

百 科 小 叢 書

日 球 與 月 球

李 蕃 著

王 雲 五 主 編

商 務 印 書 館 發 行

日球與月球

目錄

第一章

月球

第一節

月球與地球之距離

一

第二節

月球之半徑面積及體積

四

第三節

月球之運動

四

第四節

月面朔望盈虧之理

八

第五節

恆星月與朔望月

一〇

第六節

月球每日過子午線時間之差異

一二

第七節

月球之質量

一二

第八節	月球之密度及其吸力·····	一三
-----	----------------	----

第九節	月面之空氣問題·····	一五
-----	--------------	----

第十節	月光·····	一六
-----	---------	----

第十一節	月面之溫度·····	一七
------	------------	----

第十二節	月面之形狀·····	一八
------	------------	----

第二章	日球·····	二四
-----	---------	----

第一節	日球與地球之距離·····	二四
-----	---------------	----

第二節	日球之直徑面積及體積·····	二六
-----	-----------------	----

第三節	日球之質量密度及引力·····	二六
-----	-----------------	----

第四節	日球之運動·····	二八
-----	------------	----

第五節	日熱及其原始·····	三一
第六節	日光·····	三九
第七節	日面之組織·····	四三
第八節	日中黑子·····	五一
第九節	日面諸現象之關係·····	五八
第三章	日球月球與地球之關係·····	六〇
第一節	潮汐·····	六〇
第二節	日月蝕·····	六八
附錄	參考書目·····	七八

日球與月球

第一章 月球

天空諸曜，居地球上視之，其最足以動人心目者，日球而外，厥惟月球。關於月球之研究，往昔希臘學者早已注意，奈當時科學之知識極為幼稚，月球與地球之距離及其軌道之形狀，皆不得而知，故月球之研究，亦無從着手。迨後數學物理學之知識進步，此種自然現象，始能明瞭焉。

第一節 月球與地球之距離

月球與地球之距離，昔日之天文學家，視爲至難解決之問題。及天文幾何學發明後，則解決此問題者，直易如反掌耳。降及今日，計算之方法良多，其最淺近者爲地平視差法，今請述之於次：

設在第一圖中，O 爲地心，A 及 B 爲在地面同經度上之兩點。在 A B 二處，各垂一鉛直線 (plumb line)，則二鉛直線之延長線，相交於地心。A O 與 B O 爲地球之半徑，以 r 代之。同時在 A B 二處，測得此二鉛直線與月球 M 所交之角爲 θ 及 θ' 。連接 A B, A M, B M, O M 諸直線，依三角定律，得：

$$\frac{AB}{\sin \alpha} = \frac{r}{\sin \beta}$$

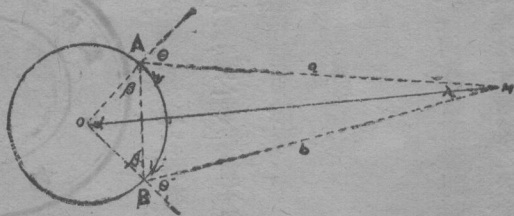
$$AB = \frac{r \sin \alpha}{\sin \beta}$$

因 A B 弧之距離爲已知，故 α 亦爲已知。於是：

$$\beta = \beta' = \frac{\pi - \alpha}{2}$$

$$\Psi = \pi - (\theta + \beta)$$

$$\Psi' = \pi - (\theta' + \beta')$$



$$\lambda = \pi - (\Psi + \Psi')$$

在三角形 ABM 中， AB 直線， Ψ 、 Ψ' 及 λ 諸角，皆爲已知，而

$$\frac{a}{\sin \Psi'} = \frac{AB}{\sin \lambda}$$

故

$$a = \frac{AB \sin \Psi'}{\sin \lambda}$$

又

$$\angle OAM = \beta + \Psi = \pi - \theta$$

故再依三角定律，得：

$$OM = \sqrt{r^2 + a^2 - 2ra \cos \angle OAM}$$

OM 卽爲自地心至月球之距離也。迭次測得月球之地平視差，最小爲五十三分四十八秒，最大爲六十一分三十二秒，平均爲五十七分二秒。代入上式，則求得月球與地球之距離，最遠爲二五二、九七二英里，最近爲二二一、六一四英里，平均爲二三八、八四〇英里。

