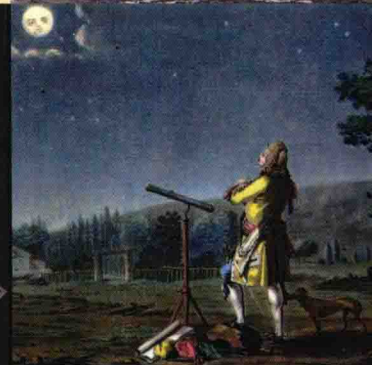
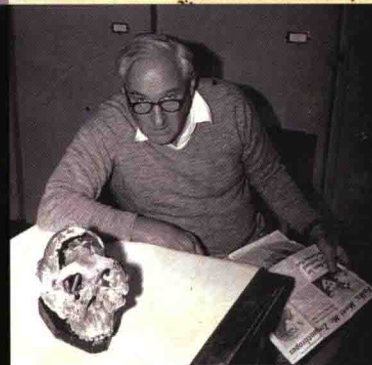
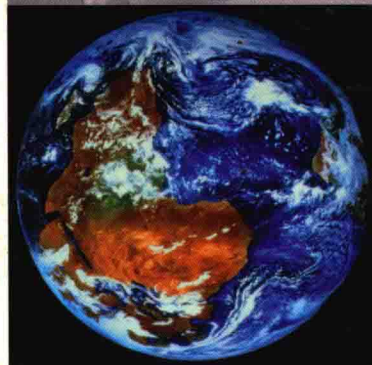
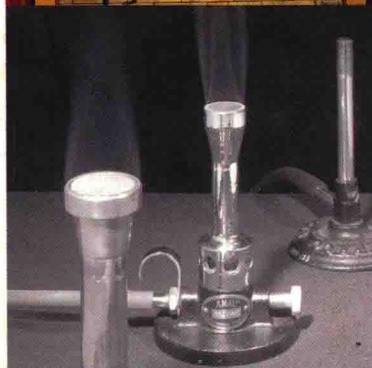
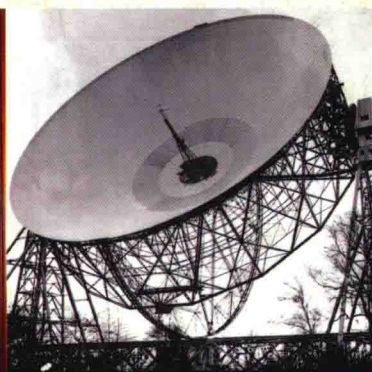
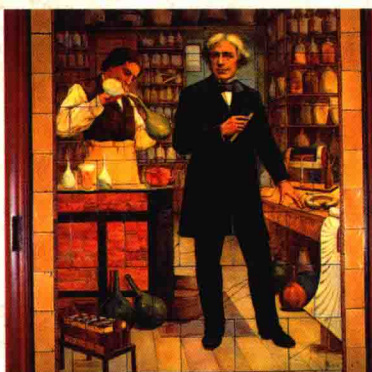


HISTORY OF SCIENCE

彩图 世界科技史

(下卷)

〔英〕彼得·惠特菲尔德 著 繁奕祖 译



科学普及出版社

HISTORY OF SCIENCE

彩图

世界科技史

(下卷)

〔英〕彼得·惠特菲尔德 著 繁奕祖 译

科学普及出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

彩图世界科技史 / (英) 惠特菲尔德著; 繁奕祖译,
北京: 科学普及出版社, 2006.1
书名原文: History of Science
ISBN 7-110-06206-6

I .彩... II .①惠... ②繁... III.自然科学史—世
界—图集 IV.N091-64
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 142142 号

Copy©2003 Compendium Publishing Limited.

This translation of History of Science, originally published in English in 2003, is published by arrangement with Compendium Publishing Limited.

