

 青少年科普阅读丛书



人类怎样认识 宇宙

(第二版) 赵君亮 著

上海科学技术出版社



青少年科普阅读丛书



赵君亮 著

人类怎样认识宇宙

(第二版)

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

人类怎样认识宇宙/赵君亮著. —2版. —上海:上海科学技术出版社, 2011. 12(2013. 11 重印)

(青少年科普阅读丛书)

ISBN 978—7—5478—1131—3

I. ①人... II. ①赵... III. ①宇宙学—青年读物
②宇宙学—少年读物 IV. ①P159—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 006162 号

责任编辑 曾文

赵玲丽

封面设计 戚永昌

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 700×1000 1/16 印张 17.25

字数 270 千字

2011 年 12 月第 2 版 2013 年 11 月第 4 次印刷

ISBN 978—7—5478—1131—3/N·12

定价:30.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

伽利略曾经有这么一段名言：“科学的真理不应该在古代圣人蒙着灰尘的书本中去寻找，真正的哲理是写在那本经常在我们面前展开的最伟大的书里，这本书就是宇宙，就是自然本身，人们必须去读它。”

天文学是以宇宙和宇宙中各类天体、天象为研究对象的一门自然科学，其发展史源远流长。如果说，对 100 万年前出现的直立人，或者 10 万年前的晚期智人是否已开始观看夜晚天空中的星星如今已无从考证，那么自有文字记载以来，人类对天象的关注至少已有四、五千年的历史。认识宇宙，最早也许源自人的好奇心，但更是因为人们生活和生存的需要，而发展到今天则已成为人类探索大自然奥秘并为己所用的不可或缺的重要组成部分。

人类认识宇宙的进程主要包含了两方面的内容，这就是了解宇宙中各类物质形态的内在性质，从而获得相关的科学知识，以及探索取得这些认识的科学方法。掌握科学方法是获取科学知识的前提，这已无数次为科学发展的过程所证实，其中自然也包括天文学。古人由于缺乏科学知识，更少有科学方法，因无知而对“天”产生畏惧、崇敬的心理，于是迷信邪说和伪科学便应运而生，甚至今日仍有相当多的笃信者，而且其中不乏高学历的年轻人。从这一点来看，要使全人类正确认识宇宙可谓任重而道远。

天文学有一个不同于自然科学中许多学科的显著特点，那就是一旦出现了像日全食、彗木相撞那样的重大天象，或者人类实施诸如人造飞行器对彗星的深度撞击和登陆土卫六之类与天文学有关的高科技计划，则必然会引起广大公众和各路媒体的极大兴趣和关注。不少颇为时髦的天文术语，如类星体、黑洞、宇宙大爆炸、暗物质等，有的已广为流传，有的则更进入了普通大众的日常生活——昂贵的开支称为天文数字，贪婪者的心理被形象化地比喻为黑洞，等等不一而足。那么，为何天文学家能准确预报彗木相撞事件发生的时间和地点？宇宙起源于一次大爆炸的理由是什么，又为什么？天体的距离、质量这样的天文数字是怎样算出来的，可信吗？人类怎样在努力地寻找到外星

人并试图与之建立联系,成功的希望有多大?这类问题的解答不仅涉及到对宇宙的认识,更需要知道如何取得这些认识的方法和过程。科学大师对丰富人类的知识宝库做出了伟大的贡献,甚至付出了毕生的精力,但这并不仅仅因为他们具有超常的智慧,而且还在于这些科学家有着不折不挠和实事求是的科学精神,对于任何一个有上进心的普通人来说,认清这一点无疑会大有裨益。

为了使读者能对天文学的历史、发展和现状有一个比较明晰而又扼要的了解,包括有关宇宙的认识和认识宇宙的方法,本书的叙述方式是,在介绍知识的同时,以一定的篇幅融入取得这些知识的相关过程和方法,其间穿插一些杰出科学家对人类怎样正确认识宇宙的个人贡献,但既不完全拘泥于按对各类天体由近及远逐一介绍的思路来展开,也不强求面面俱到或章节之间的表观平衡。天文学的内容博大精深,相比之下笔者的认知水平则甚为有限,挂一漏万和错谬之处当在所难免。谨希望有机会翻阅本书的读者,能从书中的内容对天文学和天文学的研究对象宇宙的概貌有所认识,如果有所提高那就更好了。不过,读者也将会看到,天文学所涉及的方方面面听起来颇为引人入胜——这正是它经常成为科幻电影或科幻小说的题材,并为人们津津乐道的原因,但如果没有投身科学的精神,做起来可并不怎么轻松有趣,甚至还相当枯燥。

