

“十一五”国家重点图书出版规划项目

1

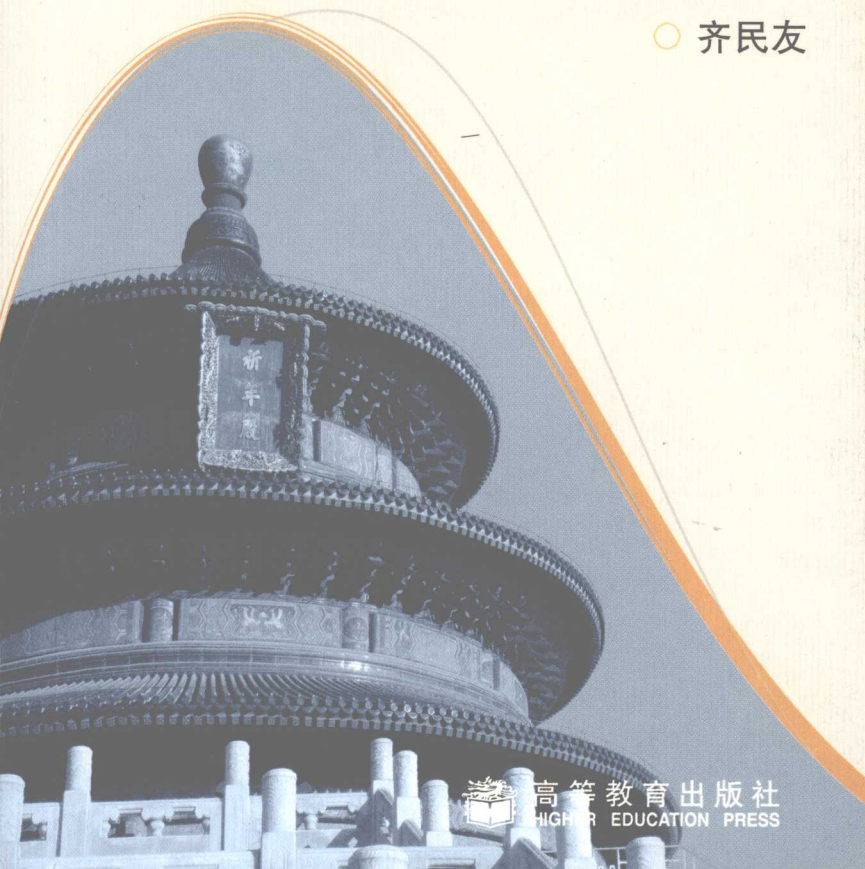
□ 数学文化小丛书

李大潜 主编

遥望星空（一）

——人类怎样开始认识太阳系

○ 齐民友



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

“十一五”国家重点图书出版规划项目

数学文化小丛书

李大潜 主编

遥望星空 (一)

——人类怎样开始 认识太阳系

齐民友

高等教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

遥望星空. 1. 人类怎样开始认识太阳系 / 齐民友.
—北京: 高等教育出版社, 2008. 6
(数学文化小丛书/李大潜主编)
ISBN 978-7-04-023652-1

I. 遥… II. 齐… III. 太阳系—普及读物
IV. P18-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 057175 号

策划编辑	李蕊	责任编辑	崔梅萍
封面设计	王凌波	责任绘图	杜晓丹
版式设计	王艳红	责任校对	朱惠芳
责任印制	韩刚		

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn

经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司		http://www.landrace.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com

开 本	787×960 1/32	版 次	2008年6月第1版
印 张	3.25	印 次	2008年6月第1次印刷
字 数	57 000	定 价	10.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23652-00

