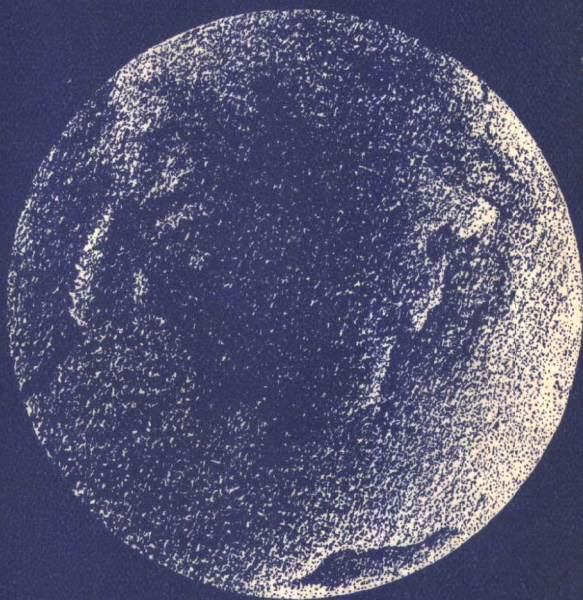


# 地球与月亮

王绶琯



科学普及出版社

486  
1021

# 地 球 与 月 亮

王 绶 琯

(江苏省科学技术普及协会供稿)

科学普及出版社

1957年·北京

## 本書提要

本書是用文艺的笔調，輕松、灵活而又生动地叙述了地球、月亮和太陽的質量以及它們相互之間的影响又用确当的比喻，說明了地球与月亮的运动情况，以及發生晝夜、季节、月食和潮汐的原因；最后借用嫦娥奔月的故事，介紹了月面上的情况。

总号：447

### 地球与月亮

---

著者：王 綬 培  
特約編輯：郭 正 誼  
出版者：科 学 普 及 出 版 社

(北京市西直門外柳條溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091号

發行者：新 華 書 店  
印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

(北京市西直門南大街乙1号)

---

开本：787×1092  $\frac{1}{32}$   
1957年2月第1版  
1957年2月第1次印刷

印張：1  
字數：13,000  
印數：15,700

統一書号：13051·14

定价：(9)1角3分

現在請大家从天文学的角度来看我們的地球与月亮。这也許是个比較陌生的角度，但我們可以保證，这也是个很有兴趣的角度。拿地球來說吧，我們虽不能用艺术家的技巧来描繪它，也不能用革命家的眼光来改造它，也不能用詩人的热情来歌頌它或拥抱它，但我們想从我們独特的角度来量它，称它，考察它的行动，調查它的年齡，詢問它的家世籍貫，甚至于还想摸透它那沉重而又熾热的內心。