再一次引用伽利略的教诲,不要只限于从书本汲取学问,要把自己的视野和思考扩大到周围的整个世界。

赵君亮

2011年12月

目 录

第 1 章 人类认识宇宙的三部曲	1
1.1 日心说的创立和早期求证 / 1	
1.2 从观赏银河到认识银河系 / 14	
1.3 在科学争论中确认河外星系 / 23	
第 2 章 探索地球的近邻	32
2.1 行星发现简史 / 32	
2.2 寻找“失踪”的行星 / 45	
2.3 从深度恐惧到“深度撞击” / 54	
2.4 揭开行星环的奥秘 / 66	
2.5 太阳系的起源 / 74	
2.6 彗木相撞及其思考 / 82	
2.7 飞出地球去 / 97	
2.8 地球运动与历法变迁 / 110	
第 3 章 认识银河系 400 年	124
3.1 银河系天体的多样化形态 / 124	
3.2 洞察恒星奥秘的赫罗图 / 135	
3.3 恒星如何走完它的一生 / 144	
3.4 银河系的来龙去脉 / 158	
3.5 不断开拓测天之路 / 167	
3.6 探索外星知音 / 184	
第 4 章 更上一重天	201
4.1 银河系外的景观 / 201	
4.2 超大规模宇宙灾变 / 213	
4.3 宇宙在大爆炸中诞生 / 225	
4.4 佐证与异见 / 235	
4.5 量度宇宙的身材 / 246	
4.6 探索中深化对宇宙的认识 / 258	

第1章 人类认识宇宙的三部曲

中国古人就已对宇宙给了相当确切的定义。如《淮南子·原道训》注：“四方上下曰宇，古往今来曰宙，以喻天地”，这就是说“宇”者空间之称，而“宙”乃时间之谓。可见，人们很早就认识到，“宇宙”的概念应包括空间和时间两重性质。今天，人类已经对宇宙有了比较正确的认识，而这种认识的取得经历了几千年的漫长时光，许多科学家为之付出了毕生的精力。在这一认识的历史发展过程中，有3个最为重要的里程碑式重大事件，那就是哥白尼日心说的创立，赫歇尔认识银河系，以及哈勃发现河外星系。

1.1 日心说的创立和早期求证

地心说及其历史地位

人类从来就生活在地球上，由于直观上感觉不到地球的运动，人们很自然认为地球是不动的，而其他天体都绕着地球转，这就是地心说的认识基础。鉴于它的表观合理性，地心说很容易为人们所接受。主张地心说的早期代表人物是公元前4世纪的古希腊哲学家亚里士多德(Aristotle)，以及后来的古希腊学者喜帕恰斯(Hipparchus)，不过严格来说当时的概念还算不上是一种学说，它只能大体上说明天体的东升西落现象，学者们的思想并没有形成完整的体系，不能用来具体说明观测到的天体运动规律。

地球上所观测到的任何天体的运动称为视运动，实际上它包含了两种运动成分：天体自身的运动，以及因地球运动引起观测到的天体位置的变化；现在知道其中地球的运动还颇为复杂，包括自转、公转等成分，而这在当时并不清楚。因此，要想从天体的观测视运动情况来推知天体自身的实际运动规律，在两千年前可是一件很不容易的事。

公元140年，亚历山大城的天文学家托勒密(C. Ptolemaeus)完成了他的13卷巨著《天文学大成》(又译《至大论》)。在这部书中托勒密完整地提出了他的宇宙地心体系，并用了一套颇为复杂的本轮—均轮系





统来解释所观测到的太阳、月亮、行星和恒星的视运动特征。托勒密的思想并非凭空而来,他是在总结、发展前人一些观点的基础上,提出了自己的宇宙体系。例如,本轮—均轮系统即是继承了亚历山大城著名数学家阿波罗尼奥斯(Appollonius)的观念,而偏心圆的思想则取自喜帕恰斯。