著作权合同登记号 01-2003-4301

本书中文版由英国 Compendium Publishing Limited 授权科学普及出版社独家出版, 未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分。

版权所有 侵权必究

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

<http://www.kjpbooks.com.cn>

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

科学普及出版社发行部发行

北京汇文商业艺术制作有限公司设计制作

北京中科印刷有限公司印刷

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 46 字数: 800 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1 - 5000 册 (上、下卷) 定价: 390.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、

脱页者, 本社发行部负责调换)

18 世纪的科学

THE EIGHTEENTH CENTURY



引言：

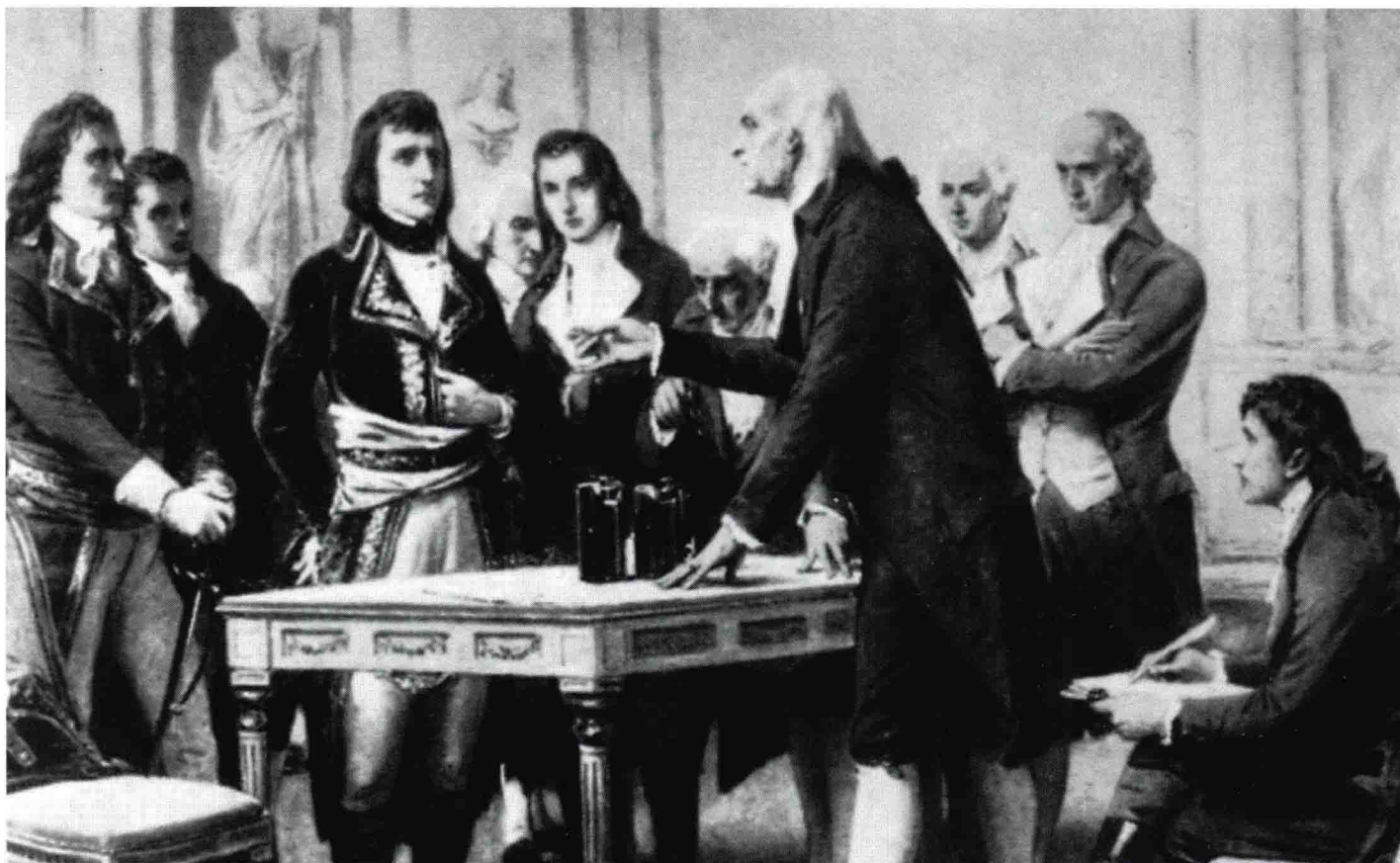
18 世纪的科学

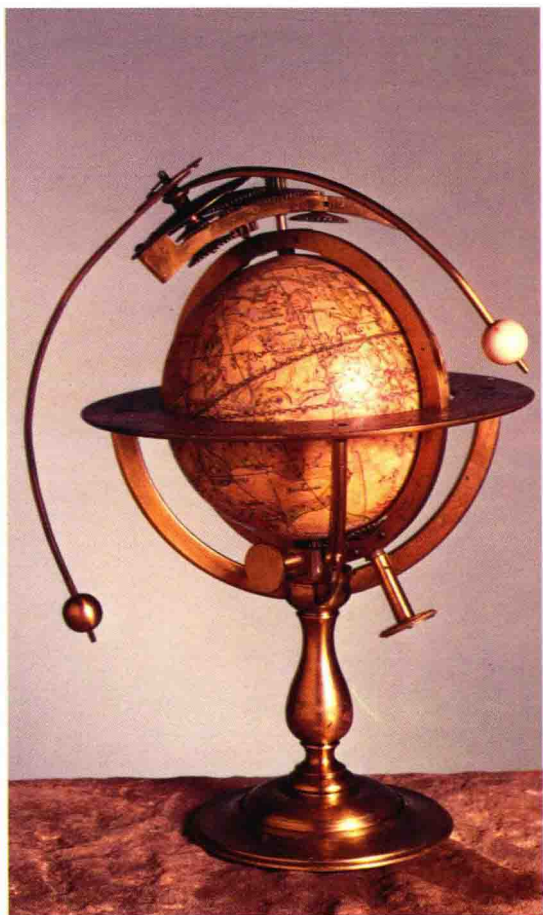
17世纪的伟大科学家们从第谷到牛顿，发起的不仅仅是一场科学的革命，也是一场思想的革命。这场革命创建了新的知识和真理的标准，因为它通过对控制宇宙的物质力量的观察、测量和分析坚持了观察宇宙的新方法。

