



庫文

第一千種  
王雲五主編

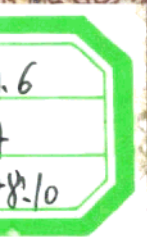
# 自然哲學之數學原理

(十)

牛頓 著  
鄭太朴 譯



商務印書館發行





# 目次

原序

第二版序言

第三版序言

## 第一冊

說明..... 1

運動之基本定理或定律.....21

第一編 第一章 論首末比之方法用此可  
證明以後之理者.....45

第二章 論向心力之求法.....64

## 第二冊

第三章 論圓錐曲線上物體之運  
動..... 1

第四章 論一個焦點已知時求圓  
錐曲線的軌道之法.....23

|     |                  |    |
|-----|------------------|----|
| 第五章 | 論焦點均未知時求軌道<br>之法 | 39 |
|-----|------------------|----|

### 第三冊

|     |                              |    |
|-----|------------------------------|----|
| 第六章 | 求已知軌道內運動之<br>法               | 1  |
| 第七章 | 論物體之直線的上昇及<br>下墜             | 15 |
| 第八章 | 論物體受向心力之推動<br>而運行時求其軌道之<br>法 | 34 |
| 第九章 | 論動的軌道內物體之運<br>動以及回歸點之運動      | 44 |
| 第十章 | 論物體在已知面上之運<br>動及擺錘運動         | 70 |

### 第四冊

|      |                        |   |
|------|------------------------|---|
| 第十一章 | 論球形物體之運動其間<br>有向心力互相吸引 | 1 |
|------|------------------------|---|

第十二章 論球形物體之吸引力…46

第十三章 論非球形物體之吸引  
力……………84

## 第 五 冊

第十四章 論傾向大物體的向心力  
所推動的小物體之運  
動…………… 1

第二編 第 一 章 論某項物體之運動此項  
物體受一種與速度相比  
的抵抗力者……………17

第 二 章 論某項物體之運動此項  
物體所受之抵抗力與速  
度之平方相比……………35

第 三 章 論物體在抵抗力下之運  
動此抵抗力之一部分與  
速度相比一部分則與其  
平方相比……………92

## 第六冊

- 第四章 論物體在中介物內之循環運動…………… 1
- 第五章 論流體之密度及壓榨以及流體靜力學……………14
- 第六章 論擺錘之運動及抵抗…39

## 第七冊

- 第七章 論流體之運動及拋出的物體之抵抗力…………… 1
- 第八章 論流體內之傳達運動…68

## 第八冊

- 第九章 論流體之圓形運動…… 1
- 第三編 論宇宙系統……………21
- 研究自然之規律……………22
- 現象……………26
- 第一章 論宇宙系統之原因……36

## 第九冊

---

第二章 論月球差失之大小…… 1

第三章 論海潮之大小……65

第四章 論歲差……80

## 第十冊

第五章 論彗星…… 1

## 第五章 論彗星

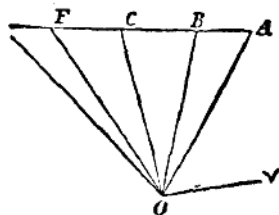
§ 49. 補題. 彗星在月球之上，落入行星之區域。

由每日的視差可知彗星在月下區域之上部，而由其每年的視差，亦可知其能落入行星之區域。按宮之次序而運動的彗星，在其顯現之後來，倘地球在其與太陽之中間，則必前進較以前遲緩或後退，反之，倘地球與之處在相對的地位，則即以同樣的比率加速。但如逆宮之次序而運動，則在其顯現之後來，當地球在其與太陽之間時前進較速，反之，當地球在相反的處所時前進較遲或後退。彗星之運動與行星一樣，有時在我們看來似乎向後退，有時運動較遲，有時則較速，完全視地球之運動而異，隨其與地球間之相互位置而變。故如地球之運動與彗星為同方向，而且地球環繞太陽之角速度



充分的超過彗星之角速度，則由地球上看來，彗星之運動因為過於遲緩，好像是後退的。反之，倘地球向相反的方向運動，則彗星之運動看來即加速。由此項加速及遲緩，可推得彗星之距離，其法如下：

今設  $\gamma QA, \gamma QB, \gamma QC$  為彗星之長，係在其顯現之初所觀察到者， $\gamma QF$  則為其隱沒前所可觀察到的長。今作一線  $ABC$ ，使  $QA, QB, QC$  所割下的段  $AB, BC$  相