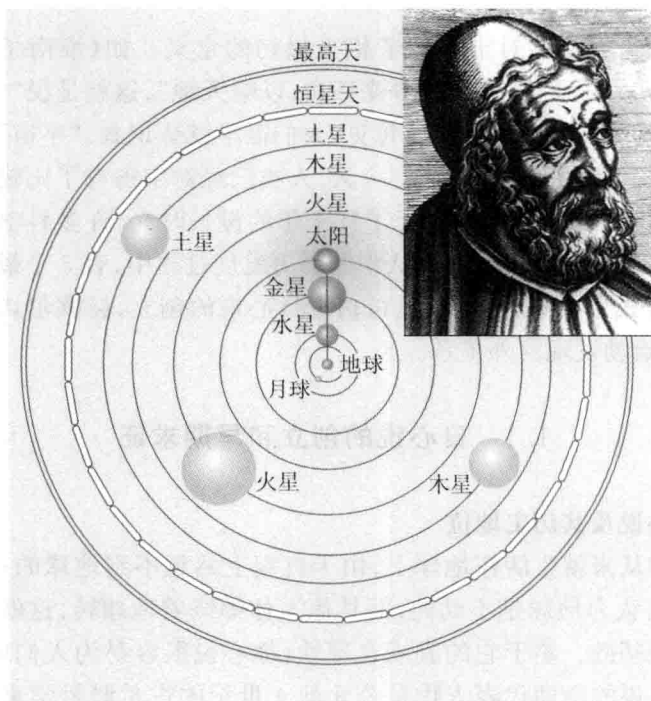


图 1.1 托勒密(约公元 90—168)和他的地心体系

托勒密地心体系的核心思想是,地球位于宇宙中心静止不动,太阳和月亮沿圆形轨道绕地球匀速转动。行星的运动比较复杂,每颗行星都沿着一个称为“本轮”的小圆绕本轮中心转动,而本轮中心又在称为“均轮”的大圆轨道上绕地球转动。地球并不位于各行星均轮的中心,而是离圆心有一段不大的距离,称为偏心圆。恒星都位于称为“恒星天”的固体壳层上,日、月、行星除了上面提到的运动外,还与“恒星天”一起每天绕地球转动一周。托勒密对他的体系作了精心的设计,包括恰当地选择各个均轮与相应本轮的大小之比,行星在本轮上的运动速度,本轮中心在均轮上的运动速度,本轮平面与均轮平面之间的交角,以及地球到均轮中心的距离等。



在当时观测精度不高的情况下,用托勒密设计的地心体系能较好地说明行星的视运动特征,这就得到了观测的证实。另一方面,西方宗教主张上帝创造人,因此人所居住的地球必然处于一个特殊的位置上,那就是宇宙的中心,而且当然是不动的。地心说与上帝创造人的宗教思想相一致,自然为宗教界所接受,这就是地心说得以长期留传的社会基础。实际上,随着时间的推移,人们便发现托勒密体系不能很好地与观测相符合,但长时间内始终未能跳出地心体系的束缚。一千多年后,阿拉伯天文学家萨蒂尔(I. Al-shatir)为了修正托勒密的体系,以能在地心说的框架内消除理论与观测的矛盾,采用了本轮套本轮的多级本轮系统,以至最后系统内的本轮和均轮总数居然达到 80 个之多!

尽管地心说早已被人们彻底抛弃,然而在人类的认识长河中不应完全否认它的历史地位和作用,托勒密的地心说反映了人类早期的认识水平,其中也有正确的内涵。比如,他主张地球是球形的,这一正确的认识在科学发展史中起了极为重要的作用。由于没有万有引力的概念,球形地球的观点长时期受到一些学者的猛力抨击和基督教会的扼杀,直到 1519—1522 年间葡萄牙航海家麦哲伦(F. Magellan)首次环球航行成功才得以证实。此外,托勒密提出地球相对整个宇宙只是很小的一个点,认识到行星视运动只是行星实际运动的观测反映,天体在圆轨道上绕中心天体运动,恒星要比行星离地球来得远,等等,这些概念的基本思想无疑是正确的。托勒密学识广博,一生著作颇多,且涉及诸多领域,如天文学方面的《实用天文表》、《行星假说》、《恒星之象》、《日晷论》等,对大气折射现象和月球的运动亦有灼见,而《天文学大成》堪称当时的天文学百科全书。此外,他还著有 8 卷本的《地理学指南》、5 卷本的《光学》、音乐方面的《谐和论》,以及论述星占学的《四书》等。