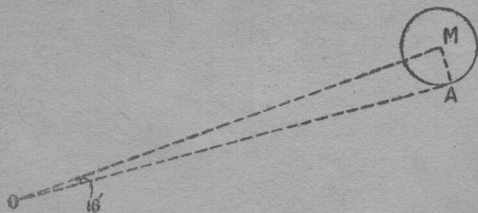
第二節 月球之半徑面積及體積

既知月球與地球之距離，則求月球之半徑，事極易易。天文學家測得月面之平均視半徑，以角度計之，爲十六分。設如第二圖，以O爲在地球上觀月球之一點，M爲月球之中心，作MA垂直於OA，於是

$$AM = OM \sin 16'$$

OM爲地球與月球之距離，解上式，得AM等於一、〇八〇英里，約爲地球半徑四分之一。依幾何學定例，球體面積之比，等於直徑之平方之比，則知地球之面積爲月球之一三・四倍。又球體體積之比，等於其直徑之立方之比，則知地球之體積爲月球之四九・三倍。

第三節 月球之運動



圖二第

月球爲地球之衛星，故繞行於地球之外，無時或已。在地球上視之，月球乃爲昇自東而落於西者；但對衆星而言，則其運行乃爲自西而東也。其運行之軌道，自古名爲白道。白道與黃道（昔人謂地球居中，日球繞地球而行，日球所行之軌道，名爲黃道；今姑移指地球繞日球所行之軌道，）有五度九分之交角，與天赤道有二十五度三十六秒之交角。白道與黃道之交點有二：當月球向東行，經黃道自南而北之點，謂之升交點（ascending node）；自北而南之點，謂之降交點（descending node）。二交點適居相對之二面，相距爲一百八十度。

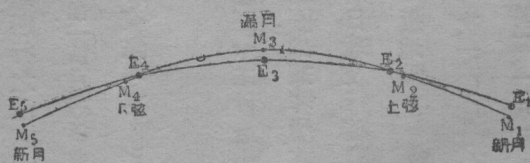
吾人居地球之上，觀月面之視徑，在一月之中，時有改變，最大爲三十三分三十二秒，最小爲二十九分三十一秒，故知月球與地球之距離有長短之不同；換言之，卽白道非正圓，地球非居其中心。據精密之計算，白道乃呈橢圓形，地球居橢圓焦點之一；其成橢圓之原因，乃爲日球及行星對之亦有吸力故也。白道距地球最遠之點，曰遠地點（apogee），其距地球最近之點，曰近地點（perigee）。

月球與地球之距離，平均既係二三八、八四〇英里，則計得白道之長爲一、五〇〇、八一八英里，以此數爲恆星月（見後）之時間所除，得月球在白道上進行，平均每小時二、二八八·八英

里，亦即每秒三、三五七英尺；由是得知月球繞行地球一週之時間，爲二十七日六小時。

白道之形爲橢圓，已如上述。但地球又公轉於日球之外，則月球勢又不能不隨地球而動，故在天體上視之，白道乃非橢圓。吾人已知月球與地球之距離，爲二三九、〇〇〇英里，其與日球與地球之距離九三、〇〇〇、〇〇〇英里相比，不過爲四百分之一耳。又地球繞日球所行之速率，較月球繞地球所行之速率，大三十倍，故月之軌道之形，呈第三圖之狀矣。設以一百英尺爲半徑之圓爲黃道，則月出入於此圓周者二十五次，而與圓周之距離不過四百分之一英寸也。

月球對向地球之半球之形狀，永無更改，故月球乏自轉運動之說，膾炙於昔人之口。然月果無自轉乎？曰，非也。月球所以常以一面向地球者，乃因月球自轉一周所需之時間，與公轉一周所需之時間，爲相等也。此可設例以明之：如以地球儀置一圓



第三圖

桌之上，人立於桌側，而地球儀循桌自西向東而行，設其人在出發點時面部向東，則行半周後，面雖仍向地球儀，而已轉向西矣。故行至一周後，面之方向，已由東而北，而西，而南，復回至面東，而旋轉一周。由是，得知人身繞桌行一周，其所向之方向亦旋轉一周。月之自轉，亦猶如是。故在地球上見月面之形，自古以來，未之或改，背地球之面，則永不能見也。

