

生活 自然文库

宇宙



生活自然文库

宇宙





丛书:

航海的人们
第二次世界大战
人类的行为
世界原野奇观
世界各大城市
缝纫的艺术
人类的起源
时代生活园艺百科全书
生活摄影丛书
世界烹饪丛书
时代生活艺术文库
人类的伟大时代
生活科学文库
生活自然文库
家庭实用丛书

专辑:

生活杂志精粹
生活的电影世界
生活在战争中
婴儿是怎样形成的
濒临绝种的动物
摄影的技术

SERIES:

THE SEAFARERS
WORLD WAR II
HUMAN BEHAVIOR
THE WORLD'S WILD PLACES
THE GREAT CITIES
THE ART OF SEWING
THE EMERGENCE OF MAN
THE TIME-LIFE ENCYCLOPEDIA OF GARDENING
LIFE LIBRARY OF PHOTOGRAPHY
FOODS OF THE WORLD
TIME-LIFE LIBRARY OF ART
GREAT AGES OF MAN
LIFE SCIENCE LIBRARY
LIFE NATURE LIBRARY
FAMILY LIBRARY

SINGLE TITLES:

BEST OF LIFE
LIFE GOES TO THE MOVIES
LIFE AT WAR
HOW BABIES ARE MADE
VANISHING SPECIES
THE TECHNIQUES OF PHOTOGRAPHY

生活自然文库

宇宙

大卫·伯尔格米尼
与时代 - 生活丛书编辑合著

原出版者：时代公司
特辑版出版者：科学出版社
时代公司

目 录

1	神话式的设想和错误概念	9
2	对宇宙进行探测	31
3	行星、陨星和彗星	63
4	太阳的传记	85
5	我们的星系是什么构成的	106
6	星的诞生与死亡	129
7	银河系之外	145
8	空间、时间与宇宙	169
	附录	186
	参考书目	187
	索引	188
	志谢	192

目 录

时代 - 生活丛书

中文版

编辑：李如桐

生活自然文库特辑版

校订者：马星垣 李杭 翁士达

编辑：黎昌颖

本书译者：时代公司 苏明璇

Authorized Chinese language edition
©1977 Time Inc. Revised 1979.
Original U.S. English language edition
©1962 Time-Life Books Inc. All rights reserved.

作者

大卫·伯尔格米尼 (David Bergamini) 是一位传教团体建筑师之子。他父亲由于本身的职务而能带着家小到远东的许多地方居住。伯尔格米尼生于东京，在中国渡过了童年。第二次世界大战爆发时，他年仅十三岁，正住在菲律宾。他被关进集中营后，用了大量时间学习数学，这使他对天文学的强烈兴趣。战后，他前往达特茅斯，主修英文，兼修数学；并于1949—1951年领取罗德兹奖学金来进行研究生的课业。他在专门从事写作之前，曾有10年时间，任《时代》杂志科学部记者和编辑。他发表过一些科学论文，是“生活科学文库”中《数学》及“生活自然文库”中《澳洲的土地和野生动物》两书的作者。此外，伯尔格米尼的著作还有《日本帝国的阴谋》及《舰队覆灭记》，这后一本书是他根据自己在菲律宾所渡过的战争年代之中实际生活写成的，深具动人的力量。

编辑顾问

本书中文版编辑顾问廖庆齐，香港大学文学士，曾任香港皇仁书院副校长及沙头角官立中学校长。从事天文观测多年，为美国变星观测者协会及月球行星观测者协会会员，擅长天文摄影术，曾赴各国考察天文事业。兼任香港大学校外课程的天文学导师，现任香港市政局太空馆馆长。



离地球 3,000 光年远处，有一堆不透明气体暗星云，遮蔽了麒麟星座的一部分。它隐藏着尚未解开的疑团。这堆气体星怎样到达那里？星云背后又是些什么？这些都有待我们去探索。