日心说创立的艰难历程

早在两千多年前,亚里士多德的同时代人,古希腊天文学家、亚历山大学派的阿里斯塔克(Aristarchus)就已提出了朴素的“日心说”。他曾经设法测定了太阳、月亮和地球这 3 个天体之间的距离和它们的相对大小。在当时的认识水平和条件下,他的测量结果误差相当大,但还是正确地判断出太阳要比地球大得多。从大的太阳不应绕小的地球转动的逻辑推理出发,他指出位于宇宙中心的应该是太阳,而且



静止不动,地球则绕着太阳运动,同时又绕轴自转。可惜由于当时科学水平和社会条件的限制,这一天才的思想未能为人们所认识。

中世纪末,随着观测技术的进步,用托勒密地心体系推算出的大行星位置来说明实际天象的观测结果越来越发生困难,经人们修正后的地心体系变得越来越复杂,以至难以令人信服,一些有进步思想的学者对此深感不满。另外,当时欧洲许多国家随着手工业的迅猛发展,商业活动规模扩大,航海事业日益扩展,而地心说因不能准确预报太阳、月亮和行星的位置,无法据此提供好的航海历书。在这种状况下,作为有进步思想科学家的杰出代表人物,波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus)开始怀疑地心说的正确性,他受到阿里斯塔克日心学说的启发,经过潜心的分析和研究,在 1543 年出版的《天体运行论》中系统地提出了他的日心说。



图 1.2 哥白尼(1473—1543)和他的日心说手稿

1473 年 2 月 19 日,哥白尼出生于波兰的托伦,他 10 岁时父亲去世,后由舅父抚育和培养。18 岁进入克拉科夫大学,因受数学教授布鲁楚斯基(A. B. Brudzewski)的影响,立下献身天文学事业的意愿。嗣后,哥白尼多次往来于波兰和意大利之间,他学习和研究的领域甚为广泛,包括法律、医学、数学和天文学等,曾获得教会法博士。1512 年,在舅父去世后哥白尼便定居于波兰弗龙堡,而在 15 年前他已被选为弗龙堡大教堂的僧正,由于职务甚为轻松,大部分时间和精力便用于天文学研究。哥白尼一生的主要贡献就是创立了日心说,经过 30 几年的精心测算和不断修正,完成了他的不朽名著《天体运行论》。

身为僧正的哥白尼深知该书出版将会带来的严重后果,因此迟迟不愿付诸印刷,出版过程颇费周折。1540 年 7 月,哥白尼的挚友奥西安德尔(A. Osiander)建议把日心说作为一种假说提出,并强调只是为



了便于推算行星的位置,而不是宇宙的真实写照。对这种说法,哥白尼虽不赞成但也只能如此。在奥西安德尔的帮助下,《天体运行论》直到哥白尼弥留之际才得以问世。

哥白尼日心说的要点是:地球不是宇宙的中心,宇宙中心在太阳,所有天体都绕太阳运转;与恒星所处的天穹高度相比,日地距离是微不足道的;天穹周日旋转是地球自转的反映,太阳在恒星间的周年运动是地球绕太阳公转的反映,而行星的复杂视运动是地球和行星都在绕太阳运动的反映。

日心说又称“日心地动说”,它的关键思想是地球在运动,地球只是绕太阳运动的一颗普通行星,而不是宇宙的中心。日心说的意义不仅在于纠正了人们对宇宙(在当时就是太阳系)的错误认识,而且从根本上动摇了中世纪宗教神学的理论支柱。正因为如此,在哥白尼之后日心说因危及教会的思想统治,赞成、维护和宣传这一学说的学者,如布鲁诺(G. Bruno)、伽利略(Galileo Galilei)等人曾受到罗马教廷的残酷迫害。布鲁诺更由于他的宇宙图像比哥白尼走得更远而与宗教教义严重冲突,于1592年5月27日在威尼斯被教会诱捕。在长达7年多的



