

科學史集刊

7

科學出版社

“科学史集刊” 征稿簡約

1. 本刊暫定为半年刊, 欢迎投稿。
2. 本刊登載自然科学及技术史的有关論著, 并酌登譯稿。
3. 来稿請用稿紙繕写清楚。录用的稿件本刊編輯部有刪改权 (如不愿刪改者, 請来稿时声明), 譯稿請附原著。不用稿件, 負責退还。
4. 稿經发表后即寄稿酬。
5. 来稿請寄北京朝阳門大街 117 号中国科学院中国自然科学史研究室轉科学史集刊編輯部。

科学史集刊 第七期

編輯者	科学史集刊編輯委员会 北京朝阳門大街 117 号
出版者	科学出版社 北京朝阳門大街 117 号 北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号
印刷者	中国科学院印刷厂
发行者	新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

印数: 1—2,500

1964 年 7 月出版

定价: 0.60 元

科学史集刊

第七期

目次

22486/20

紀念伽利略誕生四百周年 席澤宗 (1)

伽利略的工作早期在中国的传布 严敦杰 (8)

《墨經》力学綜述 洪震寰 (28)

鑛鉄考 張子高、楊 根 (45)

中国炼丹术中的“金液”和华池 王奎克 (53)

試論李时珍及其在科学上的成就 蔡景峯 (63)

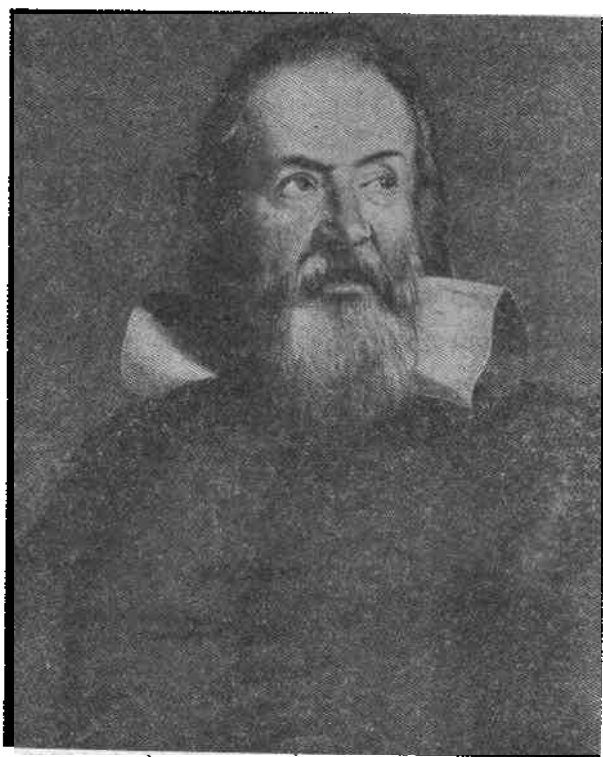
30.4
410
7-1

紀念伽利略誕生四百周年*

席澤宗

(中国科学院中国自然科学史研究室)

今年是近代科学的奠基者之一——卓越的物理学家和天文学家伽利略誕生的四百周年。伽利略于1564年2月15日生在意大利比薩城的一个沒落的貴族家里,十七岁时他父亲送他到比薩大学学医,但是他并不愿意做医生。他在大学时以对数学和物理实验的擅



伽利略 (1564—1642)

长,以及善于和教师辯論而著名。他的关于摆的等时性的发现,就是在这一时期完成的。这三大特点便是他后来一生事业的引路綫。因为經濟困难,伽利略于1585年沒有得到学位便离开大学,回家住了四年,专心研究古代希腊人的科学著作,发明了用以测定合金成分的流体靜力学天秤,写出了一篇“关于固体重心”的論文。这些成就引起了全国学术界

* 本文主要内容曾于1964年4月12日以“伟大的科学家伽利略”为题在《文汇报》发表过。现在經過修改、补充并附以参考文献,重新发表在这里。

07234

的注意,人們称他为“当代的阿基米德”,母校比薩大学也因此而請他担任数学教授,这时伽利略只有 25 岁。从此以后他的生活主要可以分为三个时期:在比薩大学任教三年(1589—1591 年);在帕多瓦大学任教十八年(1592—1610 年);自 1610 年起至 1642 年去世为止,充当托斯卡那地区大公爵所供养的哲学数学研究教授,中間曾去羅馬受审,被拘禁在那里。他的力学工作主要完成于前两个时期。他在天文学上的发现和对哥白尼理論的维护則完成于第三时期。1633 年被宗教法庭定罪以后,又回到早年的力学研究上,而終其一生^[1]。

打开通向宇宙的天窗

如果有人要問:自 1543 年哥白尼的《天体运行論》出版到 1687 年牛頓的《自然哲学的数学原理》出版,在这期間在天文学上最有意义的是那一年?可以說是 1610 年。这一年在布拉格出版了克普勒(1571—1630 年)的《新天文学》,其中包含他发现行星运行的头两个定律,在威尼斯出版了伽利略的《星际使者》,其中叙述了他把望远镜指向天空以后所得到的新发现,这两本书殊途同归,它們用不同的方法为哥白尼的日心地动說提供了証据^[2]。

望远镜虽然不是伽利略发明的,但是他首先找出望远镜的原理,将它的倍数放大,并且对向太阳和夜晚的星空。1609 年 5 月当他听到荷兰有人把两个透镜片配合在一起,能把远距离的物体看清楚的消息以后,他就集中精力探索其中的道理,并且根据自己研究出来的原理,很快地制出了第一架天文望远镜,并且不断改进;他终于成为当时欧洲最好的光学家和光学仪器制造家^[3]。