1

神话式的设想 和错误概念

置身于二十世纪后期的我们，生活在一个人类从事最重大冒险的时代中：人开始试着飞离自己的诞生地地球，前往浩渺无涯的宇宙。说不定在这种人类精神最终的探索得以完成之前，天上的星星就已燃烧殆尽，而生命以及宇宙本身也都逐渐消亡掉了。不过即使真有这么一天的话，那也将是在数十亿年之后。目前，对宇宙的探索正以小小的步伐进行着：攀登月球诸山，穿透金星浓雾，甚至于可能漫步于火星上的红褐色荒漠。今后数百年内，成批的移民或许会出发远征其他星球，经历几代才完成航程。今后数千年内，地球上人类的子子孙孙，或许会散处到各个星球，以致与本土同胞相隔绝的程度，远超过以往大移民时期迁居美国佛吉尼亚州的英国人和迁居波利尼西亚诸岛的亚洲大陆人。

这个人类表现出勇气和智慧的时代，正出现在人类对地球以外的广大宇宙比以往更深愧无知之际，真有点出乎意料。人类原本一度坚信整个宇宙（日月、各行星和无数恒星）绕地球而转，而如今已经知道地球不过是无数星系中的一个星系内的一颗普通恒星属下的一个颇为小巧的行星而已。人只是刚开始积累第一手的宇宙知识（就连对近处的月球也是这样），不过已依靠对太空深处

星图

This circular star map illustrates the Northern Hemisphere's sky. The central region features the Big Dipper (北斗七星). To the left, the constellation Orion (猎户座) is prominent, along with the Geminis (双子座). The right side shows the constellation Hercules (天琴座) and the Lyra (天琴座). The bottom section includes the constellation Taurus (金牛座) and the Gemini (双子座). The map uses white lines to outline the constellations and white dots to represent stars. The background is a deep blue, with a lighter blue band indicating the celestial equator.

力学，爱因斯坦的物理学和宇宙论。

人到达太空船发射台的路途并不平坦。许多如今看来属于常识的观念在当初看来正好相反。这些观念同肉眼看到的景象互相抵触，需要成堆的艰难推论和没完没了的、用粗糙仪器作的夜间观测，才能够予以证实。在最早的观测者眼中，天空是一个巨大苍穹，晚上散设着闪烁的小火点。太阳每天横越天穹，在东方的海上露头，钻进西方的大洋睡觉。颜色淡淡的月亮是夜空中最亮的天体，看上去象是阴性的东西，盈亏的周期是29天。

但是就连描画这么简单的一幅天空图，也曾遇到过种种困难。一个人只要带着一根直杆子，便能看出太阳每天横越天空的途径不是一成不变的。此外，四季的轮回带来了寒、暑与旱、涝。计算月亮圆缺变化的次数，有助于推算这些季节变化，不过只能算个大概，并不精确：用月亮来估算春汛或秋雨的来临日期可能失之过早或过迟。经过不知多少世代的耐心计算，才发现十二个阴历月不是正好等于一年，而是短了十一天。还有，发生日、月食的时候，白昼光

一些最亮的星

人在地球上能用肉眼看到的7,000颗星之中以下表所列的25颗星最亮，它们按视亮度由高到低排列。视亮度和真亮度不是一回事。例如天鹅座 α 星（天津四）实际是这些星中最亮的，但它离我们太远了，所以按其视亮度只能屈居第十九。括号内是中国对这些星的传统称呼及俗称，有些很美。

星名	真亮度 (太阳为1)	距 离 (光年)
大犬座 α (天狼星)	23	8.8
船底座 α (老人星)	1,400	100
半人马座 α (南门二)	1.7	4.3
牧夫座 α (大角星)	100	36
天琴座 α (织女一， 织女星)	53	27
御夫座 α (五车二)	140	47
猎户座 β (参宿七)	50,000	880
小犬座 α (南河三)	6.9	11.4
猎户座 α (参宿四)	14,000	520
波江座 α (水委一)	700	114
半人马座 β (马腹一)	10,000	500
天鹰座 α (河鼓二， 牛郎星)	10	16
南十字座 α (十字架二)	3,300	370
金牛座 α (毕宿五)	130	68.5
室女座 α (角宿一， 天门)	1,400	212
天蝎座 α (心宿二， 大火)	9,000	520
双子座 β (北河三)	33	34.9
南鱼座 α (北落师门)	14	22.8
天鹅座 α (天津四)	58,000	1,630
南十字座 β (十字架三)	5,800	490
狮子座 α (轩辕十四)	170	84.8
大犬座 ϵ (弧矢七)	9,000	652
天蝎座 λ (尾宿八)	1,600	293
双子座 α (北河二)	25	45
猎户座 γ (参宿五)	3,600	456