从天文的角度看去，太陽附近好像开着一个运动会。以太陽系的空間当做运动場，全場的中央便是太陽，太陽照亮着整个运动場。繞着太陽的是一圈圈的跑道，九个大运动員在上面

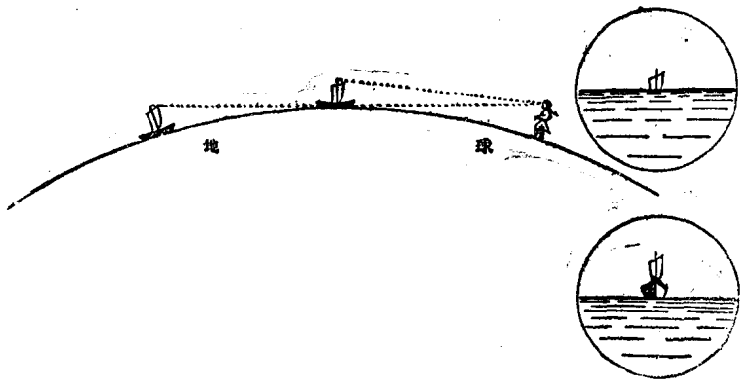


圖 1 人站在大海边看远方駛来的船，最先見到的是船桅，然后才是船的全身。駛去的船則船身先消失，然后船桅才不見。

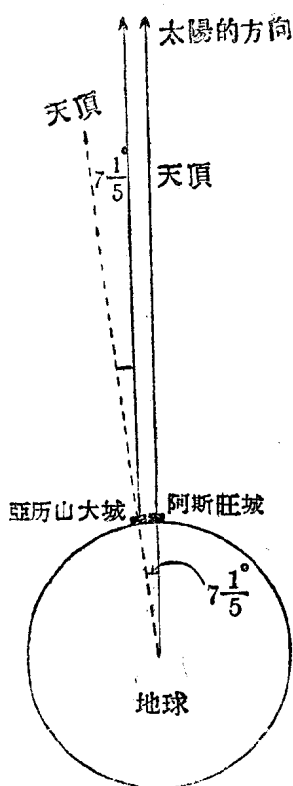


圖 2 愛拉托遜測地球周長的原理：如圖亞歷山大城到阿斯旺城間的距離測得為790公里，而這段圓弧所對的圓心角正是太陽偏的角度（ $7\frac{1}{5}$ 度）。整個圓周對的圓心角為360度，所

$$\text{以地球周長等于 } \frac{790 \times 360}{7.2} = 39,500 \text{ 公里。}$$

用惊人的速度終年不停地飛跑着，在那裏面第三條跑道上穿藍色衣服的運動員便是地球，也就是我們所要研究的對象，我們自己的老家。

大家都知道地是圓形的，因此我們把它叫作地球。要証實這是個恰當的稱呼，一個著名的辦法是去觀察船在海平面上出沒的情況，要不然的話，我們也可以等到月食的時候，去注意遮過月面的地影，那輪廓就像個圓弧。

但若有人堅決不信的話，可以請他效法麥哲倫，做一個勇敢的旅行者，去環繞地球走一周。

不過嚴格的說來，地球的形狀並不像我們所想像那麼圓，而是橢圓球狀，或叫作地橢圓體。如果我們那位勇敢的旅行者從赤道上的一個地方出發，沿着東西方向去走一周，那麼在他跋山涉水的過程中，如果沒有走一些彎路的話，他的全部旅程應該是40,000公里多一點；如果他改換個途徑，沿着南北方向走一周，那麼他所走的道路將略為短一些，是39,900多公里，這說明

地球的形狀是橢圓形的，南北方向略為扁些，而赤道地帶略微鼓起來。

幾萬公里是個很長的距離，當然不是我們的旅行者可以拿尺量出來的。但是在肯定了地球是橢圓形的以後，我們却可用間接的方法來量它。遠在公元前250年左右，住在埃及的愛拉托遜就曾經準確地量過地球的圓周長度。他發現，當太陽正在阿斯旺城天頂的時候，城北790公里的亞歷山大城中陽光卻偏南了 $7\frac{1}{2}$ 度。那時候的人們已經相信太陽的距離是很遠的，實際上這個距離遠超過地球的大小。假如地是平的話，那麼同一時候在兩個地方所看到的太陽方向應當是一樣的（比方說都在天頂），而現在這兩個地方所看到的太陽方向並不同，因此只有用地面不是平的理由來解釋。這就是說亞歷山大城的天頂應當比阿斯旺城的天頂偏北 $7\frac{1}{2}$ 度。假設地是圓的，那麼從愛拉托遜的觀測中可以推出地球的圓周是39,500公里，這和現代測量的結果相差500公里左右，而他所用的原理和現代的辦法是大同小異的。

根據蘇聯克拉索夫斯基等人測算，地球的大小是：

赤道半徑：6,378公里

南北半徑：6,357公里

表面積：510,000,000平方公里

體積：1,083,000,000,000立方公里

## 二

這樣大的地球該有多重呢？

我們的第二個步驟是來稱地球的體重。

称地球这句话事实上是不科学的，我們通常說一件东西称起来多重，实际上是說地球对这东西有着多大的吸引力。而地球是不能吸引自己的，因此說地球称起来多重是毫無意义的。

我們这里的所謂“称”地球，应当是指求它的“質量”。在物理学上，我們說一个物体的質量多少，就是說它含有多少的物質。很明显，每一个物体都有着它一定的質量，要想知道它是多重时，就得看我們把它放在什么地方去称。比如，同質量的东西在月亮上称，就要比在地球上輕二十倍。

牛頓的万有引力定律告訴我們，任何兩個物体之間都存在着互相吸引的力量，这力量的大小是和物体的質量成正比，而和物体之間距离的平方成反比。

这定律說明了大自然的一个現象。它告訴我們物体間的吸引力和物体的質量和距离間的比例关系，但并没有說出它們是怎样的相比，即比值是多少（这比值事实上只是决定于所牽涉到的物理單位）。为了明了起見，我們可以举个例子來說明，如：“付出的劳动是和所得的报酬成正比”。根据这句话，我們可以知道多做一倍的工作，就会多得一倍的报酬。但究竟一天劳动所应得的工資是多少呢？那我們就需要知道这个“正比”关系中的比值；反过來說，如果我們先知道了劳动量和所相当的工資，也可以从这里求出比值来。