伽利略利用他亲手制造的望远镜,打开了人类通向宇宙的第一个天窗,揭开了天体的許多秘密,使长期以来被統治阶级用来麻醉人民的“上天世界”遭到进一步的破产。他发现我們所見恆星的数目是随着望远镜的倍数的增大而增加的,銀河是由无数的单个恆星組成的。他发现月面上凹凸不平的現象:有的地方是平原千里,有的地方是高山聳峙。他又发现金星和月亮一样,有圓缺的变化。他还发现在木星的周围有四个小星(卫星)繞着它旋轉,如同月亮繞着地球旋轉一样^[4]。他还发现太阳上有黑子^[5]。太阳黑子的記載在我国有悠久的历史,但我国古书上只是一种觀測紀錄,沒有說明黑子的成因和在太阳上的变动情形。在欧洲与伽利略同时代的还有些天文学家也发现了黑子并耕了些道理,但都沒有伽利略正确。他認為黑子是日面上的东西,黑子的位移并不是黑子在动,而是由于太阳在自轉,并且得出太阳的自轉周期为 28 天(实际上是 27.35 天)。

这一系列的发现震动了当时的欧洲,但是正如毛泽东同志所指出的:“历史上新的正确的东西,在开始的时候常常得不到多数人承認,只能在斗争中曲折地发展”^[6]。当伽利略一再邀請亚里斯多德学派的那些教授們、学者們,叫他們亲眼用望远镜看看月面上的山脉和木星的卫星时,他們不但拒絕不看,反而誣蔑伽利略,說他是騙子,說他看天用的望

45570

遠鏡是“魔鬼的發明”。佛洛倫薩的天文學家西塞（Sizzi）竟然這樣說：“人有七竅，天有七政（日、月、水星、金星、火星、木星、土星），金有七種（金、銀、銅、鐵、錫、鉛、汞），虹有七彩，可見七是最完美的系統。行星只能有七個，那里能有個木星的衛星存在？再者，木星的衛星既然是我們的肉眼看不見，對於地球也沒有任何影響，因此，也就是不存在的。還有，一禮拜分成七天，這里又有一個七，那還不說，每一天又都用一個行星的名字來叫，如日曜日（星期日）、月曜日（星期一）等。假如象伽利略那樣，要增加行星的數目，那麼這個完美的系統豈不垮台了嗎？況且，亞里斯多德的书上從來就沒有講過這些東西，並且又是和亞氏所說的完全相反。再如月面上有山，日面上有斑，這全是假的，因為亞里斯多德說：天體是最完美的東西。”^[7]無怪乎伽利略在1610年8月19日給克普勒的信中氣憤地說：“對於這些人來說，真理用不着到自然界中去找，而是從比較古人著作中得到”。^[8]

為真理而鬥爭

伽利略從觀察天象中逐漸积累了很多事實，使他成為哥白尼學說的堅決支持者、捍衛者和宣傳者。他在《星際使者》^[4]中和在《關於太陽黑子的通訊》^[5]中，都力主哥白尼的日心地動說。由於伽利略的文筆生動，詞鋒犀利，理由正確，使得哥白尼學說的擁護者越來越多。害怕真理的宗教法庭終於1616年3月5日採取了斷然手段，決定把“廣泛傳播着、並且得到很多人承認的”哥白尼的著作列為禁書，並且警告伽利略必須放棄哥白尼學說，不得為它辯護，否則將受監禁處分。

大家知道，羅馬教皇在十三世紀建立起來的宗教法庭，在鎮壓異端的名義下，殘酷地迫害進步人士，數以萬計。1600年宗教法庭把宣傳哥白尼學說的布魯諾用火燒死在羅馬的百花廣場上的時候，伽利略正在帕多瓦大學教書，他對這件事當然會有深刻的印象。但是，作為一個科學家，又不能在強權面前背棄真理。于是在法庭判決以後，他用了很長的時間寫了一部大書：《關於（托勒玫和哥白尼）兩種宇宙體系的對話》^[9]。書中有三個人對兩種宇宙體系作了四天的談話，雙方陳述理由，就物體墜落究竟是到達宇宙的固定中心，還是到達運動着的地球中心；地球的自轉；地球的公轉和海水的潮汐現象等進行辯論。

在這部巨著中，通過三人辯論的形式，伽利略充分地發揮了有利於哥白尼學說和不利於托勒玫學說的論據，並且在字里行間對守舊派進行了尽情的嘲弄。但是為了能夠出版，却在序言中故意寫了一句“哥白尼學說是違背聖經的”。

1623年命令禁止哥白尼學說的教皇逝世。新教皇烏爾班八世即位。烏爾班八世被人們認為是一位“好學重才”的學者，並且是伽利略的朋友。伽利略以為新教皇不會禁止哥白尼學說，于是在1632年他出版了自己的著作。然而，教會終歸是教會，教會並不會因為教皇的更換而改變它的本性。伽利略不切實際的幻想，遭到了悲慘的破滅。新教皇把年近古稀的伽利略拘押到羅馬。宗教法庭對他威脅利誘，嚴刑拷問，最後於1633年6月22日判決：把《對話》一書禁止流行，把伽利略關進監獄，同時要他每星期把七首懺悔詩讀完。

一遍,为期三年。按照宗教法庭准备的仪式,伽利略跪下宣了誓,签了字,表示放弃哥白尼学说。但是当他签完了字,站起来的时候,仍然在喃喃自语地说:“可是,地球仍然在轉着!”