注：表中星若为一个双星或一个多星聚星时，所列亮度为主要子星的亮度。





阿基米德(公元前287—212),生于希腊、住在赛拉丘斯的数学家兼天文学家,曾系统阐述齿轮、滑轮和杠杆作用定律,和浮力等于物体排开液重的定律,并且首先能熟练运用天文数字。

明的主宰或黑夜柔和的明灯慢慢消逝,接着重新复原,这又该怎么解释?

更令人困惑的是:那些闪闪发光的星星全部很巧妙地固定在旋转的苍穹上;“那些”,指的是除了五个漂泊的流浪者即我们所知肉眼可见的水星、金星、火星、木星和土星以外的所有各星。在某些时候,甚至就连恒星那样严谨的团体,也会增加一个似乎是全新的成员(现在称之为新星或超新星),从黑暗中闪烁出光芒,在它逗留的短短几个星期或几个月中,亮到甚至使人能够在白昼注意到它,然后再一次消逝于黑暗之中。

随着文明的进步,有些人能毕生致力于研究这些和其他的天空奥秘。很古时的美索布达米亚的僧侣保持日、月及各个行星运动的详细统计记录,能在不明白月食原因的情况下大略预测出月食。他们绘出了太阳每年横越天穹的途径(今称为黄道)。他们准确地计算出两次满月之间的时间略多于 $29\frac{1}{2}$ 天。他们又建造了一些七层塔,大概用于敬奉日、月和五大行星,当时敌视这种崇拜的希伯来俘虏把这种塔叫做巴贝尔塔,使它名垂千古。

在旧大陆(欧亚非三洲)的古老文明史中,在精确观测方面,只有中国人足以与美索布达米亚人媲美。中国人远在公元前2137年就曾记录下日食,而且建造了大量的天文台。在新大陆(美洲)的玛雅人也是古时出色的天文学家。他们采用的历法,在许多方面都比我们目前通用的星期、月份、年和闰二月为29天的这一公历方便。他们预测日、月食,并计算出太阳年和太阳月的长,精确度相当惊人。可惜我们只能辨认玛雅人的数码,而不能认出他们的文字,所以对他们天文知识的整个范围,至今仍不了解。

所有古代文明中我们称之为天文学的学问,总是与占星学、迷信和原始的宗教携手并进的。最早的真正使用科学方法的天文学家出现于希腊。希腊人拥有一种极珍贵的科学财富——几何学,他们一直使它同天文学一齐发展,成为令人惊叹的智力工具。最早的希腊天文学学派的成长,不是在希腊本土,而是在特洛伊以南今日土耳其沿海一带的希腊诸城。这个学派采取的概念也是最正确的。早在公元前600年,迈里特斯城的哲学家泰利斯就曾设想到地球是圆的。两个世纪以后,毕达哥拉斯的门徒坚持说地球是球形的,同时还运动着穿越空间。可惜,毕达哥拉斯的门徒把他们的出色推论和神秘的命理学混淆起来了。他们有证据证明天空中有九种不同的圆周运动:这九种是恒星的、五大行星的、地球的、月亮的和太阳的。但是在他们看来,九是一个“不完整的”数目,于是乎他们捏造出一个老是停留在世界另一侧远方、使世人——至少是希腊人——永远看不见的“反地球”,从而把总数凑成十。

柏拉图(公元前427—347)对于天文学的各种见解,代表了那时困惑与不带偏见的态度。柏拉图在他的哲学事业开始时,曾设想过诸神驾着闪光的战车越过天空。后来,他怀疑过地球到底是扁的还是圆的。他终于认定地球是圆的,月食时地球在月亮上投影的形状就是有力的证据,但是在最初他认定地球是一