第二〇六圖

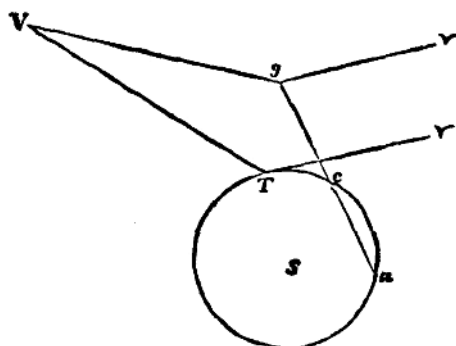
比，等於前三觀察間之時間相比。又將  $AC$  引長至  $G$ ，使  $AG : AB$  等於最初及最後的觀察間之時間比開始時二觀察間之時間。再作  $QG$  線，而如彗星在直線上作等速運動，地球則靜止着或亦於直線上作等速運動，則  $\gamma QG$  角即為最後觀察時的彗星之長。因此， $FQG$  角是由彗星與地球運動之差失所發生的。倘二天體向相反的方向運動，則

可將此角加於  $\gamma QG$  角上；如是，彗星之外觀的運動即被加速。反之，二天體如在相同的方向內運動，則須將  $FQG$  由  $\gamma QG$  上減去；如是，所得彗星之外觀的運動必較遲，或向後退，如以前所說過者。

所以此角是由地球之運動所引起，故可視為彗星之視差，其由彗星本身運動上所發生的差失則很小，可以略去不計。

由此項視差，可推得彗星之距離，其法如下：

設  $S$  為太陽， $acT$  為大軌道， $a$  為第一次觀察時地球之處所， $c$  為第三次觀察時的處所， $T$  為



第 二 〇 七 圖

最後觀察時的處所。 $T\gamma$  爲一線， $\gamma TV = \gamma QF$ ，即，等於地球在  $T$  時彗星之長。今將  $ac$  引長至  $g$ ，使  $ag : ac = AG : AC$ 。如是則  $g$  爲一處所，地球於  $ac$  上作等速運動在最後觀察時所能達到者。今作  $g\gamma$  與  $T\gamma$  相平行，並作  $\gamma gV$  角  $= \gamma QG$ ，則  $\gamma gV$  由  $g$  出發觀察時等於彗星之長，而  $TVg$  角爲由  $g$  至  $T$  時所發生的視差。所以  $V$  爲彗星在黃道方面之處所，尋常在木星軌道之下。

這些統可由彗星軌道之曲率以推得之。倘其運動之速度達於極大，則軌道爲圓。但在其運動之後來，由視差所引起的外觀的運動之部分，與全部外觀的運動之比較大，其結果能使其出離圓的軌道，而如地球向一方向運動，則彗星即向相反的方向進行。此項轉向多半是由視差所發生，因爲此與地球之運動相當。由此項轉向以計算，據我看來在彗星隱沒時，其位置落在木星下的很遠處。所以，當其在近地點及近日點時，與我們的距離爲最近，其位置多在火星軌道及其他在下的行星軌道之

下。

彗星之遠近，亦可由其頭之光以知之。與太陽相距甚遠，但受太陽之光的天體，尋常以距離之四次方減少其發光之度。此中之二次方係由於與太陽之距離，其他二次方則由於其外觀的徑之減小，故如一彗星之光量及外觀的徑為已知，則其距離亦即可知，蓋此距離與行星之距離相比，等於徑之相比以及發光度之平方根相比之反。

1682 年時，弗來姆司替德 (*Flamsteed*) 曾觀察過彗星方面的星氣層之最小的徑，其所用望遠鏡長 16 英尺，其上裝有一測微計，所得結果為 2 分。其核心，或其頭中間之星，不及此寬之  $\frac{1}{16}$ ，故其徑祇有 11 至 12 秒。但頭之發光度，則超過 1680 年時所出現的彗星，其光輝差不多與第一等或第二等大的星之光一樣。今設彗星之光等於土星及其圈之光之  $\frac{1}{4}$ ，後者之光差不多等於一球之光，此球之外觀的徑約為 21 秒。所以該球及其圈之光合起來時，約等於一外觀徑為 30 秒的球。故彗星與

地球之距離與土星之距離相比，如  $12:30$  之正及  $1:\sqrt{4}$  之反，即是，如  $24:30$  或  $4:5$ 。

1665 年四月所出現的彗星，照海佛 (Hevel) 所報告，其光芒幾超過一切恆星，而其色之鮮則超過土星。所以就光彩而論，此彗星超過往年所出現者許多，而且後者在尋常看來，亦為極有光輝的彗星，其光芒與第一等大的恆星相彷彿。該彗星之星氣層，約為 6 分，其核心小於木星，有時看來與土星球同樣的大，有時則較小。但星氣層之徑極少超過 8 或 12 分者，其核心之徑約為其  $\frac{1}{6}$  或  $\frac{1}{4}$ ，故此項星體之外觀的大小多半與行星之大小相等。尋常其光芒與土星相同，但有時則不及，故一切彗星在其近地點時必在土星之下或稍在其上。故有些人將其位置放在恆星之區域內，實為錯誤，因為在這樣的距離內，彗星受日光之照映，不能較之一般的行星受恆星所照映者為特強。