“可是,地球仍然在轉着”,伟大的共产主义战士季米特洛夫于1933年12月16日在希特勒的法西斯法庭上说:“伽利略的这个科学的論断后来成了全人类的财产”。法官激怒地打断了季米特洛夫的话,站起来,准备退走,季米特洛夫理直气壮地繼續說:“可是,它仍然在轉着,历史的车輪正在向前轉,共产主义一定要实现!”^[20]。

开辟物理学的新領域

伽利略被判刑以后,由于年老多病,过了不久就被保释为居家受監視。他可以住在家里,但是不准他和任何人討論地球的运动,也不准他出版任何著作。在这样的情况下,伽利略又回到他早年的力学工作上,于1636年完成了他的另一部名著:《关于两門新科学(力学和弹性学)的對話和数学証明》^[11]。这书仍然是以三人談話方式进行。和亚里斯多德不同,他首先把常見的机械运动分成匀速运动和匀加速运动,并且假定作匀加速运动的物体,某一瞬时的速度和它由靜止开始到此一时刻所經歷的时间成比例。接着他又在这个假定的基础上,用几何学的方法推导出一个重要的結果:作匀加速运动的物体所經過的距离和它所經歷的时间的平方成比例。

为了驗證他的这一理論,伽利略在斜面上做了实验。他在一块长约十一米的木板上刻了光滑的槽子,又在槽子上鋪了光滑的羊皮紙。然后把板从一端抬起,令小球自由地从頂上滾到底,并且把滾下所需的时间記下。接着再作同样的实验,但小球滾到一定距离(例如全长的四分之一)处后,立刻就讓他在紧接着的光滑的水平槽上运动。記下小球到达轉折点的时刻,并測量它在水平槽内运动的速度,这速度就是到达轉折点的速度。用不同的长度和不同的傾角,伽利略做了大約一百次实验,結果发现:在斜面上小球的速度和所經歷的时间成比例,小球所經過的距离和时间的平方成正比。于是他的假說成了定律。物体在斜面上运动服从这个定律,垂直下落时也服从这个定律。因为当斜面的傾角等于90度时,斜面就成了垂直面,物体就变成垂直降落,所不同的只是在这个情况下加速度最大。

在这里必需指出:广为流传的、在最近許多人写的紀念伽利略的文章^[12]中都提到的比薩斜塔实验,实际上并无其事。这个实验是在伽利略之前由比利时的工程师西門·斯提文(Simon Stevin, 1548—1620年)和他的朋友格罗蒂斯(Grotius)作的^[13],沒有任何証据可以說明伽利略在比薩斜塔上重复过这一实验^[14]。伽利略沒有在比薩斜塔上表演,这一点也不減小他的光輝。他做的斜面实验,解决了自由落体运动的規律,而这是前人沒有做到的。

斜面实验还带来了另一个重要的結果。伽利略发现:一个球体滾下一个斜面之后,还可以滾上另一个斜面到它出发点的高度,只是摩擦力要小到可以忽略的程度,与斜面的傾

斜度无关。不管把第二个斜面伸长到任何长度,只要它的高度不超过第一个斜面的高度,小球总可以到达它的終点。如果第二个斜面是水平的,此球将以均匀的速度繼續不断地在它上面跑,直到摩擦力或其他相反的力把它停止。这个事实表明:和前人的想法相反,不是运动而是运动的开始、停止或改变速度,需要外面的力量。这个情况叫做物质的慣性,它后来被牛頓概括为关于运动三定律的第一个,即慣性定律:物体在不受外力作用时,靜者恆靜,动者恆沿直綫作匀速运动。把慣性定律和克普勒的行星运动三定律結合起来,就引导到牛頓关于万有引力定律的发现^[15]。

凡是慣性定律能够成立的坐标系統,叫做慣性系。伽利略发现:固定于地面上的坐标系統都是慣性系;对于一个慣性系作匀速直綫运动的坐标系也是慣性系;在不同的慣性系中做相同的力学实验,所得結果則完全一样。因此,如果不观察外界情况,单独在一个慣性系内做力学实验,是不能发现这个系統本身的运动的。这叫做相对性原理。二十世紀初叶,爱因斯坦又推广了这一原理,指出在慣性系内所进行的任何实验,包括电学的、光学的,也都不能証明系統本身在运动,从而奠定了他的狭义相对論的基础。

伽利略关于相对性原理的发现,在当时來說,意义也是非常大的。它駁倒了反对地球自轉学說的一个最強的論証。这个論証是:如果地球在自轉,那么张弓向上射箭,箭就要落在射手立足点的西方,因为箭在空中往返之际,立足点已从西向东移动了一段距离;这个現象既然不存在,地球就是沒有自轉的。根据相对性原理,这并不能証明地球沒有自轉,因为我們在运动着的船上垂直向上擲一东西,东西并不会掉在后面。

此外,伽利略还糾正了人們一向认为一个物体不能同时受一个以上的力的影响的錯誤看法,証明了由于沿水平方向的匀速直綫运动和垂直下降的匀加速运动的結合,炮弹應該走抛物綫軌道。同时,他又发现了运动的独立性原理:同时参与几个运动的物体,它的瞬时位置可以用各个运动所引起的分位移按矢量的加法求出。

伽利略以这些巨大成就为动力学奠定了基础。他在靜力学上也有很大的貢獻:他給平衡下了比較普遍的定义;他証明了与亚里斯多德的想法相反,固体在液体中的漂浮与它們的形状无关,而決定于它們的相对比重。他又是材料力学的創始人:他用拉伸实验来研究材料的強度;他在一根杆子的一端掛上重物来研究杆子折断时的抵抗力;他对橫梁、空心梁进行了研究,得出一些很有价值的結果^[16]。

对于伽利略在力学上的这些貢獻,著名的数学家拉格郎日(J. L. Lagrange, 1736—1813)在他的《解析力学》第一卷(1789年出版)中做了很高的评价。他說:“伽利略是动力学的奠基者,他的一系列发现为力学的进展开辟了广闊的道路。如果說伽利略的天文发现只要有一个望遠鏡和耐心的观测毅力就行了;那么他在力学上的成就,就要非凡的天才不可,因为这是在我們所見的日常現象中找規律,而对这些現象的真正解釋,以前的所有学者都忽略了”^[17]。