托勒玫(公元140年前后在世),生于埃及的希腊天文学家,最先将宇宙围绕着位于其中心的稳定地球而运行的理论系统化。这一学说见于他所著、在整个中世纪被奉为经典的《天文大成》。

切事物的中心，是静止不动的。然后他越来越感觉到如果说地球绕轴自转，还可能循一条轨道公转，似乎与证据更相吻合。据史学家普卢塔克所说，柏拉图最后到了老年时，“非常内疚，为的是把地球放在宇宙的中心，其实它本不配放在这地方……因为这个正中而且最崇高的地方应该留给更有价值的东西。”

亚历山大大帝征服埃及之后，希腊的文化之都从雅典移到埃及的亚历山大港，持地球运动说的这派天文学家继续提出异常正确的理论。塞摩斯的阿里斯塔克斯（公元前310—230）满怀信心地坚称地球自转、公转，同时并非宇宙中心，结果被视为异端，遭到严厉抨击。塞留库斯观察到潮汐与月相有关。厄拉托西尼（或译埃拉托色尼）依靠夏至那天正午从相距800公里的两个地点观测太阳所得的结果，进行比较并计算出地球的圆周长。不过，对于大多数希腊人来讲，象十八世纪英国诗人华兹华斯所写的“地球整日价转个不停，还带着大、小石头和树林”那种想法始终是荒谬的邪说。至于那些富于想象力的希腊人，已瞥到一眼太阳系的真象，却没能对他们的第一流的天文学家观测所得作出有条理的数学解释，以支持其主张。

保守的日常观星者逐渐采纳了一套更为一致、但也更为复杂的对他们所看到的天空中各种运动的说明。他们的理论由希帕克斯总其成，作出有系统的阐述。希帕克斯是所有希腊天文学家中最审慎、最科学化者之一，于公元前150年左右在罗德和亚历山大港工作。据他的观测和计算，球形的地球是静止的；日、月和诸行星各自环绕空间特有的点转圈子，这些点又各自以静止的地球为中心作圆周运动。

如今看来，若说象一颗行星这么庞大的实体竟会以空旷天空中的一个点为其所有运动的焦点，确实荒唐；但在掌握引力的概念以前，上述看法如同别的臆测一样似乎是合理的。希帕克斯的复杂几何学的长处，在于它当时能正确说明古代天文学家观测到的各种运动，并作出可能的预测。逆行——天空中一颗行星看上去走动慢下来、直到静止而后自行循原路倒退时的行为——之类的奥秘，全可以用希帕克斯的圆周体系或者叫“本轮与均轮”说，从几何学上作预测。他的体系于公元140年前后由托勒玫加以完善，成为一部天文学全书即托勒玫的名著《天文大成》，流传整个中世纪时期。这个体系经得起此后十三个世纪的观测的考验，也就够好的了。希帕克斯的体系就这样由于托勒玫的加工而称为托勒玫体系，闻名于伊斯兰世界，后来又闻名于欧洲。

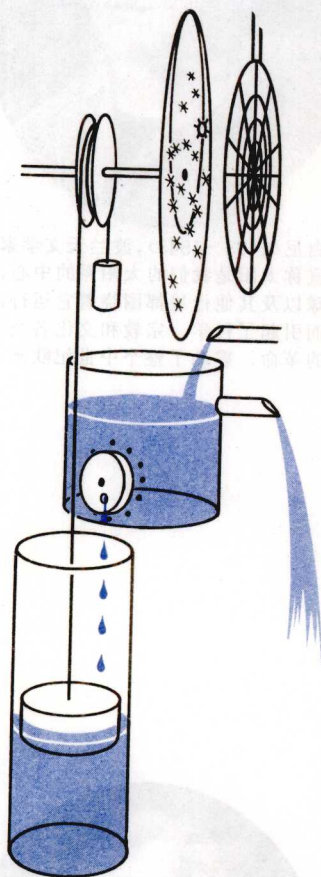
种种重大的技术困难阻挡住希腊人的眼光，并帮助了托勒玫体系，使它在正统学术衰退、野蛮人对学术漠不关心的若干世纪黑暗时期中，从没受到挑战。这些困难之中最大的两个是时间和数目。时间成问题是因为没有真正精密的测量时间办法。正确测定了行星在午夜时分的位置而不能确知当时是不是正好时值午夜，到底能有什么用呢？数目成问题是因为古人没有表达它的好方法。罗马人和亚历山大港希腊人所用的记数法，看来几乎无法表示天文学上的最小数