万有引力定律中的比值，我們把它叫作“引力常数”。

万有引力的作用并不是一下子可以看出来的，譬如說在同一屋子里的人，每一个人都有着它一定的質量。根据上面的定律，这些人之間就都有着互相吸引的力量，他們靠得愈近，

这力量就愈大，因此当两个人并肩站着的时候，好像就应该有着吸到一起去的倾向。这当然并不和日常的生活经验相符合。可是这种团结的力量事实上是存在着的，只不过因为人的质量太小了，这力量还远不及吹一口气的劲头大，因此我们几乎没法觉察到它。但是一个大质量的物体就不同了。比方说地球，以它的质量和地面上一个普通的成人来互相吸引，就要生出总在一百斤以上的力量（我们习惯把这种力量叫做人的重量）。当一个人脚不踏在实地上时候，这一百多斤的力就要把他拉到地上来。当然，和这同时，人也用着同样的力量拉着地球，只是地球太“重”了，所以人并不能把地球拉动。

因为地球大体上是个很正规的圆球，在计算引力的时候，数学家们证明出，可以把它全部的质量看做集中在中心的一点上。这样在地面上的任何物体都受有一种拖向地心的吸力。因此我们在东半球上的人就不必为西半球“倒着站”的伙伴们担心，他们是不会掉到地球外面去的。

把地球的质量看作集中在地心，地心到地面的距离正是地球的半径，就是6,370公里。现在，如果我们用一个天平，在两边盘上各放一个重量相同的物体，比方说两个皮球，天平这时应该保持平衡。如果我们在其中一个盘的下面挂上一个很重很重的物体，比方说一个铅球，那么由于这个铅球和圆球之间的引力，天平就不再平衡，而这个引力的大小可以用砝码加在另一个盘上而求出。按照一般的规定，凡是在地面上称一克重的东西，它的质量就叫做一克。从上面的布置中，我们已知道铅球和皮球的质量，又知道两者之间的距离和引力。引力、质量、距离都已知道，我们可以反过来求引力常



数\*。

有了引力常数，我們就可以算出地球的質量。因为，如果我們取地面上的任何一个物体，量出它的重量，这重量便等于它和地球之間的引力；同时，从重量又可以知道質量，而物体和地心之間的距离正好是地球的半徑。因此，知道了引力常数之后，从万有引力的公式中我們可以算出地球的質量来。

用天平和 other 方法求出来的地球質量是 5,974,000,000,000,000,000,000,000 克，也可以說是 6 亿亿亿公斤。

根据質量和体积，我們算出地球的平均密度是每立方厘米 5.52 克。这就是說，如果把做成地球的各种原料混合均匀，取出一塊来，它的重量比同样体积的水重五倍半强。可是地面上一般岩石的密度还及不上这个的一半，不过是每立方厘米 2.7 克，这表示地球的結構是内心重而外面輕。关于地球的結構、形成以及它的發展史，都是很有趣味的，可惜我們来不及一一叙述了。

### 三

前面我們已經說明了万有引力定律，这定律在我們所遇得到的許多問題中都可以普遍适用的。它的發現者牛頓就曾經用它来探索了太陽系內各种运动的奥秘。

我們看到了一切东西怎样地被引力拖着放在地面上。如果

---

\* 由此我們可以得到牛頓的万有引力公式

$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{R^2}$$

式中  $F$  是引力(达因)， $M_1, M_2$  为两个物体質量(克)， $R$  是两个物体間的距離(厘米)， $G$  是引力常数，現在測定等于  $0.0000000667$  厘米<sup>3</sup>/克 $\times$ 秒<sup>2</sup>。

我們向天空扔一塊石子，引力的作用會使它又落將下來；但如果這石子往上飛的速度足夠地快，它就可能擺脫了引力的影響而一直飛離了地球。單從這樣一個往下拉和一個往上飛的情形來考慮的話，一個物體除非具有高速度而一直飛離出去，否則終究會一直掉了下來。

我們住在地球上的人都注意到，太陽和月亮的大小在每日里都沒有什麼改變，這說明它們離地球的遠近是大致固定的，因此並沒有一直飛去的模樣。假如只有方才說的引力作用的話，它們就都應該一直掉了下來，這樣使月亮掉進了地球，地球撞上了太陽，發生了曠古未有的奇觀。