在1600年以前，西方的知识一直由古典文学、古典哲学的论证和基督教神学组成。然而，一个世纪以后，即在1700年以后，凡是受过教育的人们都了解诸如哥白尼的天文学、地心引力论的思想和化学反应、磁力、真空等理念以及隐秘在显微镜下的生命世界。公共演讲和实验甚至成为了一种时尚的娱乐形式。

但在当时，教育体制并未进行改革，并未去传播和发展这些思想。欧洲的大学仍固守几乎是中世纪的古典文学教学大纲，惟一传授的科学就是数学。即使在欧洲的主要城市以及后来在北美建立的科学院，也是将科学以一种可见的形式展现给社会，仅仅是为科学家提供了交流资料 and

亚历山德罗·伏打向拿破仑展示他的“伏打电堆”——一种早期的电池。





思想的论坛。

由于蒸汽机时代尚未到来，所以科学也未对社会的运行方式产生重大的冲击。当时，在18世纪的英国以蒸汽动力为形式的一场技术革命正在酝酿形成中。但是，它是以工艺为基础的，研制它的先驱们并不是纯粹的科学家。蒸汽机是在矿区制造出来的，它对未来所带来的重要性当时并未得到认识。在1776年出版的亚当·斯密所著的《国富论》（*The Wealth of Nations*）这一划时代的经济学研究中根本就没有提到蒸汽动力一事。

新途径

那么18世纪的科学家是如何扩展科学革命成就的呢？他们的工作在四个主要的方向展开。第一，在纯数学和应用数学方面有巨大的发展。这方面的大量工作旨在推敲牛顿的动力学，更详细地分析天体的运动，以便确立地心引力确实是将所有物体集合在一起的宇宙力量。第二，继续对物质力量进行实验，并由此发现了电。第三，积累了大量的资料，特别是在生命科学方面。他们对植物和动物进行了比较和分类，试图了解为什么生命有这么多种的形式，以及它们之间是如何相互关联的。第四，对自然和自然规律进行了哲学方面的探讨。这种探讨试图清楚地说明新

左上图：太阳系仪——太阳系的工作模型。它反映了18世纪人们认为宇宙是有序的机械宇宙的看法。左边那个带有环形带的太阳系仪是1740—1747年间制造，用来显示远到土星的行星情况。它可能是由托马斯·赖特制作（见第416页）。