数学文化小丛书编委会

顾问：谷超豪（复旦大学）

项武义（美国加州大学伯克利分校）

姜伯驹（北京大学）

齐民友（武汉大学）

王梓坤（北京师范大学）

主编：李大潜（复旦大学）

副主编：王培甫（河北师范大学）

周明儒（徐州师范大学）

李文林（中国科学院数学与系统科学研究院）

编辑工作室成员：赵秀恒（河北经贸大学）

王彦英（河北师范大学）

张惠英（石家庄市教育科学研究所）

杨桂华（河北经贸大学）

周春莲（复旦大学）

本书责任编辑：王培甫

数学文化小丛书总序

整个数学的发展史是和人类物质文明和精神文明的发展史交融在一起的。数学不仅是一种精确的语言和工具，不仅是一门博大精深并应用广泛的科学，而且更是一种先进的文化。它在人类文明的进程中一直起着积极的推动作用，是人类文明的一个重要支柱。

要学好数学，不等于拼命做习题、背公式，而是要着重领会数学的思想方法和精神实质，了解数学在人类文明发展中所起的关键作用，自觉地接受数学文化的熏陶。只有这样，才能从根本上体现素质教育的要求，并为全民族思想文化素质的提高夯实基础。

鉴于目前充分认识到这一点的人还不多，更远未引起各方面足够的重视，很有必要在较大的范围内大力进行宣传、引导工作。本丛书正是在这样的背景下，本着弘扬和普及数学文化的宗旨而编辑出版的。

为了使包括中学生在内的广大读者都能有所收益，本丛书将着力精选那些对人类文明的发展起过重要作用、在深化人类对世界的认识或推动人类对世界的改造方面有某种里程碑意义的主题，由学有

专长的学者执笔,抓住主要的线索和本质的内容,由浅入深并简明生动地向读者介绍数学文化的丰富内涵、数学文化史诗中一些重要的篇章以及古今中外一些著名数学家的优秀品质及历史功绩等内容。每个专题篇幅不长,并相对独立,以易于阅读、便于携带且尽可能降低书价为原则,有的专题单独成册,有些专题则联合成册。

希望广大读者能通过阅读这套丛书,走近数学、品味数学和理解数学,充分感受数学文化的魅力和作用,进一步打开视野,启迪心智,在今后的学习与工作中取得更出色的成绩。

李大潜

2005年12月

目 录

一、引子	1
二、古代宇宙的图景——地心说	3
亚里士多德和地心说	3
托勒玫的地心说	10
地心说与基督教	15
三、哥白尼的革命，现代科学的兴起	20
哥白尼和他的日心说	20
火星的逆行运动	28
开普勒	34
四、近代科学的伟大开创者——伽利略	51
伽利略的生平	52
伽利略与力学	57
伽利略和他的望远镜	78
伽利略与宗教裁判所	81
五、结束语	92

一、引子



图 1 Twinkle, twinkle, little star...

这一幅美丽的图画一定会引起我们的遐想：谁不曾经历过这种美好的时刻？它是我们儿时的回忆，它是流传了多少年的童谣。恐怕每个人都会唱一首歌曲：

Twinkle, twinkle, little star,	小星星，眨眼睛，
How I wonder what you are.	你是什么小精灵？
Up above the world so high,	离开尘世高又远，
Like a diamond in the sky.	好比钻石挂天心。
Twinkle, twinkle, little star,	小星星，眨眼睛，
How I wonder what you are!	你是什么小精灵？

这首童谣已有一百多年的历史了.但是你想过没有,这图上的星星是什么星?人类也是从自己的童年(也就是从遥远的古代)就为星空着迷.这既是实践的需要:航海、农事都少不了天文知识,同时也是精神的需要:祭祀、祈福、迷信、宗教,都离不开它.更重要的是,它是诗歌、艺术,特别是科学的源泉.我们看到了星空的广阔无垠和无比深邃.星星也在看着我们.星星也看到了无比深邃和广阔无垠,那是人类的思想、智慧和人类的感情.

但是要想认识广阔无垠的星空,人类只能从最接近的太阳系开始.所以在这本小书里,我们想从数学角度看看,星星给了我们什么数学的启示,数学又怎样让我们开始了解太阳系.