但大自然里並沒有這種現象，原因是另一個因素把它們扯開了。

我們都經驗過，如果把一塊石頭拴在繩子上，用手抓住繩子的另一端很快地打轉，石頭就在空中走圓圈。我們發覺石頭走得愈快時，手便要用愈大的力量來拉着繩子，不然的話，石頭便會脫手而出，沿着它當時的運動方向，一直飛去。人的手通過繩子作用在石頭上的這股力量，就叫作向心力，有了這股力量，石頭才能打轉。打轉時所需要的向心力的大小，決定於石頭的質量，旋轉的快慢，以及繩子的長短。

月亮是一塊繞着地球旋轉的大石頭，旋轉時也需要有東西拉着它，也需要一股向心力。月亮和地球之間的引力剛好滿足這個要求，因此月亮既不能夠離開地球而飛出去，又不能夠一直掉到地上來，就只好晝夜不息地循着自己的軌道運動了。

同樣的理由使得地球保持了和太陽的現有關係。

月亮繞地球走一周的時間是廿七天半，地球（帶着月亮）

繞太陽走一周的時間是一年，這一類的旋轉運動叫做公轉。

#### 四

如果我們能夠定出月亮繞地球以及月亮和地球繞太陽兩種軌道的大小和形狀，那麼根據萬有引力定律，再用上一些關於日月方位的觀測，我們就可以求出月亮和太陽的質量來：

月亮的質量為  $7.35 \times 10^{25}$  克，大約是地球的八十分之一。

太陽的質量為  $1.98 \times 10^{33}$  克，大約是地球的三十三萬倍。

要想定出軌道的大小，首先要知道月亮和太陽的距離，現在我們嘗試着來求月亮和太陽的距離。

求距離最方便的方法是派個健跑的使者去來回走一趟。比如說西遊記中的孫行者，他一個跟斗總是翻 10 萬 8 千里。現在派他到一個地方去，來回他一共翻了十個跟斗，那麼我們立刻可以算出這地方的距離是 54 萬里。在現代的科學中，我們是用無線電波（更恰當地講是雷達波）代替了孫行者的神通，首先射一個無線電信號到月亮上去，而後我們收到這信號到月面後的回聲，再記下了這一去一來的時間間隔，因為無線電波每秒鐘總是走 30 萬公里，一個簡單的計算便可以求出月亮的距離來。

但是最正規的距離測量却仍舊脫不了一把尺，當然不會有這麼長的尺可一直量到月球上去，但我們利用最容易的幾何學，就能測出最準確的距離。

我們知道在一個三角形里，當已知一條邊和兩個角時，其他兩邊的長度是可以算出來的。現在在地面上選出兩點，精確地量出它們之間的距離，把這距離的長短當作三角形中已知

的一边。如果有个較远的目标，我們可以把它取作三角形的第三点，那么用测量角度的方法便可以求出这目标的距离来，利用这种方法可以求出更远的距离，这样在目力所及的地方便可以構成了一把很長很長的尺，这把尺是大地測量中的基本武器之一。

如果將这把尺移到天上去，因为所量的目标更远，作为基綫的距离便需要更長些。在測量月亮和地球距离的时候，我們可以用地面上間隔得足够远的地方作为基点（比方說滿洲里和广州）。但在測量太陽和地球距离的时候，因为太陽比月亮远得多，这个基綫就嫌短了，不过，应用类似的几何原理，虽然步驟上比較复杂些，我們也可以精确地求出太陽的距离。

根据現代的測量，我們知道：

月球和地球的平均距离为 384,500 公里。

太陽和地球的平均距离为 149,500,000 公里。

一个东西放得愈远的时候，就看得愈小。在我們看起来，太陽和月亮是差不多大小的；然而太陽的距离比月亮的距离要远上三百九十倍，所以实际上太陽的直徑要比月亮的直徑也大上三百九十倍。由于它們看起来的大小（即含有多大的角度）是可以量出来的，因此知道了它們的距离，我們就可以算出：