月面雖常以一面向地球；然自地球上精細觀之，則月面爲吾人所見者，常較半面爲多，此中原因，約有三端：其一，白道與黃道之交角平均爲五度九分，月球赤道與黃道之交角，約爲一度三十二分，則月球赤道與白道之平面之交角爲 $59 + 132 = 641$ 。在地球上，因地球赤道與黃道之平面相交，日光射入南北兩極，因時節而有改變；但地球亦能反射日光以至於月面，其光亦能交換射入月球兩極六度四十一分之處，於是居地球之上，得以交換見月面兩極六度四十一分。其二，白道之狀爲橢圓形，則月球在近地時行速，遠地時行緩，於緩速之間，所見自有多少，其最大之差爲七度四十五分。其三，地球半徑爲月球與地球之距離五十分之一，或六十分之一，則望月球之東西二邊，因地徑之長而增多一度。有此三因，故使月面永不能爲人所見者，僅有百分之四十一，而常能爲人所

見者，亦爲百分之四十一，其忽隱忽現，遞次爲吾人所見者，則爲百分之十八也。

月球對地球有吸潮之力，此種吸潮力，實有減少月球公轉速率之可能性，由是昔日月球公轉之速率當較現日爲速，而日後將漸形遲緩；但事實上是否如是，現仍難能證明也。

第四節 月面朔望盈虧之理

月體不能自行發光，乃反射日光以爲光。但月球乃周行於地球之外，於是其受光之面射於地球者，亦生不同，故遇朔而晦，當望而盈也。欲明其理，可藉第四圖以解釋之。設S爲日球，E爲地球，M爲月球。當月球在 M_1 ，則自地球上觀之，有如第五圖之a，其面部完全無光可見，蓋日月地三球適居於一平面之上，而月球又間於其中，月球之受光面，不能反射於地球之上，斯時爲陰曆之三十日，是曰晦日。月球行

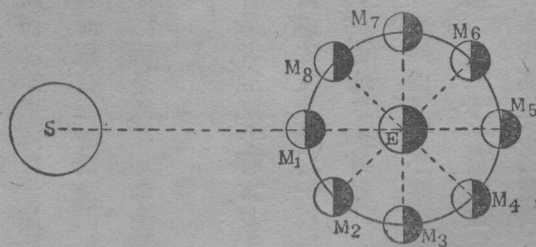


圖 四 第

其軌道八分之一至 M_2 ，則有小部分之光反射至地球，居地球之上，則得見一弓形之光如第五圖之 b 。月球行其軌道四分之一至 M_3 ，則其面地球之部，光暗各半，斯時爲上弦，如第五圖之 c ，約爲陰曆之初七八日。月球行其軌道八分之三至 M_4 ，則大部分之光面地球，如第五圖之 d 。月球行其軌道二分之一至 M_5 ，則日月地三球又居一平面之上，而地球間於二者之中，月球之受光半球，完全面地球，在地球上視之爲滿月，如第五圖之 e ，斯時爲陰曆十五日，是曰望日。自此以後，月球復向前行，則其光又漸缺。及至 M_6 ，仍以大部分之光向地球，如第五圖之 f 。及至 M_7 ，則面地球之部仍光暗各半，如第五圖之 g ，斯時約爲陰曆之二十二、二十三，是曰下弦。至 M_8 ，復以小部分之光面地球，如第五圖之 h 。月球過此，復回至 M_1 ，以其全暗之半球向地球，是曰新月（new moon）。月自 M_1 出發，復回至 M_1 ，爲對於地球公轉一周，亦即其自轉一周也。

居地球之上，視月球之盈虧，既如上述。反之，居月球之上，亦能見地球之盈虧，蓋地球亦反射日光以入於月球也。但在月球上視地球之盈虧，適與居地球上所見月球之盈虧相反。如在地球上視