了解自然的巨人

拉格郎日的話有道理,但是不全面。伽利略的發現固然需要一定的天才,而更重要的是他所处的时代。这个时代是欧洲刚从黑暗的中世紀觉醒过来,文艺复兴中的人文主义运动还没有休止,新兴的資產阶级走上了政治舞台,城市工商业在迅速发展。一句话,生产力正在突破封建主义生产关系的束縛,蓬勃地向前发展,它所要求的科学已不是那种教条式的、专以注解古书为限的“科学”,而是一种能够了解自然、掌握客观規律、变革世界的科学。恩格斯在《自然辯証法》里以无比兴奋的心情說:“这是世界所经历的最伟大的一次革命。自然科学也就在这一革命中誕生和形成起来,它是彻头彻尾地革命的”。这个时代需要巨人,也产生巨人^[1]。

伽利略就是这些巨人中的一个,他的才能是多方面的。他对数学、筑城学和兵工学都很有研究。他发明的比例規,可以方便地用来計算数目的平方根和立方根。他是音乐家、画家、艺术的爱好者和出色的文学家。他給意大利的科学散文奠定了基础。他最善于用对话方式来描繪和揭发他思想上的敌人。他那二十大本的全集,絕大部分是用意大利人民的語言写成的,充满着民族的表达方式和成語,而不象当时其他的科学家那样,用古老的拉丁文发表自己的著作^[2]。

然而,他給人类所留下的最宝贵的遗产还是他对科学实验的提倡和所得的实验結果。自十一世紀起,亚里斯多德的著作传到欧洲,物理学已开始成为一門学科。不过那时所討論的都是运动的現象,如把运动分成天上的运动和地上的运动,圓运动和直綫运动等等。到了十三世紀,有許多学者觉得实验方法是进行新发现的武器,如罗哲·培根(Roger Bacon, 1214—1292 年)就很重視实验,他主张一切知識,都須要有实验做根据。十四世紀时有奥康(Gillaume D'Occam, 1300—1350 年)用实验証明了亚里斯多德所說的一切运动都有推动者的說法是錯誤的,指出物体已经开始运动,就永远运动。布里丹(Jean Buridan, 1300—1358 年)由实验分析得到力的大小与速度和重量有关,并指出物体下落时有加速現象。伽利略的成就就是在这种学风的薰陶下和这些人成就的基础上完成的^[3]。

伽利略超越前人的地方在于:他善于利用各种不同的实验,測量出大量数据,从而用数学方法归納出一般的規律,然后再拿到自然界中去檢驗。他虽然没有写过一本关于方法論的著作,但是他的《关于兩門新科学的对话和数学証明》是一个典范,我們讀这本书,可以学到做科学实验的方法。这本书今天仍有一讀的价值。

時間已經过去三百多年了,但是伽利略为真理而斗争的光輝形象,为探索自然而进行的严肃的科学实验,却永远活在全世界人民的心里。

参 考 文 献

- [1] A. Armitage: «The World of Copernicus», pp. 140—141, (London, 1947).
李珣:《哥白尼》第 122—123 頁(商务,1963 年版)。

- [2] Н. И. Идельсон: "Галилей в истории астрономии", 見《Галилео Галилей》(Сборник посвященный 300-летней годовщине со дня его смерти), стр. 68—141, (АН СССР, 1943).
- [3] С. И. Вавилов: "Галилей в истории оптики", 同上书第 5—56 頁。
- [4] Galileo Galilei: "The Starry Messenger" (1610), 見《Discoveries and Opinions of Galileo》Translated With an Introduction and Notes by Stillman Drake, pp. 21—58, (New York, 1957).
- [5] Galileo Galilei: "Letters on Sunspots" (1613), 同上书第 87—144 頁。
- [6] 毛泽东:《关于正确处理人民内部矛盾的問題》第 25 頁, (人民出版社, 1964 年版)。
- [7] Sizzi: «Dianoia Astronomica», (Venice, 1611).
- [8] J. J. Fabie: «Galileo, His Life and Work», p. 102, (London, 1903).
- [9] Galileo Galilei: «Dialogue Concerning the Two Chief World Systems—Ptolemaic & Copernican» translated by Stillman Drake, foreword by Albert Einstein, (University of California Press, 1953).
- [10] 斯捷拉·布拉戈也娃:《季米特洛夫传》, 译湘譯, 第 113 頁, (世界知識出版社, 1958 年版)。
- [11] Galileo Galilei: «Dialogues Concerning Two New Sciences» translated by H. Crew and A. de Salvio, (New York, 1914).
- [12] 陈遵媯:“紀念伽利略誕生四百周年”, 人民日报, 1964 年 2 月 25 日。
李 迪:“伽利略在天文学上的貢獻”, 天文爱好者, 1964 年 2 月号。
李 珩、王錦光:“近代实验科学的創始人伽利略”, 科学画报, 1964 年 2 月号。
拾 风:“伽利略的勇敢”, 文汇报, 1964 年 3 月 1 日。
林万和:“伽利略的生平及其对科学的貢獻”, 物理通报, 1964 年第 3 期。
- [13] Simon Stevin: «Beghinselen der Weeghconst», (1586).
M. Steichen: «Mémoire sur la Vie et les Travaux de Simon Stevin»; p. 25, (Bruxelles, 1846).
- [14] Lane Cooper: «Aristotle, Galileo, and the Tower of Pisa», (London—New York, 1935).
- [15] 席泽宗:“万有引力定律是怎样发现的”, 文汇报, 1961 年 10 月 8 日。
乐 夫:“万有引力定律建立的历史”, 物理通报, 1963 年第 3 期。
- [16] 鉄木生可:《材料力学史》, 常振穢譯, 第 10—14 頁, (上海科技, 1961 年版)。
- [17] К. А. Баев: «Создатели новой астрономии», стр. 119—120, (Москва, 1935).
- [18] 恩格斯:《自然辯証法》, 第 158 頁和第 5 頁, 人民出版社, 1955 年版。
- [19] 瓦維洛夫:《伽利略》, 任华譯, 人民出版社, 1954 年。
- [20] 何兆清:《科学思想概論》, 商务, 1945 年版。