月球的直徑是 3,473 公里，大約是地球的四分之一多一点。

太陽的直徑是 1,390,600 公里，大約是地球的一百零九倍。

直徑可以化算为体积，由此知道在地球的体积里大約可以容下四十九个月亮，而太陽却可以吞进一百三十万个地球。

从体积和質量求平均密度，月亮的密度为每立方厘米 3.34 克，太陽的为每立方厘米 1.41 克，却比地球的密度小些。

## 五

現在讓我們來看地球的运动。

在太陽系的大运动場上，如果从北方的天空往下看，运动員中第三个接近太陽的便是腰大1万多公里，質量6亿亿公斤的地球。它沿着跑道以反时針方向繞着太陽飞跑，这跑道是橢圓形的，但非常接近于圓形，它平均的半徑大約是1亿5千万公里。

地球一面跑着，一面却沿着自己的軸旋轉，像一个跳快三步舞的人。它旋轉的方向从北方看，也是反时針的。当这个舞蹈家在跑道上跑完一圈的时候，它面向着陽光的次数是三百六十五次又四分之一次，時間恰好是过了一年。

环绕在地球身边的舞蹈家是纖小的月亮，她的質量只有地球的八十分之一，身材也只有四分之一。当地球自轉了二十七次多的时候，她才繞过了一周，她繞地球的轉动也是反时針的，同时她也有自轉，像一个彬彬有禮的舞伴，自轉的速度正好使她始終用同一面对地球。

因为全場上只有太陽是發光的，所以不論是在地球或在月亮上，只有对着太陽的一面才被照亮。我們住在地面上的人，当他所住的地方跟着地球的自轉轉到了有陽光的一面时，我們說这是白天；相反的，我們便叫作黑夜。很明显的，以太陽作为标誌，每当地球自西向东地自轉了一周，除了在南極或北極附近以外，地面上任何地方都經過了一个白天和黑夜，都可以看到太陽自东升起，駛过天空，又向西落下，接着是黑夜的降临。

太陽的照明和地球的自轉是地面上晝夜的成因。

我們把地球自轉軸所指的方向叫作南北。地上的一切，包括山岳、海洋、空氣……都隨着地球的自轉而在空間兜着圈子，其中以赤道上各地方所兜的圈子最大，因而那兒的空間速度也最高（每小時達2,670公里）；南北極就位在自轉軸上，因此地球的自轉並不帶給它們位置上的移動。

當赤道上的熱空氣上升時，兩旁比較靠近赤道地方的空氣就來填充，因為赤道上的空氣跑得快，而兩旁的空氣跑得慢，相形之下，空氣便有些跟不上來；同時平原和山野又不够崎嶇，不能抓住它，不讓它落后，因此在赤道的兩旁，經常遇得到一種向西面吹的風，就是信風，即赤道以北的東北風和赤道以南的東南風。如果地球沒有自轉，那麼大氣並沒有任何理由向東西方向經常流動。這種風的存在，在很仔細的考慮下，也可以作為地球自轉的一個證明。

## 六

事實上，地球在公轉和自轉的運動中，並不像跳三步舞那樣地穩便，因為如果以南北當做上下，那麼舞場上的地板應該是傾斜的。太陽的位置在場子的中央，當地球在軌道上走一周的時候，有一半時間是以北半球而另一半則以南半球向着太陽傾斜。這就好比一個在斜坡上走路的人，如果在斜坡的中央放一個東西，那麼站在它下面的時候會覺得是頭偏向它，站在上面的時候，就覺得是腳偏向它；而站在它旁邊的時候，就不會覺得有任何的不正常（事實上，就和站在平地上看東西的感覺相同）。這就是說這種偏向的程度在正上方和正下方的時候最

