地攝力減為三分一內之三分一，即減至

九分之一也。由此類推，倘物去地遠加八倍，地所原有攝物之力，減為僅有六十四分之一矣。

### 第三課以地之攝力解月繞地行於白道之理

二百八十五節 上課云，物距地遠加一倍，地攝力減至四分之三。遠加三倍，減至九分之一。奈端欲解地攝各物

之理，恆以月行著明之。夫月繞地球行動，固為余等所已測知矣。其所以如是繞行之故，尚未察得講

明。余等茲時，如聞月行幾似平圓之白道，為地攝使然之語，可不驚異矣。測乎其式，殆如童子戲耍，以

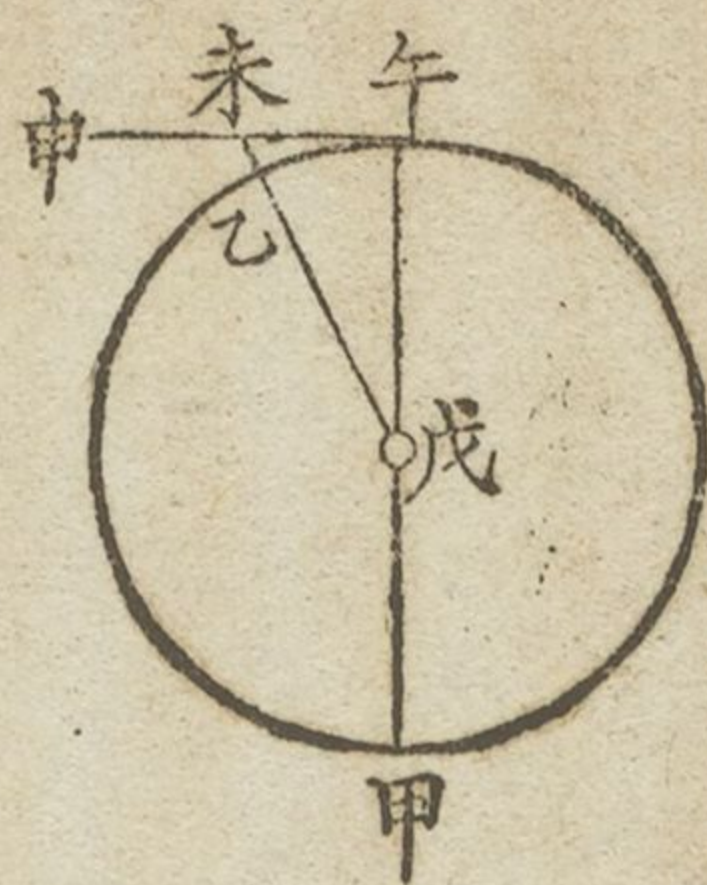
繩之一端繫石，一端手握，使其於空中繞旋，緣繩力將石牽扯，不能離人遠颺。地球吸月，亦如是之。因

地攝力牽引，不能遠去。倘其繩忽爾出手，石即向空由直方向飛去。設使地攝月之力偶斷，月亦必離

開，不如是之繞地球行也。

二百八十六節 如圖戊為地球，月繞地行之白道為午乙甲，則試假月在午，設地攝月之力忽止，其月必行於午

第四十四圖 月向地球落式



未申直線上，是即其停止時之方向，於第一秒中可權為月行至未，其實月行在乙點，不在未處，即此可知地攝力能由未處將月攝至乙點矣。白道之遠近大小，余等固已知，以算法推測之，其未線至乙點，即英國尺十八分寸之一分，是即地於一秒中攝月之遠近數也。

二百八十七節 我儕試觀之，月行之事，與奈端測之理相合與否，設使有物距地同於月去地之一式遠，為地所攝，一秒之頃，應向地落下若干路，月距地球七十二萬里，地面距地心一萬二千里，地之攝力可為齊聚於地心點，七十二萬中有六十個一萬二千，即可得知月距地心較地面距地心多至六十倍矣，相差既有是數，其攝力在地面較在月面應大及六十個六十，即所謂三千六百倍也。地面攝力能使物於一秒中下落一丈六尺，假使物距地心至月距地同遠之處，以一丈六尺析而為三千六百分一，一秒之頃，止能下落三千六百分之一，即為英國尺十八分寸之一，此即地攝力當有之數，亦即天文家測月行白道所得之數也。如圖中未乙線之長

第四課論萬物互相加之攝力

二百八節 奈端以此法測得令石落於地面之攝力同於令月繞於地球外之攝力所測得者猶不止此復申明地與他行星繞日亦如是之因日攝力加乎其上不離本道然亦不止於是並至遠之恆星亦屬此攝力所牽制昔時人觀日月星霄是亂行無章至奈端業經測明前之視爲無章者非真紊亂無序也均屬有條有理各按次第且俱可預測其行動時刻緣此彼能令吾等世間人民舉頌揚讚美造化主所賜與天地萬物之美備我儕仰觀俯察見其相合相映彼此互相維繫實足使我等能知萬古所未知者外此更能令世間人民藉日月星之行動作出若許大有益於人間之事也