伽利略的工作早期在中国的传布

嚴 敦 杰

(中国科学院中国自然科学史研究室)

提 要

本文分三部分介绍伽利略的工作早期在中国的传布：(一)《五緯曆指》“新星解”释——介绍早期传入的伽利略天文发现。(二)《远西奇器图說》及《灵台仪象志》中引用的伽利略著述。(三)伽利略比例規在我国流传始末。

《五緯曆指》“新星解”释——介绍早期传入我国的伽利略天文发现

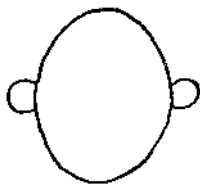
公元 1610 年伽利略撰《星际使者》(Sidereus Nuncius)一书,发表他用望远镜观测天体的記載,内容包括伽氏对月面的观测、对星团的观测、对銀河的观测、以及对木星四卫星的观测。次年(1611),克普勒(Johannes Kepler)撰《透鏡光学》(Dioptrics),中論伽氏此书,推崇备至。《透鏡光学》內复录有伽氏致克普勒函,述及对土星的观测及对金星位相的观测。又次年(1612)伽氏在致卫尔塞(Mark Welser)三函中詳論对太阳黑子的观测。以上这些观测实为奠定近代天文学基础的一项重要内容。

明崇禎十三年(1640),湯若望(Joannes Adam Schall von Bell, 1591—1666)撰《曆法西传》,說:

“第谷(B. Tycho)沒后,望远镜出,天象微渺,尽著于是。有加利勒阿,于三十年前創有新图,发千古星学之所未发,著书一部。”

加利勒阿即伽利略,著书一部即《星际使者》。

伽利略《星际使者》一书内容,最早介绍入我国者实首見于阳瑪諾(Emmanuel Diaz, 1574—1659)撰《天問略》(1615)卷末,其文为:



“凡右諸論,大約則据肉目所及測而已矣、第肉目之力劣短,曷能穷尽天上微妙理之万一耶。近世西洋精于曆法一名士,务測日月星辰奥理而衰其目力羸羸,則造創一巧器以助之。持此器观六十里远一尺大之物,明視之,无异在目前也。持以观月,則千倍大于常。观金星太似月,其光亦或消或长,无异于月輪也。观上星則其形如图,圓似鸡卵,兩側繼有两小星,其或于本星联体否,不可明測也。观木星其四围恆有四小星,周行甚疾。或此东而彼西,或此西而彼东,或俱东俱西。但其行动与二十八

宿甚异，此星必居七政之内别一星也。观列宿之天则其中小星更多稠密，故其体光显相連，若白練然，即今所谓天河者。待此器至中国之日，而后詳言其妙用也。”

“近世西洋精于曆法一名士”即指伽利略。《天問略》的写成后于伽氏原著只有五年。《天問略》乃簡略言之，伽氏《星际使者》一书之介紹，其詳則見于《崇禎曆书》，薈萃《崇禎曆书》各卷內有关伽氏此书之內容，不啻为《星际使者》最早的中文本。茲以《五緯曆指》(1636)“新星解”一篇为主，以《崇禎曆书》其他各卷有关部分比附之，并略加詮釋，以見早期传入我国伽利略天文发现的一斑。

《五緯曆指》“新星解”

“按古今曆学，皆以在察璣衡，齐政授时为本。齐之之术，推其运行合会交食凌犯之属；在之之法，則目見器測而已。然而目力有限，器理无穷。近年西土有度数名家，造为窺筭远鏡，能視远如近，視小如大。其理甚微，其用甚大，具有本論。今述其所测有关七政者一二如右”。

按湯若望《远鏡說》(1626)亦言“夫远鏡何昉乎，昉于大西洋天文士也。”度数名家及大西洋天文士均指伽利略。伽利略《星际使者》¹⁾自云：“約十閱月前，一消息入吾耳，云荷兰人某已造就一望远鏡。……不久，此消息得为法人白多瓦(J. Badovere)由巴黎来函証实。此使余坚定，必須首先研究此远鏡之理，然后仿造此器。于是余即沉思于光綫折射之学。”此后伽利略即造出第一个天文望远鏡²⁾。

我国于崇禎二年(1629)已自造望远鏡，見徐光启修曆奏疏。現故宫博物院尚保存清康熙、乾隆时代自造的望远鏡多具。

“其一：用远鏡見周天列宿为向来所未見者不可数計。說見《恆星曆指》三卷”。

按《恆星曆指》(1631)卷三說：“至若用远鏡以窺众星，較多于平时不啻数十倍，而且光耀粲然，界限井然也。即如昴宿，传云七星，或云止見六星，而实有三十六星。鬼宿四星，其中积尸气相传为白气如云耳。今如图，甲为距星，乙为本宿东北大星，其間小星三十六，了然分明可数也。他如牛宿中南星、尾宿东魚星、傅說星、觜宿南星皆在六等之外，所称微茫难見者；用鏡則各見多星列次甚远。假如觜宿南一星数得二十星，相距如图，大小不等。可征周天諸星实无数也。”

此全取材于伽氏《星际使者》一书。伽氏云：“次述金牛座中六星，曰昴星团(Pleiades)。余謂六星乃傳聞也，实则可見为七星。在此六星区間，羣星丽天，不亚有四卜星，咸对六星无超半度之差。余取其中三十六星繪諸丁图。”又云：“余曾觀測此类星羣。茲取二例：一見于图，乃猎戶座中猎戶首星，余数得凡二十星。次乃蜂巢星