二、古代宇宙的图景 ——地心说

亚里士多德和地心说

上面我们说了,从远古时代,人类就关注着遥远的星体.各个民族(包括我国)都有自己的“创世纪”.但是超出神话的、有理性的学说,就要从古希腊说起了.这可能是因为人的理性和逻辑思维,在希腊特别受到了重视.最早的希腊学者之一是毕达哥拉斯(Pythagoras,约公元前530年).他率领自己的弟子们在今意大利南部的克罗顿(Croton)建立了一个学派.这个学派的主张是“宇宙即数”,认为数包含了宇宙最深的奥秘.例如,10表示完美.所以他们认为星空中应该有10个天体.这个学说认为,宇宙的中心是一团火(hearth of the universe),其外是5个行星(5 planets)(当时人们只知道五个行星),然后有日(sun),月(moon),地(earth).一共才九个,所以还要再添一个“反地(counter-earth)”一共凑成十个.这样一来,宇宙就完美无缺了.恒星则在外面,毕达哥拉斯没有考虑.

我们不要嘲笑老祖宗。毕达哥拉斯的宇宙图景，虽然缺少观测的基础，却表现了一种重要的认识：宇宙必服从深层的规律，而这种规律是数学规律。宇宙是完美的，表现为：数10是完美的，圆形和球形也是完美的。宇宙深层的规律是数学规律，这一思想一直延续到伽利略以后；用圆形和球形来刻画天体的运动，也一直到了开普勒才改变。在人类思想史上，宇宙深层的规律是数学规律这一认识，无疑是由毕达哥拉斯开创的。这些思想被柏拉图继承了，也被亚里士多德继承了。柏拉图和亚里士多德的宇宙图景，都具有思辨的色彩：他们都是从某些原则而不是观测结果开始，例如从“宇宙必须是完美的”开始，然后再推论到各种具体事项。这些原则被当作至上的，所以称为“形而上”；与此相对，具体的、物质的东西就成了“形而下”的。在人类历史的古老时代，人对宇宙的认识必然具有浓厚的形而上学色彩。亚里士多德的宇宙图景，也不例外。

亚里士多德（前384—前322）和柏拉图一起，是最有影响的希腊哲学家。亚里士多德是柏拉图的学生，然而见解却不相同。“吾爱吾师，吾尤爱真理”据说就是亚里士多德谈论自己与老师柏拉图的分歧时的名言。亚里士多德和柏拉图的分歧之一在于，他认为柏拉图过分强调了数学的重要性。确实，亚里士多德不是数学家，也不是天文观察者。他对于数学发展具体的贡献不多，宁可说，他之影响数学，在于他开创了逻辑学。我们都知道的三段论法就是亚里士多德的贡献。亚里士多德关于宇宙的学说，主要见于

他的《物理学》(*Physics*)和《论天》(*de Caelo*)两书. 在其中, 亚里士多德认为宇宙是有中心的、有限的. 因为如果宇宙无限, 它就不可能有中心. 这个中心就是地球. 地球和其他星体都是球形的, 因为球形是最完美的图形. 宇宙分为地界和天界, 除了地球以外其他天体都属于天界, 都嵌在水晶球上. 一共有10个水晶球, 从最内的地球, 依次向外是月球、水星、金星、太阳、火星、木星、土星和恒星的住处. 最外面的是“永动天”. 所谓恒星, 并不是位置完全不动的星球, 而是说它相对于其他恒星的位置不变. 例如北斗七星, 尽管一年四季和每天深夜和第二天破晓, 它的位置和那个杓柄的方向都不同, 但是它总是那个大杓挂在北方的天空, 和其他天体的相对位置是不变的. 至于行星, 其位置相对于恒星是变动