在這些研究方面，我們尚未論及彗星因其頭四圍之雲氣所籠罩而發生的昏蒙現象。此項籠罩

所發生的昏蒙愈甚，則其與太陽亦必愈接近。所以彗星能落入土星軌道下之極遠處，這是極可能的事，由視差方面亦可推論到此。彗星之尾，亦可證明此事實。此項尾之由來或則由於以太中所分布的雲氣之反射，或則由於其頭之光。倘爲第一事，我們必須將彗星之距離減小，不然，我們必須假定，此項不斷的由其頭所放出的雲氣能傳入無限的空間，其速度亦大至無限。倘爲第二事則一切尾所發生之光統須歸之於其核心。今如設想，此項核心聚有極富的光在內，而如彗星有極光輝的尾及星氣層，則此核心之光至少須大於木星。蓋此核心能傳出極多的光，其外觀的徑亦較木星爲小，故其受太陽之光必遠較木星爲強，因而與之相距極近。如是，我們必須推論彗星在金星軌道之下。蓋如將其一切光聚集在一顆行星方面，則此星之光芒，必能超過金星幾倍。由彗星頭之光，我們必須推論到此項光近太陽時增加而遠太陽時則減小。按海佛氏之觀察，1665年所出現的彗星之外觀的運動恆

減少，蓋當時已越過了近地點，但其頭之光芒則每日增加，直至後來沈入太陽光內成爲不可見。1683 年出現的彗星，始見於七月底，其開始的運動極緩，每天祇有 40 至 45 分，但以後則逐漸增加，至九月四日時，每天有 5 度。在這時間內，彗星逐漸的與地球相接近，此則可由其頭之徑以知之。蓋在八月六日時，海佛氏測得此徑爲  $6'5''$ ，但至九月二日，則得  $9'7''$ 。所以彗星之頭，在開始時較後來爲小，但在開始時該彗星與太陽相距較近，故其光芒亦較強，後來則漸弱，因爲一面雖與地面相接近，但同時亦與太陽較遠了。1618 年所出現的彗星，其運動在十二月之中爲最大，1680 年的彗星則於十二月之底，其運動爲最大。此二者均與地球甚相接近，而在其初離太陽範圍時，約當十四天之前，其光芒爲最強。至其尾之光芒則因出離較早故亦較早顯其光芒。1618 年的彗星，在十二月一日時，其頭大於第一等大的星球，此爲西沙度 (*Cysa-*<sup>6</sup>*us*) 所觀察到者；至十二月十六日，距地最近，其

大不改，但其光芒則減小，及至正月七日，開柏萊 (*Kepler*) 欲作觀察，但已不能見到。1680 年之彗星，弗來姆司替德 曾於十二月十二日作過觀察，其與太陽之距離爲  $9^\circ$ ，其光之強不及一第三等的星。至十二月十五及十七日，其光稍強，約與一第三等的星相等。至十二月二十六日，此彗星運動甚速，與近地點較相接近，但亦較小了。及至正月三日，此彗星之光強等於一第四等的星，至九日，等於第五等的星，至十三日因月球之光輝即不能見。後來至正月二十五日，其光已不及一第七等的星。今如取近地點前後同時間內之觀察，則其頭之光芒應爲相等者，因爲在此二事項下，其與地球之相距亦相等。但在向太陽的一面實在較之在其相反的一面更爲光輝。所以，由此我們亦可推論到其接近太陽時實在爲前一事。蓋當彗星之頭運動較速與地球較接近時，其光亦較有秩序而鮮明。

系 1. 所以彗星之光芒，是由反射太陽之光而來。



系 2. 由以上所明，可知彗星與太陽相接近之理由。倘彗星在土星以外很遠的區域內，則必恆在與太陽相反的處所。如是，在天之此部分的彗星與地球較為接近，其餘的則能為中間的太陽所掩沒。我曾詳細觀察過去彗星之狀況，知道在向太陽的半球內所發見者為多，約多至四五倍，有好多則為太陽之光所掩沒。當其落入我們的區域時，尚未有尾，而且未充分的被太陽所映照，故在其與我們接近之度未超過木星以前，非用望遠鏡不能見。彗星在地球之附近環太陽所作的道路之大部分，在向太陽的一面內。如是，彗星既與太陽較接近，故所受之光亦即較多。

系 3. 由此可知天空中並沒有什麼阻力存在。因為彗星所循的軌道係斜的，此項軌道有時與行星之軌道相反，其運動之方向極為自由，而且能保持其運動極久。即逆宮之次序而運動的彗星亦是如此。但如彗星之體質與一般行星不同，而且不是恆在同一的軌道內運動，則我自然作了很大的錯