1) 《星际使者》原书見法伐罗(Antonio Favaro)主編《伽利略全集》(Le Opere di Galileo Galilei)第三卷第一分册。本文所据为卡罗斯(F. S. Carlos)1880年英譯本。

2) 見 H. C. King, 《The History of the Telescope》(1955), 第3章第34頁。

团(Praesepe),非独一星。在小駟星(Aselli)之間約四十小星有余,余取三十六星如附图。”猎户座中猎户首星即猎户 φ' ,当我国觜宿二星。蜂巢星团位巨蟹座 α 与 δ 之間为积尸增三,Aselli凡两星即巨蟹 δ 及 γ 星,当我国鬼宿四星及三星。《恆星曆指》所附图与《星际使者》原图全同。(見下图1及图2。)

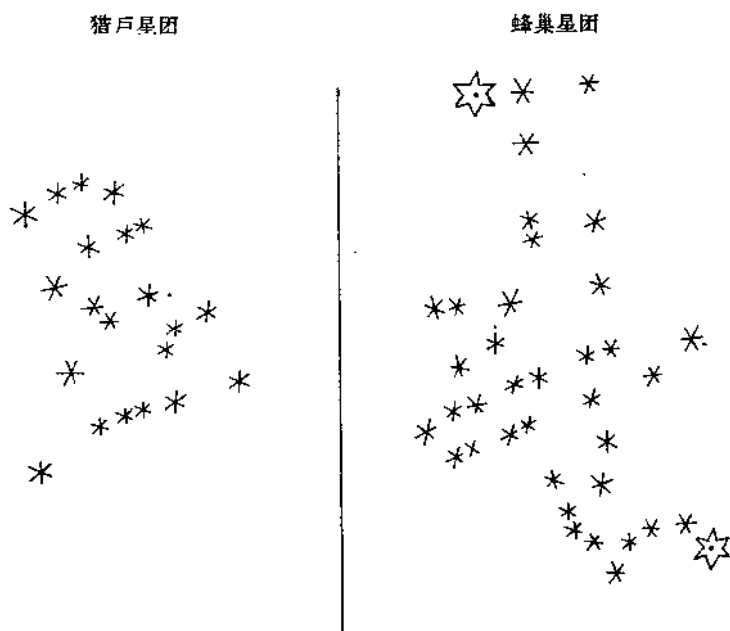


图1 伽利略《星际使者》内猎户星团与蜂巢星团图(据《伽利略全集》本。)

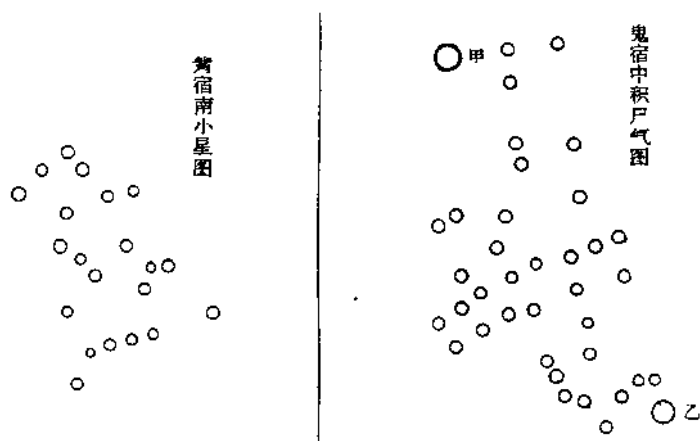


图2 《恆星曆指》内觜宿南小星及鬼宿中积尸气图(据《古今图书集成》引用本。)

《恆星曆指》卷三又云:“天汉,……远鏡既出,用以仰窺,明見为无数小星。”伽氏《星际使者》論銀河亦称:“为众小星羣集而成。”

明末陈子龙(1608—1647)撰《史記測議》(1640)卷二十七天官书内尝言“鬼宿旧传四星,其中积尸气如云耳。近测得二大星,中間实有三十六小星也。此皆古人仪器

未精之故。”又言“昴宿皆云七星，或曰六星，近测之实三十六星也。”陈与徐光启交誼甚深，此当闻之于徐光启而得。又方以智（1611—1671）撰《通雅》（1641年自序）卷十一：“云汉，细星之光也。西学以窥天镜窥之，皆为至细之星，如郎位旄头而微，望之若河耳。”方以智尝有《崇禎曆书约》之作，此即引自曆书者。至清康熙乙卯（1675）揭暄撰《璇璣遺述》，其卷末言“觜南星为二十一，积尸气为三十六，银河皆小星攒合，其数无虑。”也取材于《曆书》。

“其二：土星向来止见一星，今用远镜见三星，中一大星，是土星之体，两旁各一小星，系新星，如图。两新星环行于土星之上下左右，有时不见，盖与土星体相食。或曰：土星体非浑圆体，两旁有附体如鼻，以本轴运旋。故时见圆，时见长。此土星之两异行，未定其率。盖本周极迟，初见时至今年未滿一周天故也。或曰：时见三星相距有近有远，安得谓之合体。二说不同，未知孰是，须久测乃知之。”



《远镜说》：“用以观土星，则见两旁有两小星，经久渐益近土，竟合而为一，如卵两头有耳焉。”揭暄《璇璣遺述》亦说：“土有两小星，相夹如彗耳，经久渐合而为一，亦食也，久之复离。”说者或谓此乃伽利略半发现（half discovered）土星环。¹⁾

伽氏于1610年11月13日致克普勒函云：“使人十分惊愕，余发现土星实不只一星，共三星，彼此相接，形如○○固定不变。中间之星大于两旁小星奚止倍蓰，两小星一位于东，一位于西。与大星相互而间隔仅髮际，试以镜窥之，渠等并非界限井然。唯土星体有时见长，若形如课果○○。”