多，愈站在旁边，就愈减少。

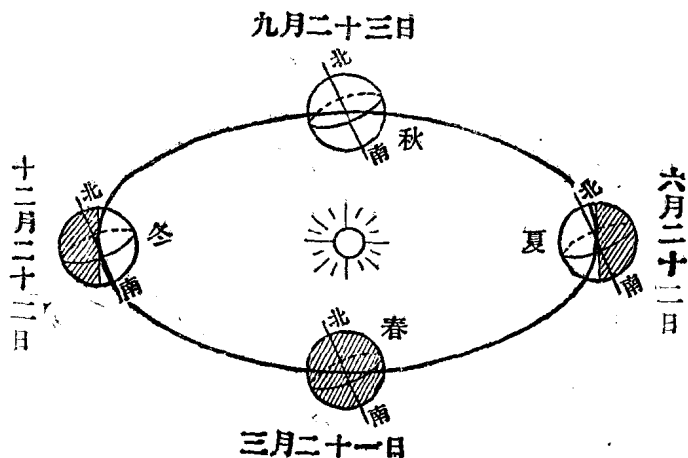


圖 3 地軸傾斜與四季成因。

比方地球現在是以北半球傾向着太陽，並且假設傾斜到這樣程度，使得它的北極正對着陽光。這時，在自轉的過程中，北半球全日被陽光照到，成為不夜之國，而南半球却陷入黑暗世界。過了三個月之後，地球以它的“旁邊”對着太陽。這時，陽光對稱地照在南北兩半球上，地球的自轉使得地球上各地方都半天受到陽光，半天進入黑夜。再過三個月，便輪到北半球上的永夜和南半球上的永晝，因為這時的北極正背着太陽。又三個月後，太陽再一次平均地放射在兩半球上面，又造成了各地方的晝夜平分。在這些特殊情況的期間，頭三個月和末三個月是北半球受到陽光的時間比南半球多，因此北半球上晝長於夜，南半球夜長於晝，而在其餘的半年里，情況恰好相反。

上面說的是極軸與軌道平行的情況，就是指地板豎起來的

情况，这当然是个極端的情形。另一个極端情况是極軸与軌道垂直，換句話說，地板是平的，在这种情形下，地球上各地方受到的陽光，一年到头都是一样的，白天和黑夜永远是同样的長短。只在南北兩極上面，那兒太陽总逗留在地平綫上繞着圈子，不升起也不落下，因此演出了永恒的黎明或黃昏。

我們在地球上，比方說在中国，並沒有經驗到一年一度的永晝和永夜，也沒有接触到長年不变的晝夜平分，因此我們的遭遇是介于兩者之間，地軸既不平行也不垂直于公轉的軌道平面，而是傾斜成一個角度。一年中，当地球走到軌道上一定的兩個位置上时，太陽恰好平均地照在兩半球上，这个時間就是春分和秋分。过了春分之后，北半球逐漸偏向着太陽，开始了晝長夜短，一直到了秋分，兩半球又晝夜平分，此后是南半球偏向着太陽，北半球斜向着相反的方向上，引起了北半球上的晝短夜長。

傾斜得最多的时候是在夏至和冬至，晝夜長短的差別也以这时为最大。

地球繞太陽的运动，在地面上的觀察者看来，反映成为太陽在天空中的周年移动。我們所看到的这种移动的路徑在天文学上叫做黃道，地球自轉軸与黃道的交角大約是  $66\frac{1}{2}$  度，这个交角，我国古代的天文学者，曾經相当精确地量出过。

由于黃道和極軸的交角，地面上各地方有的时候受到的日光多，有的时候少，这就形成了季节的变化。在我們的夏天里，因为北半球偏向着太陽，陽光就比較直接地射到我們的地面上，同时在夏天里每日晒着太陽的時間也比較長。這兩個原因都使得每天所接受到的热比較多，因而造成夏天較热的气



候。冬天里的情形恰好相反，日光斜照在地面上，而且照的時間短，这就使得气候变冷。不用說，南半球的季节正好和我們的相差半年，南半球还在圍爐的时候，我們北半球却在戶外納涼。

靠近南北極的地区有几个月是沒有陽光的，有几个月陽光永远是永远斜照着的，这就造成了那些地区里長年的冰天雪地；赤道地帶却与此相反，受到陽光直射的机会就最多。

## 七

这样，我們看到，太陽系中是以太陽为唯一的光与热的供給者，因此自轉中的地球在地面上發生了晝夜的現象；又由于地軸与黃道成傾角的关系，地球的公轉帶給了我們季节的变化。

作为地球最亲密的伴侶的月亮，它一面随着地球一起繞太陽轉，一面又以它自己的公轉繞着地球旋轉；同时，它又一面繞着自己的軸自轉。

这样的三重运动說来虽不复杂，但却不是一般人所能理解的。在人們的直觉中往往是把日月相提并論的。实际上，太陽和月亮無論在大小上，或是在本質上，都有天淵之別。人們把月亮看作夜間的主宰，也許是由于它容易觸發人的詩意和遐想，在所有的天体中，关于月亮的神話可以說最多也最美，而所牽連到的迷信傳說也是很多的。

人們自有史以来对于日月的看法是多种多样的。我国古人以为日月是火气和水气的精华。在古希腊，有些人想像它們是从地上升起的兩团火；有些人認為它們只是天上的兩個洞，天外边充滿了火，而从這兩個洞里进来。有些人却坚持說太陽