图 1.3 罗马百花广场上的布鲁诺铜像

严酷审讯中,布鲁诺始终坚持自己的观点。1600年2月17日,布鲁诺在罗马被活活地烧死。

1616年,罗马教廷对伽利略发出警告,强令他不得再坚持、宣扬、讲授日心地动说。同年,《天体运行论》被列为禁书。但是,这一切并没有动摇伽利略的科学信念。1632年2月,经过5年多的精心撰写和嗣后2年多的不懈努力,他的名著《两种世界体系的对话》正式出版发行,书中伽利略试图以两种观点之间平等对话的方式继续宣扬日心说。由于该书的倾向性相当明显,而又引证了他用望远镜所做出的许多有利于日心说的观测实例,不久即被人看出他的本意。1633年6月22日,教廷审讯伽利略,《两种世界体系的对话》一书被禁止发行,当时他已是一位年近70岁的老人。伽利略为免于给教廷烧死而被迫表面上放弃哥白尼学说,然而法庭还是宣判他在家中终生软禁,不得外出。之后,伽利略的晚年生活甚为凄惨,加之他的大女儿先他而去世,



对这位科学老人打击甚大。1638 年伽利略的双眼完全失明,1642 年 1 月 8 日黯然去世。

然而,愚昧的时代总会结束,经过后人的不懈努力,日心说最终得到世人的公认,确立了它在天文学以至整个自然科学中的地位,哥白尼当之无愧成为近代天文学的奠基人。1822 年有关哥白尼学说的书籍开禁,但直到 1979 年 11 月 10 日,罗马教皇约翰·保罗二世才宣布为伽利略平反,这个冤假错案居然历时长达 340 余年之久!

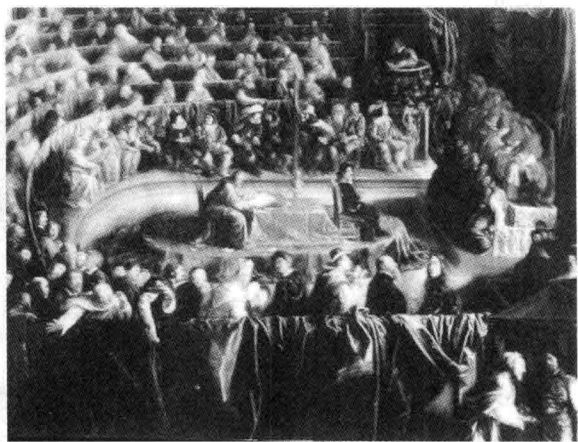


图 1.4 伽利略被迫接受庭审(绘画)

开普勒的重大贡献

在哥白尼的日心说中,行星都沿着各自的圆轨道,绕太阳作匀速运动,而太阳则居于所有行星轨道的公共圆心上。实际上这里存在两个问题:行星公转轨道并不是圆形的,行星的轨道运动速度也是不均匀的。不过,最初人们并没有认识到这一点。对行星公转运动特性做出正确说明的第一人,当推德国天文学家开普勒(J. Kepler)。

1571 年 12 月 27 日,开普勒生于德国的符腾堡,他是一个陆军军官的儿子。开普勒自小身体十分娇弱,因家境贫困 9 岁时便失学,并不得不给人家当佣人,到 12 岁时才入一所修道院学习。1587 年他进入蒂宾根大学,并接受了哥白尼的思想,成为日心说的忠实维护者。1591 年获硕士学位,3 年后在奥地利一所路德派高级中学任数学教师,在那里他开始研究天文学,并于 1596 年出版了《宇宙的神秘》一书。不久,开普勒的天文学才华受到丹麦著名天文学家第谷(B. Tycho)的赏识,并于 1600 年应第谷的邀请到布拉格,成为第谷的助手。翌年第谷

去世,开普勒便成为第谷天文事业的继承人。

第谷生于丹麦的一个贵族家庭,是一位杰出的观测天文学家,他家境富裕,工作得到皇家的有力支持而颇为顺利。第谷去世后给开普勒留下了大量可靠的观测资料,成为开普勒进行天文研究的宝贵财富。