伽氏于1612年5月4日致卫尔塞函中有土星图作○○及○○。又于1612年12月1日致卫尔塞函云：“约三年前，余尝书之，使余十分惊愕为余已发现土星为三体组成，即三星合在与黄道平行之一直线上，其中间一星大于两旁星远甚。余信渠等必相互牵制，因余于初发现时渠等即接触一起，两年来固无丝毫改变也。因此余停止对土星的观测。但数日前余复观之，则发现仅存一体，并无两星伴随，形如正圆。此突然变异将何以置言？抑此两小星已被毁灭？抑土星吞食其子？或由于余及随同余观测者长期以来受远镜之错觉而所致乎？”

《天问略》及《五緯曆指》所附土星图都与伽氏原图相同。（图已见文内。）

“其三：木星目见一星，今用远镜见五星。木星为心，别有四小星常环行其上下左右。时相近，时相远，时四星皆在一方，时一或二或三在一方，余在他方，时一或二不见。皆用远镜可测之”。

《远镜说》：“用以观木星，则见有四小星左右随从，护卫木星者。四星随木有规则，有定期，又有食时，则非宿天之星明矣。欲知其与木近远几何，宜先究其经道圈处，合下即验矣。”

1) 见 H. N. Russell and Others: «Astronomy» (New York-London, 1945) Vol. I, p. 384.

伽利略于1610年1月7日发见木星卫星。是日晚发见的为三卫星,二在木星之东,一在西。至1月13日始全发见四星,一星在东,三星在西。《星际使者》内著录自1月7日至3月2日,凡观测六十四次。按此项观测工作自1610年起之后并未中断。据现存有关伽氏的著作知木星卫星观测直至1619年11月,前后将达十年¹⁾。我国在崇禎六年十一月十六日夜(1633年12月16日)于北京曆局用远鏡望木星见四卫星。《五緯曆指》有此观测图。明王英明《曆体略》(1639)说:“岁星四周有四小星,繞行甚疾,或此东彼西,或彼东此西,或俱东俱西。”所述与《天問略》同。揭暄《璇璣遺述》卷四说:“木有四小星,左右随从行甚疾,有規則,有定期,又有食时。”则采自《远鏡說》。“初测者作此直綫图。共九测:一为万历壬子年,太阳在玄枵初度辰时。二为癸丑年,太阳在玄枵二十六度子正时。三为本年次日寅初三刻。四为本年太阳在氐廿三度亥初刻。五为次日丑正刻。六为甲寅年,太阳在大梁八度亥初一刻。七为本日子初刻。八为次日子正二刻。九为本日寅初刻”。

按此九测当即自伽利略观测中选录。其对照日期考得为

1. 1613年1月19日 晨
2. 1613年2月14日 午夜
3. 1613年2月15日 晨
4. 1613年3月13日 午夜
5. 1613年3月14日 晨
6. 1614年4月28日 午夜
7. 1614年4月28日 午夜
8. 1614年4月29日 晨
9. 1614年4月29日 晨

《伽利略全集》第五卷,第241—245頁有伽氏1613年1月至5月观测直綫图,与《五緯曆指》附“木星旁小星图”形式全同。见图3及图4。

“依上测得其相距极近之圈半径为木星三径,次小星圈半径为木星四径,第三为五径,第四为十径。”

按此即以木星直径为单位求四卫星与木星間的平均距离。今测木卫一为木星径2.97,木卫二为木星径4.72,木卫三为木星径7.52,木卫四为木星径13.23。

“其行右旋,在上順行,在下逆行。近本星疾行,距远迟行。順行与木星会則不見,盖木星食之。逆行不食,可知其环行也。又木星为其环行之心。又环行之大圈平面不与木星之本道同面,而四小星之各圈平面又不作一大圈平面。盖其高下不一,在高者距南,在下者距北”。