圖 五 第

月，面爲滿月，則在月球上視地面爲新月；換言之，即地球之光部與月球之光部相加，必等於一常數，即一百八十度。

曆家以三六五·二五日爲一年，而朔望月（見後）爲二九·五三八八日。設以一九乘前數得六九三九·七五日；又以二三五乘後數，得六九三九·七五六八日。二數相差，僅〇·〇〇六八日，不及一句鐘；故某年某日爲望日，則十九年後是月是日，亦必爲望日，故稱月十九年一章也。

第五節 恆星月與朔望月

月球公轉一周所需之時間，約爲二十七日有奇，但月面盈虧一次，爲時二十九日半，此中相差約有二日，其相差之原因，科學家解釋之如下：

黃道爲三百六十度，地球每月行其十二分之一，即三十度。設第六圖S爲日球，E爲地球，M爲月球，當地球在E，M適居於日球與地球之間，即爲新月。及地球行二十七度餘至E'，則月球已自轉一周，但在天體上，月球僅能抵M，而不能達A（圖中EM與E'M爲平行），此時在地球上視之，方

爲二十七日有奇，須月球自M至A時，始爲新月。計月球自M至A，需時二日餘。故其盈虧一次之時間，較公轉一周之時間多二日；由是月 (month) 有二種，科學家定月球公轉於地球一周所需之時間，曰恆星月 (sidereal month)，自此朔至彼朔，或自此望至彼望，所需之時間，曰朔望月 (synodical month)。恆星月一月爲二七日七小時四三分一·五秒，亦即爲二七·三二一六六日。朔望月一月爲二九日一二小時四四分二·八秒，亦即二九·五三〇八八〇日。普通吾人所謂一月，即指朔望月而言也。

今求二種月之關係，可設以M爲恆星月，則1—M爲月球每日之移動；E爲地球繞日球行一周之時間，則1—E爲地球每日之移動；S爲朔望月，則1—S爲月球每日之移動。故得下式：

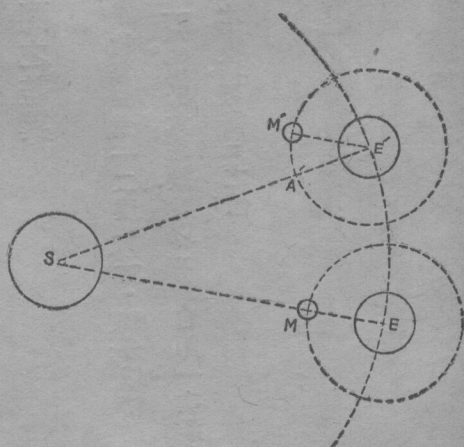


圖 六 第

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

在此式中， E 與 S 爲已知，故 M 即可求得。若求朔望月，將測二次月蝕爲當日何時，以兩次月蝕相距之月數，除其相距之日數，即可得之。

第六節 月球每日過子午線時間之差異

自地球視之，月球行動，較日球爲速，以角度計之，平均每日爲一二度一一分四分；以鐘點計之，約爲五十一分。即月球每日過子午線之時間，遲五十一分。欲計其確數，設以 x 爲自第一次過子午線及第二次過子午線其中所需之時間，則解下列之比例式，可得 x 之值：

$$(360^\circ - 12^\circ 11.4') : 360^\circ = 24 \text{ 小時} : x$$

$$x = 24 \text{ 小時 } 50.6 \text{ 分}$$

第七節 月球之質量

求月球之質量 (mass) 之方法頗多，茲將其最便利者，略爲述之。設以 E 爲地球， M 爲月球， C 爲地球與月球之公重心，以 x 代 EC ， r 代 EM ，則因地球之質量乘地心與地月之公重心之距離，等於月球之質量乘月心與地月之公重心之距離；

故得

$$x \cdot E = (r - x) M$$

已知

$$x = 2,886 \text{ 英里}$$

$$r = 23,862 \text{ 英里}$$

代入計算之，得

$$E = 81.8 M$$

即地球之質量，爲月球之質量之八十一倍餘。

第八節 月球之密度及其吸力

地球之體積，較月球之體質，大五十倍；而地球之質量，又較月球之質量，大八十一倍半。依物理

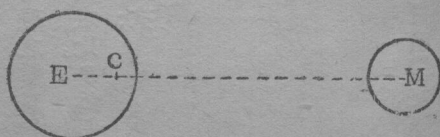


圖 七 第