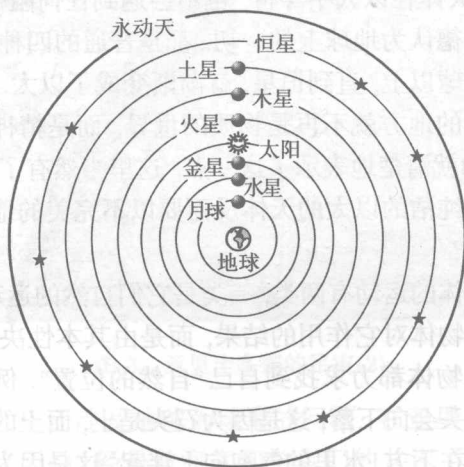


图 2 亚里士多德的宇宙(1)

的。“行星”一词在英文中是*planet*，来自希腊文的“漫游者”一词。至于永动天，那是宇宙的遥远的边界。它是一个永远匀速转动的水晶球，它的转动带动了所有星球都在转动。

这些星球和永动天是什么构成的呢？在亚里士多德的时代，希腊人认为，宇宙间一切事物都由四种基本元素构成。它们就是火、气、水、土。亚里士多德认为，这种组成适合于地界。地上的东西是可变动、不完全的，可以衰败腐朽；而天界里的天体既是完美的，它们就不能由不完美的四种元素构成。所以亚里士多德又加上了第五种元素：以太。后世的物理学家们常用这个名词，可能一直到爱因斯坦为止。亚里士多德当然完全没有后代关于以太的思想。在亚里士多德的理论中，以太没有定形，没有轻重，无处不在；天体在以太中穿行，也不会遇到任何阻碍。亚里士多德认为地球上的一切，都是普通的四种元素，而从月球以上，直到恒星，就渐渐变成了以太。永动天以外的地方就不再是物质的世界，而是精神的世界。图3就清楚地表示了这一点。这里当然有了矛盾：何以最纯洁的以太的天体反而要以不完美的地球为中心呢？

物体的运动有两类，一类是它们自然的运动，并非其他物体对它作用的结果，而是由其本性决定的：每一个物体都力求找到自己“自然的位置”。例如山上的石头会向下落，这是因为石头是土，而土的自然的位置在下方。水里的气泡向上浮起，这是因为气泡里面是气，而气的自然的位置在上方。总之，这些自

然的物质元素的运动都是直线运动. 然而, 天体应该是完美无缺的, 它的轨迹当然应该是一种最完美的几何图形, 这就是圆或者球. 所以, 天体的运动是匀速的圆周运动, 而这些圆周各位于自己的球面上(天体本身也是球形的). 这些球面必以地球为中心. 因为地球既然是土, 它的各个部分都得向下掉落, 掉到地心去, 地心也必然是宇宙的中心. 另一类运动是物体被迫的运动, 要产生这种运动就得有原因, 这就是“力”. 不过我们要注意, 亚里士多德的时代不可能有我们现代关于力的概念(到了牛顿时代才完成), 许多其他的最简单的物理或力学概念如动量、质量、惯性等也都如此.



图 3 亚里士多德的宇宙(2)

这里还涉及地球为球形的问题. 在亚里士多德的时代, 这已经是航海家和学者们的共识了. 亚里士多德还知道, 月食时的阴影为圆形, 正是地球为球

形的证据。从我们做小学生起，学校和各种图书都告诉我们，是哥伦布发现了地球是球形的。这是一个误会。在哥伦布的年代，就是14—15世纪，尽管不少人还以为地是平的，地的外面是大海或者无法翻越的高山，地的边上有四根大柱子，大柱子由一只大乌龟驮着，乌龟又站在什么东西的背上，如此等等。很可能，你的爷爷奶奶就给你讲过这样的故事。水手们最知道这只是一个故事。你想，如果地的外边就是大海，海的尽头又有什么呢？船走到这个尽头岂不就“掉下去了”吗？其实哥伦布和许多人一样，知道地球是球形的，但是他把地球估计得太小了，以为他的小船队就足以环绕地球一周了。所以当他到达了加勒比海的岛屿时，他真的以为自己已经完成了环绕地球的壮举！