第谷逝世时开普勒已着手研究行星,主要探讨火星的运动规律。他深知第谷资料的重要性,花了很长的时间来进行分析。经过无数次的推算后开普勒发现,如果行星作匀速圆周运动,那么由哥白尼体系得出的行星预期位置始终不能与行星的实测位置完全符合,对于火星来说这一差异最大可达 $8'$,而这一结论是开普勒用了第谷在多年内所获得的10组观测资料得出的——火星的这些观测点并不位于一个圆上。须知,就当时来看这样的差异实在是很小的,因为望远镜还没有问世。开普勒笃信哥白尼的日心说和第谷资料的可靠性,认为第谷资料的观测精度远高于 $8'$,但他对哥白尼体系中行星在圆轨道上作匀速运动这一点产生了怀疑。经过反复的研究和测算后,他断定火星的公转运动轨道不是圆而应该是椭圆。这一发现把哥白尼学说大大地向前推进了一步,对此开普勒曾说,“就凭这 $8'$ 的差异,引起了天文学的全部革新!”这样就诞生了开普



图 1.5 开普勒(1571—1630)

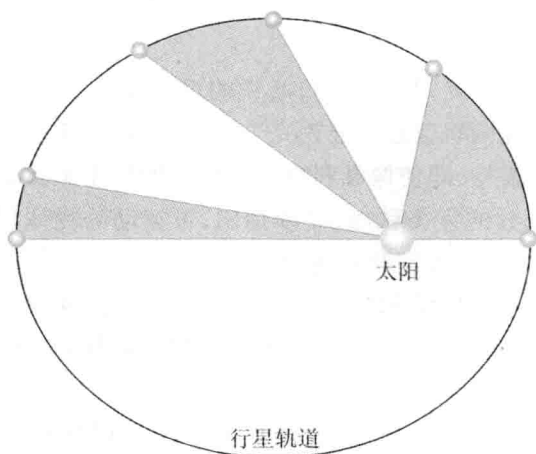


图 1.6 开普勒第二定律示意图





勒第一定律：“所有行星的运行轨道都是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上”。

接着开普勒又发现，虽然火星的公转运动速度并不均匀，但这种不均匀性却有规律可循：在近日点处速度最快，远日点处速度最慢；不仅如此，在公转轨道上的任何位置处，火星与太阳的连线（称为火星向径）在单位时间内所扫过的面积是不变的。“行星向径在相等的时间内扫过的面积相等”，这就是开普勒第二定律，又称面积定律。开普勒在1609年出版的《新天文学》一书中发表上述两条定律时明确指出，它们适用于所有行星以至月球的运动特征。

1612年开普勒离开布拉格，去奥地利的林茨继续从事天文研究。他花了很长的时间，通过反反复复的计算，力图找到各个行星轨道之间可能存在的某种关系。经过无数次的失败后，终于在1619年出版的《宇宙谐和论》一书中发表了他的第三定律：“行星公转运动周期的平方与行星公转轨道半长径的立方成正比”，有人称之为“和谐定律”。

事实上，开普勒的行星运动三定律不仅适用于绕恒星转动的行星，包括太阳系和太阳系外的行星系统，而且也适用于所有绕行星转动的卫星。开普勒在发现火星的实测位置与哥白尼体系的理论预期位置有不到 $8'$ 之差的基础上，经过创造性的分析和研究，推断出了他的行星运动定律。那么 $8'$ 又是个什么概念呢？这只相当于在500米远距离处所看到的一个身高1.2米孩子的高度。开普勒坚信哥白尼日心说和第谷的观测资料，紧紧抓住这样一点微小的差异不放，从而导出了以他名字命名的行星运动三定律，这不正是今天所说的科学家的科学精神吗？

开普勒的工作是对哥白尼日心说的重大发展，它使人们摆脱了长期以来只有匀速圆轨道运动最为完美的陈旧观念，实现了行星运动的简单和和谐。需知，即使像伽利略这样伟大的科学家都认为：“为了保持宇宙组成部分的完美秩序，必须指出，可运动的物体只能沿圆周运动。”自开普勒之后，人们开始重视用数学公式来表述物理定律，用简单的数学方程式来描绘和解释自然界的各种复杂现象。从这个意义上说，开普勒的成功标志着人类观察世界的思路开始了向采用现代科学研究方法的转变。