哥白尼(1473—1543)，波兰天文学家，曾宣称太阳是我们的太阳系的中心，地球以及其他行星都围绕着它运行，因而引起了科学、宗教和文化各个方面的革命，震动了整个中世纪欧洲。



开普勒(1571—1630)，受到哥白尼学说影响的德国天文学家。他发现行星轨道是椭圆形的，而行星接近太阳时运行速度加快，远离它时则减慢。开普勒也是研究、改进望远镜的专家。



古代的滴漏（水钟）或漏壶有一个难题，就是如何能以不同速度运行。因为古人以日出至日落为一天，这使每小时的长短，会随一年四季的不同而改变。有一个巧妙的改变水钟速度、从而调整每小时长短的办法，就是在上头的水壶侧壁，装置一个轮子，轮上凿个小洞，水只能从小洞流出。人们根据不同季节的昼夜变化，校转轮子，使小洞位置也发生高低的改变。当洞转到最低点时，壶水对它压力高，水滴出的速度就较快；当转至最高点时，水就滴得较慢，这是因为洞后壶水的压力减少了。下面壶中的浮标依水滴的速度上升而指示时间。浮标也可以用来转动一幅星图，各星座的位置（也随季节而变）可从安在它前面的固定格栅（极座标）判读出来，相当精巧。

量。如到月球的英里数用罗马数字来记得写成 CCXXXMMMMMMMMCCCLVII，而不是 238,857。当然，照今天眼光看，这种困难可能不过是记数太笨的一个小小麻烦，但在当年对古人却是一大智力障碍。只有最权威的伟大的希腊科学家之一，赛拉丘斯的阿基米德（公元前287 - 212），能够十分熟练地运用庞大的数字。关于杠杆、滑轮、齿轮和水力学的数学定律——也就是许多日常应用的机械原理——多半是阿基米德加以整理后提出的，从这个事实能够觉察到他的发明创造是多么伟大突出。据说阿基米德曾抗拒一支罗马舰队达三年之久，他依靠用来作战的机器将巨大的石块向敌舰抛击过去，或者把敌舰整个地抬出水面，往西西里岛上的悬崖上猛撞。敌方的罗马将军马塞琉斯称他是“这个几何学上的百手巨人，用我们的船象用杯子似的，从海里往外舀水”。

至于有关大数目的问题，阿基米德就他所看到的那一类困难，专心地撰写了一篇题为《沙粒算法》的学术论文。他写道：“有人认为沙粒的数目大到无穷无尽……也有人虽不认为它无穷尽大，也觉得还没有一个数字，能够为大到足以超过沙粒数的数目命名……但是我将试着证明……由我命名的各个数字之中……有些不但超过了质量相当于填满地球所用那么宏大的沙的数目……还超过了质量相当于宇宙那么宏大的沙的数目。”希腊人所使用的最大数字单位为万（10,000）。阿基米德靠一连串匠心独运的、用麻烦的数字所作的计算，来证明他想象中的宇宙所能包含的少于下列数字的沙粒数目：一万个一万自乘七次，然后乘以一千个一万。今天，数学家们以数字 1 后跟随 63 个 0（或者是 10^{63} ）来表示这个庞大的数目。

象 10^{63} 这样大的数字，直到今天仍足以应付我们所知的宇宙。例如，当代最大的望远镜，仅能看到约 4.2×10^{67} 立方公里（1 之后有 67 个 0）大的空间的边际。能够装进象地球那么大的一个球体中的电子，数目最多也只是约 10^{63} 个。现代人设想这些个极大或极小的东西，还是用阿基米德式的数字；而且虽然现在能很容易地表达这些数目，可是除非象阿基米德那样重新用心计算过，否则不可能真正体会到它们之大。