亚里士多德的宇宙图景(或者说“宇宙模型”，以后我们就都这样说)有什么缺点呢？首先，它太复杂。图2上画了九个球面只是一个大概。其次，它只是一个定性的模型。可以说，亚里士多德没有“数据”的概念。在亚里士多德的著作里，找不到列成表的数据。更突出的是，它不能解释许多重要的现象。例如，它不能说明何以月面的面积在一个月之内有10%的变化，也不能说明为什么星球的亮度也是变化的。特别是，它不能说明“逆行”现象的原因。什么是逆行现象？按照我们熟悉的日心说，地球沿自己的公转轨道东行，相对于此，我们会看到恒星由东向西运行。就是说，例如北斗星今天在天球的某个位置，明

天再去看它,它却向西移动了一点.但是行星却不一样,有时它会逆转方向由西向东移动.这就叫做逆行现象.尤其是火星,逆行现象十分明显.图4^①就是火星逆行的照片.它非常引人注目,但是只需要很初等的数学知识就能解释它,而且最好不过地说明了日心说何以更优越.所以我们将讨论哥白尼的学说时再详细讨论.

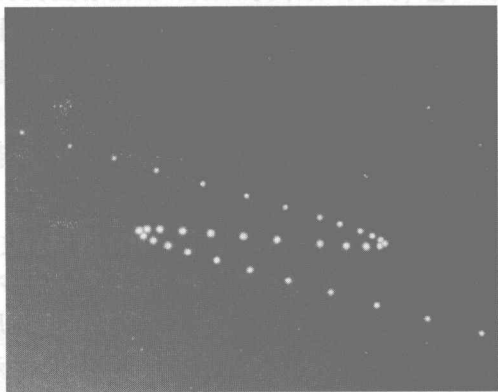


图4 火星的逆行运动

许多书上喜欢说亚里士多德的学说是错误的.我以为,这个说法很难说服人.地心说是最容易为人们接受的.因为谁都有这样的经验:每个昼夜,

^① 见NASA网站的“今日天文图”(Astronomical Picture of the Day, 以下我们在引用这个网站时就简称APOD),发表于2006年4月22日.右下角是火星2005年7月的位置,左上角则是它2006年2月的位置.每周拍摄一次,放在一张照片上就成此图.

我们都看见日月星辰从东方地平线升起，又向西方地平线下落，划出一个个完美的圆形。地心说由此有深厚的直觉基础。同时，亚里士多德的学说是第一个摆脱了神话和迷信的宇宙图景(宇宙模型)。它认为宇宙有自己的规律，不需要神的参与，这就为科学地研究天体开辟了道路。亚里士多德的学说确实曾经阻碍了人们的思想，这一方面是因为科学在发展，任何一种学说，如不发展，都会过时，但是更多的是由于宗教对于人类思想的束缚。这一点，下面还要详细讨论。

托勒玫的地心说

对于托勒玫的生平事迹我们所知甚少，只在大体上知道他是公元1—2世纪之间的亚历山大里亚天文学家。(但是请注意，不要把他和亚历山大大帝任命的埃及统治者托勒玫(Ptolemy Soter)混成一个人。)托勒玫的宇宙模型仍然是亚里士多德的地心模型，但是有很大的修正，可以说是一个数学化了的亚里士多德地心说。这是因为在托勒玫生活和工作的时期，亚里士多德的时代已经过去了好几个世纪，其间，数学和天文学都有了长足的发展。托勒玫的著作中包括了许多重要希腊学者(其中最重要的是希巴谷(Hipparchus)和阿波罗尼乌斯(Apollonius))的成就。他又深受欧几里得《几何原本》的影响，所