1) 《伽利略全集》第三卷第二分册有各年观测记录及观测图。

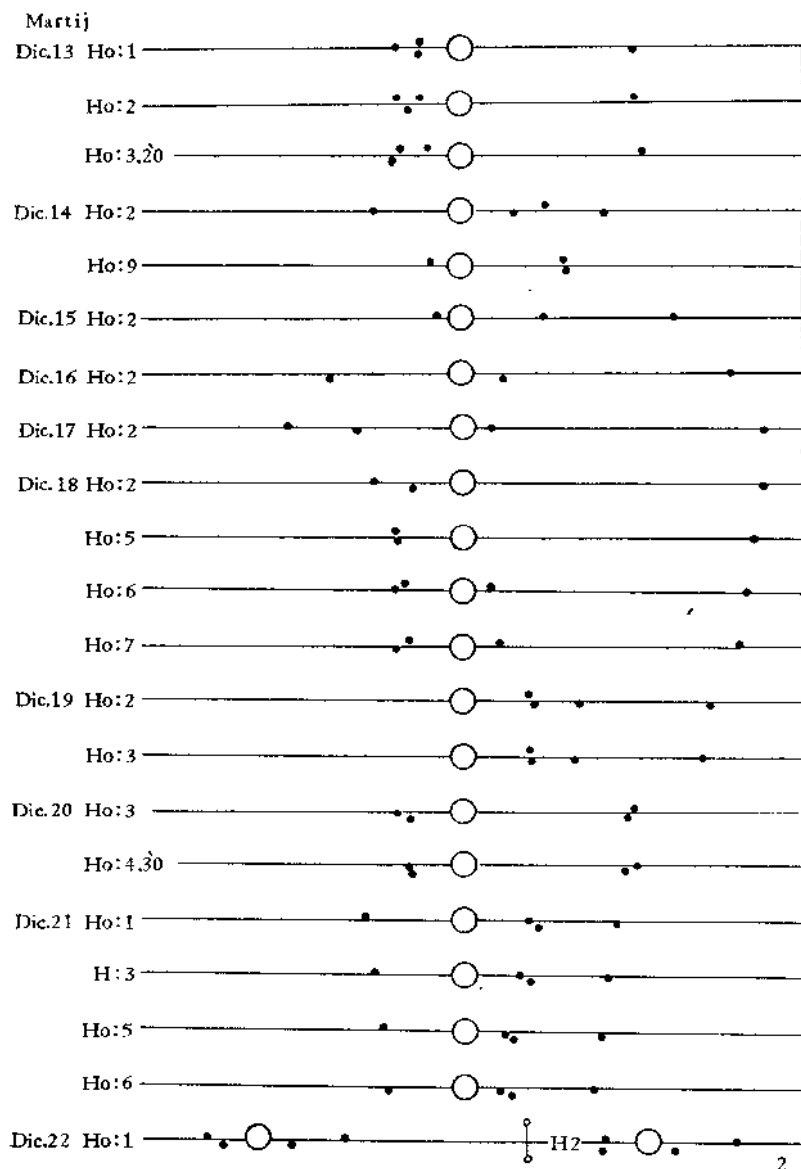


图3 伽利略木星四卫星观测直綫图(原图共5頁,此为第2頁。)

“木星甲为心。……乙星行滿本周为一日七十四刻。丙星行一周为三日五十三刻有奇。丁星行一周为七日十六刻。戊星行一周为十六日七十二刻弱。皆从木星会合时起算,不用距木星之极远,盖众星依本小輪行至左右为留段,不見其行,无从得眞率也。(下略)”

《星际使者》原书内未記載四卫星的运行会合周期。1611年9、10月間阿古奇(G. B. Aguechi)尝三度致函伽利略討論及此¹⁾。据10月29日一函中阿古奇曾提到对木卫四的周期称伽氏所得与阿氏所得不同。知1611年(即《星际使者》出版后次年)

1) 原函見《伽利略全集》第十一卷。

伽氏已在对这四卫星运行会合周期进行计算。1612年出版的伽氏著作《论水中物体的性质》¹⁾一书中第一页著录了此四卫星的会合周期数据。伽氏谓第一卫星每时行八度二十九分,凡一日又十八时半行一周期。第二卫星每时行四度十三分,凡三日

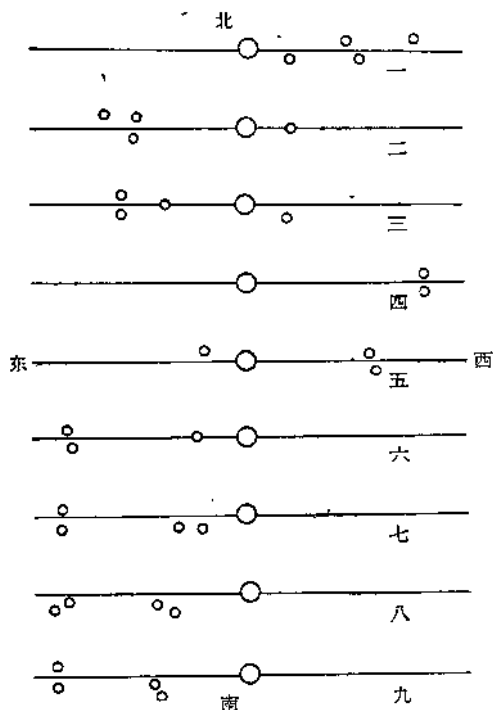


图4 《五緯曆指》中的“木星旁小星图”

上所云刻数与此全相吻合。

先是德国天文学家夏奈尔(Christopher Scheiner, 1575—1650)曾立說对伽利略有所責难。1612年12月1日伽氏致卫尔塞函中云:“此四卫星确属星体,与其他星体一样恆悬蒼穹。渠等不会消失或隱蔽,除非与木星相食,如月食然。渠等运行有規則,有定期,彼²⁾非不能計算乎,盖彼之工作不若余之深入也。余曾多次終夜观测而得之,并已于余所著《论水中物体的性质》一书中开宗明义揭示之,諒閣下已見及。余要求彼再观测卫星星数。彼将发现其数不超过四³⁾。……其次,彼立出各卫星距木星数均誤。其三,彼对卫星的位置决定全盘皆誤,盖彼并不承認渠等每晚位置的更易也。”“其四:为金星,旁无新星。特其本体如月,有朔望,有上弦下弦,見本曆指第五卷。”

《五緯曆指》卷五:“試測金星于西将伏、东初見时,用远鏡窺之,必見其体其光皆

又十三时少行一周期。第三卫星每时行二度六分,凡七日又四时行一周期。第四卫星每时行零度五十四分,凡十六日又十八时行一周期。伽氏以一日为二十四小时計,茲換算一日为九十六刻,則

木卫一(乙星)周期

$$1 \frac{18.5}{24} \text{ 日} = 1 \frac{74}{96} \text{ 日}$$

木卫二(丙星)周期

$$3 \frac{13 \frac{1}{3}}{24} \text{ 日} = 3 \frac{53 \frac{1}{3}}{96} \text{ 日}$$

木卫三(丁星)周期

$$7 \frac{4}{24} \text{ 日} = 7 \frac{16}{96} \text{ 日}$$

木卫四(戊星)周期

$$16 \frac{18}{24} \text{ 日} = 16 \frac{72}{96} \text{ 日}$$

1) 《伽利略全集》第四卷。茲据 1653 年薩勒斯勃雷(T. Salusbury)英譯,“Discourse on Bodies in Water”, (1960 年版)。

2) 此处彼系指夏奈尔,当时伽氏尚不知其名。

3) 按夏奈尔实未發現此四卫星以外的第五个卫星。故伽利略质之甚确。木星第五个内卫星直至 1892 年 9 月巴納尔德(E. E. Barnard)在立克(Lick)天文台始发现之。又木星七个外卫星則在二十世紀陸續发现。