中世纪对天文学所作的主要贡献是：由于钟的发展和阿拉伯计数制的被接受，时间问题得到了解决。实际上，阿拉伯数字根本不是在阿拉伯、而是在印度改进到完善程度的。大约在公元 500 年，印度人开始在印度使用 10 数（十进位制）计数法，其中每一数字的位置显示它所代表的是 10 的几次方，而其空位则以零为标记。这种新的计数法由印度西传到伊斯兰世界，又通过贸易和征战而于 1100 年前后传到基督教世界各国首都。

基督教世界在得到更好用的数字同时，又从阿拉伯人那儿得到他们的托勒玫以前希腊人天文学著作最早的翻译本，还得到许多阿拉伯人所创造的天文名词，其中包括天顶、天底和年历等。有些重要的仪器也是学着伊斯兰教徒仿制的，不过最重要的时钟的主要发展却似乎是在欧洲完成的。最初的机械钟出现

于13世纪末。它的走动不是靠发条而是靠重锤带动，所以不大精密。甚至到了1450年，哥白尼之前意大利天文学家中最出色的托斯卡内利，仍是除了能记下他作观测时最接近的时辰还有日期之外，再也不能作出更确切的任何说明。

到了1500年，天文观测技术的进步，使古老的托勒玫理论陷入困境，不得不接纳各种新的事实。把最终的那颗炸弹投进这个天体体系的人，是波兰天文学家尼古拉斯·哥白尼(1473—1543)，同时他已尽其所能，使这种行动看来不过是在为托勒玫体系上锈的部分加点润滑油而已。哥白尼把地球拿开，将太阳放在所有行星轨道的中心。但是他依旧表示这些轨道是圆的，而在许多情况下也仍然沿用托勒玫的本轮说。一直到他生命将尽、已是一个受人尊敬的、衰老的僧正时，他才将自己观测所发现的发表出来。

哥白尼的一切预防措施全白费了。马丁·路德骂他是蠢人，指责他的学说是反圣经而不可容忍的。教皇保罗三世倾向于比较宽容的态度，但是许多主教和红衣主教都赞成马丁·路德的意见。与哥白尼同道的科学界人士自然挺身而出为他辩护，结果其中有一位被处以火刑烧死，其他的也都受到挫折和迫害，被斥为异端以致身败名裂。哥白尼学说成为一个非常棘手的神学的问题，以致16世纪最善于观测的天文学家第谷·布拉赫根本不愿接受它。然而，第谷搜集整理的到那时为止最精确的资料，其实只是证实哥白尼体系的无可置疑。

当伽利略(1564—1642)在1609年最先用望远镜观测天空时，发现哥白尼体系就展现在他眼前。他见到木星的周围环绕着四个卫星，这分明是只有一个卫星的地球不可能成为天体群中杰出分子的证据。伽利略利用他的望远镜，也观测到金星的类似月亮盈亏的位相。托勒玫体系无法解释金星接近太阳时圆面全被照亮的事实，而只有认为金星能围绕太阳运行的哥白尼理论能说明它。由于这些观测，伽利略成为哥白尼的热诚信徒，以致被宗教法庭迫令、由他本人宣布放弃其学说，法庭并把他软禁终身，他以沉默来抗议。

时至下一个世纪，教会对太阳是宇宙中心之说的反对逐渐消退。在居住着新教徒的北方，约翰尼斯·开普勒(或译凯普勒，1571—1630)继第谷·布拉赫而起。他据第谷观测成果，说明行星运行轨道并不是希腊人所重视“完整”、准确的圆形，而是略成椭圆形，太阳位在这椭圆的一个焦点上。这就是开普勒三定律的第一定律。开普勒运气不错，又有才能，独力发现了太阳系三基本定律。第二定律说明行星于循椭圆形轨道运行中，在离太阳近时比较离得远时速度快些。第三定律是行星绕太阳运行周期的平方与其轨道半长轴的立方成正比。

开普勒三定律连同伽利略在力学上开创性的工作成就，为牛顿的万有引力定律奠定了基础。伊萨克·牛顿(1642—1727)发现这一定律时年仅22岁。他后来写道：“我当时推断，使行星运行不会越轨的力量，必定与行星同它所环绕中心之间的距离平方成反比。”又过了22年，牛顿才在他所著《自然哲学的数学原理》中发表自己的成套理论。如此所有问题都水落石出。使行星绕日运行保