行星运动三定律的发现，以及几十年后牛顿万有引力定律的问世，为经典天体力学奠定了可靠的基础。今天，天文学家已经可以根据天文学、特别是天体力学的理论，对太阳系天体的运动规律以及一

些重要的天象做出长期准确的预报,如1994年7月16日休梅克-利维9号彗星按预报的时间和地点撞击木星便是典型一例,而对发生日食、月食、地内行星凌日、掩星等天象的准确预报已成为有关天文学家的常规工作。人们还能按照具体的科学目标,严格设计好各种人造飞行器的运动路线,使之在设定的时间和地点按既定的计划,探测太阳系各类天体,甚至飞出太阳系。“勇气号”、“机遇号”登陆火星、“惠更斯号”成功飞抵土卫六,以及对“坦普尔1号”彗星的深度撞击等,无不证明了这一点。

开普勒在1630年11月15日于德国雷根斯堡去世,终年59岁。

伽利略为日心说寻找实测证据

著名的比萨斜塔实验使全世界青少年都知道伽利略的大名。这位著名的意大利科学家可谓是实验科学的创始人,他一生在物理学和天文学上做出了许多杰出的贡献,其中包括通过天文观测间接地证实了哥白尼的日心体系。

1564年2月15日,伽利略生于意大利比萨的一个没落贵族的家庭。在他出生后不久,全家即迁居佛罗伦萨。伽利略从小聪明活泼,好奇心强,且爱与人辩论。在不到18岁时,遵从父亲的意愿考入比萨大学学习医学。然而,他对医学毫无意念。相反,却对教堂中大吊灯的摆动规律产生了兴趣,并发现了摆的等时性。1585年,这位我行我素的大学生回到佛罗伦萨,成为父亲店铺中的一名小伙计,并在自己的小房间里继续从事

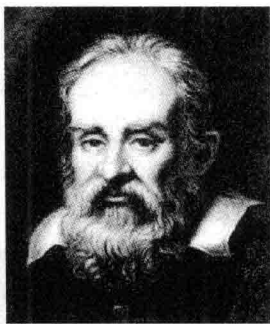


图 1.7 伽利略(1564—1642)

所喜爱的实验。在一次偶然的机会中,他得到宫廷数学教授里契(O. Ricci)的赏识。在里契等人的推荐下,1589年夏季伽利略成为比萨大学一名只领少量津贴而无薪俸的数学教授。1592年,他被正式聘为帕多瓦大学的数学、科学与天文学教授,年仅28岁的伽利略走上了事业成功之路。

1609年,伽利略在得知荷兰人发明了望远镜后,马上意识到这一发明对天文观测的重要性,他立即亲自动手制作天文望远镜,并不断加以改进。在短短的一两年时间中,伽利略利用望远镜观测天象,很快做出了一系列极为重要的发现,如观测到太阳上的黑子,月面上的





环形山,发现木星的4颗大卫星和组成银河的点点繁星等。

月球本身是不会发光的,只是因反射太阳光而被人们看到。随着月球绕地球公转,太阳、地球和月球三者的相对位置不断发生变化,结果是从地球上所能看到的、月球被太阳照亮的半球部分便时多时少,表现为满月、半月、蛾眉月甚至完全隐匿不见,这就是月相,变化周期是一个朔望月(29.5603日)。