罗马数字

罗马人所用难以弄妥的数字使哪怕是简单的乘、除都发生困难，这倒不是因为所涉及的数学运算，而是因为数字所占篇幅之大，正如同下例所示：

X X VI (26)
X II (12)

罗马人用组成 X II (12) 的三个数码分别乘以组成 X X VI (26) 的四个数码，看样子就够麻烦的：

X乘XXVI:
X乘X= XXXXXXXXXX或C(100)
X乘X= XXXXXXXXXX或C(100)
X乘V= VVVVVVVVVV或L(50)
X乘I= IIIIIIIII或X(10)

I乘XXVI:
I乘X= X(10)
I乘X= X(10)
I乘V= V(5)
I乘I= I(1)

I乘XXVI:
I乘X= X(10)
I乘X= X(10)
I乘V= V(5)
I乘I= I(1)

相加合计: CCLXXXXVVII
或
CCCXII等于312

持住与太阳有一定距离的轨道的力量有两种，即惯性和引力，在这轨道上，行星飞离太阳的惯性趋势正好与太阳对它的引力吸引使它接近的趋势互相平衡。

牛顿看出，不仅是太阳、所有的天体都依照其所含物质的量(质量)发挥出引力。他看出使地球上高处物体下坠的就是地球的质量产生出的引力。他能够算出地球的质量对月球的吸引力，从而解释出月球为什么能在那么远的地方、那么快地绕地球运行。同时牛顿阐明，月球质量本身也有吸引力，反过来吸动地球表面的液体而使海洋发生潮汐。各个行星的质量，地球的形状(两极扁平下去)，甚至于炮弹的弹道，都无不遵守牛顿关于引力的数学规律。

牛顿死后，他的各种观念和他发现的方程式征服了这个世界。人类知道了天空的那些球体在绝对的、静态的外太空的框架之内自转公转，毫无例外地完全服从于牛顿的运动定律。根据牛顿的理论计算，应该存在两颗只凭肉眼没法看见的行星即海王星和冥王星，也终于被发现了。关于光和其他电磁波、关于化学以及关于原子物理学的各种定律，都陆续亮相了，这在很大程度上是由天文学的问题促成的。太阳在宇宙图上的位置，已经被证实不比从前所说地球的位置更为居中，而是带同它的所有行星朝向天鹅星座奔驰。它的轨道的中心竟然是一个巨大的、星星组成的轮的中枢，有时候大家自豪地称这个轮为“我们的”星系，有时候又称为银河系。在这个难以想象的体系范围之外，还发现了数以百万计的其他星系，这些星系离我们实在太远了，就连最近的一个传到地球的光在出发时，人类也还没有具备人性的智慧呢。

在人类知道有这些其他的星系或者在理解到得应付这些极大的距离之前，已经开始有人对牛顿的美妙方程式提出疑问，这些方程式象希腊几何学一样，看来也不过是近似值而已。后来发展出的种种修正，与牛顿设想的光和其他电磁辐射在静态空间的传播有关。阿耳伯特·爱因斯坦(1879—1955)设法改写了传统的力学，并且根据有关光的新事实改正了它的方程式。他从事这项工作时，预言了几种特殊现象，稍后只短短几年就被观察到，以证实他的相对论。

说不定相对论也会因为发现的各种现象日益增多而终须加以修改，正象它已修改过牛顿的力学一般。不过，相对论所造成牛顿正统学说的改变是微小而巧妙的，其性质是改进多于革命性的推翻。现代天文学家可以大胆预言，我们现在有的宇宙图象、这本书以后各章的解释说明，基本上没什么错。

这不是意味着天文学渐臻完美无缺了。宇宙之大，实在是无限的，而人类所知，又实在是有限的，尚待探查的领域极广，正如牛顿晚年所说：“我不知道世人怎么看我，但是我看我自己只不过是那个在海边玩耍的小孩，一会儿拾起一颗比普通的更光滑的石子，一会儿又捡到一个比普通的更美丽的贝壳，真理的汪洋大海就在我面前，而我却完全没发现它。”