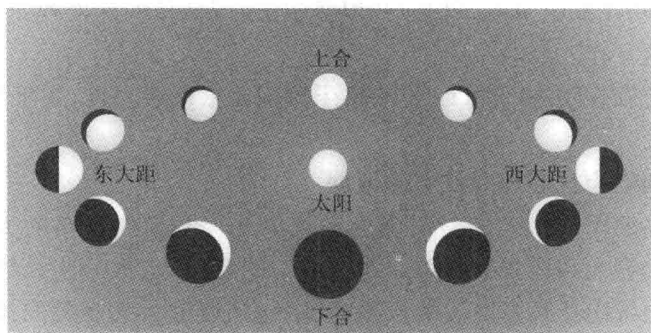


图 1.8 金星位相变化示意图

1610年,伽利略非常惊讶地发现,在望远镜中金星并不呈现为一个明亮的小圆面,而是像一弯缩小了的蛾眉月。在他连续进行多个夜晚的观察后,进一步发现金星像的形状和大小都在不断地变化:从蛾眉月形开始,随着明亮部分比例的增大,金星像的圆面渐而缩小。他在观察了3个月之后,最终发现当金星像变得接近圆形时,圆面的直径也变得最小;嗣后,圆面逐渐亏缺,而直径则随之变大。伽利略经过分析研究后得出的第一个结论是:金星本身是不会发光的,它也是因为反射太阳光而为我们所看到,随着太阳、地球和金星三者相对位置的变动,金星便表现出类似于月相的盈亏变化。但是,金星离开地球比月球远得多,看起来比月球小得多,肉眼观察不可能发现金星位相和大小的变化,所看到的只是金星亮度的改变。

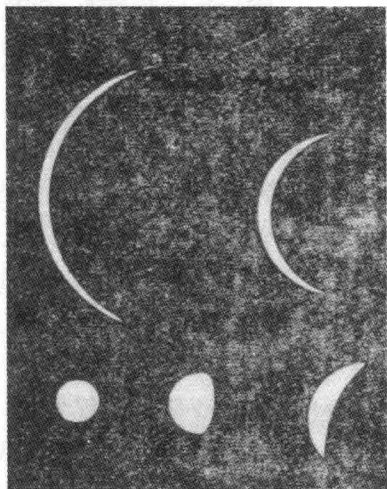


图 1.9 望远镜中看到的金星盈亏变化

但是,金星离开地球比月球远得多,看起来比月球小得多,肉眼观察不可能发现金星位相和大小的变化,所看到的只是金星亮度的改变。

月球绕地球的公转轨道是一



个很接近圆的椭圆,月地距离不会有太大的变化。因此,尽管月球会表现出不同的月相,但大小并没有显著的改变,这一点与金星位相变化的情况完全不同。推论只有一个:金星到地球的距离在不同的时间会出现很大的变化,近的时候金星看上去大,远的时候看上去就小。根据这一观测事实,伽利略得出了他的第二个结论:金星和地球一样都绕着太阳运动,金星轨道位于地球轨道的内侧,而它们的公转运动周期是不一样的。当金星离地球很近时显得比较大,但这时它被太阳光照亮的半个球面只有一小部分对着地球,于是只能看到一弯蛾眉月似的金星像。当金星被阳光照亮的半个球面大致正对着地球时,它离开地球最远,这时金星像接近圆形,但看上去就相当小了。

实际上在伽利略这一发现的60多年前,哥白尼根据他的日心体系已经正确地预言:如果人眼能看得更远更清楚,就可以发现金星会像月球那样表现出盈亏变化来。伽利略通过望远镜观测证实了太阳位于太阳系的中心,地球和其他行星都绕太阳运行。因为如果按照地心说,地球位于中心,太阳、金星都绕地球作圆轨道运动,那么金星像的大小绝不可能发生如此大的变化。伽利略终于实现了他多年来力图为哥白尼日心说寻找实测证据的夙愿。

尽管伽利略的一系列重大发现在欧洲引起了很大的轰动,但由于这是一些标新立异式的事物,与《圣经》相违,在亚里士多德的著作中也找不到,因而包括不少学者在内的许多人对此不予承认,帕多瓦大学的教授甚至很荒唐地拒绝用他的望远镜来观察。

恒星视差的测定

哥白尼日心体系的要害是“日心地动说”,即地球绕太阳运动。尽管伽利略对金星的观测结果给日心说以有力的佐证,但这毕竟没有直接证明“地球是在动的”,至少日心说不能算是对实测结果的唯一解释。

1588年,第谷提出了一种介于托勒密地心体系和哥白尼日心体系之间的宇宙体系。在他的体系中,地球位于宇宙中心且静止不动,其他行星绕太阳转动,而太阳则带着这些行星一起绕地球转。第谷体系是对托勒密地心体系的一种修正,可称为准地心体系。显然,在第谷体系中,金星和地球之间的距离会有很大的变化,因而同样能用来对伽利略关于金星位相和大小变化的实测结果做出合理的解释。不过,第谷体系在欧洲没有得以广泛流行,但在17世纪初传入中国后曾一度被接受。