右上图：直径为3英寸（约7.6厘米）的小型星象仪。它安装在铜机座上，用来演示月球的运动。是18世纪中叶的制品。



显微镜和望远镜把我们对自然的了解带入到人们肉眼无法观察到的王国。

上图：这是 1767 年的约瑟夫·普里斯特利显微镜（见第 442 页）。

右页上图：1793 年雕版图“观察金星的通过”，罗伯特·塞耶有限公司出版。

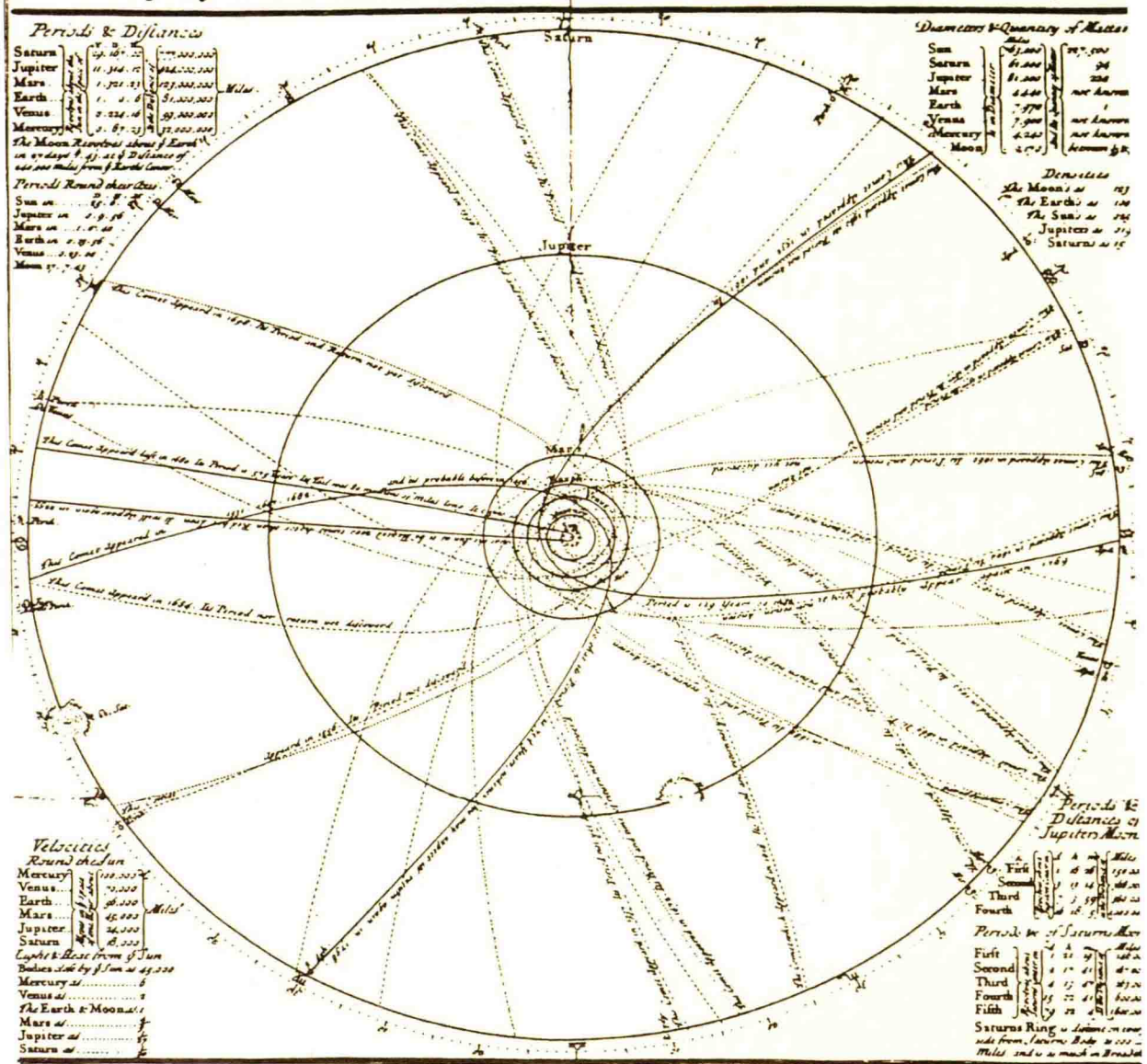
右页下图：第一台格雷戈里反射望远镜，1728 年由约翰·哈德利制造。这种望远镜采用两个凹面镜，是由苏格兰阿伯丁市的詹姆斯·格雷戈里在 1663 年出版的《光学的进展》中提出的。

科学所带来的影响，以及它对有关上帝与人这种传统思想意味着什么。在英国和法国得出了不同的结论。在英国，科学理论被认为是支持人们对自然的宗教看法；而在法国，科学理论产生了更加强烈的批评精神，把科学以前人们的信仰斥之为迷信。无神论在法国的出现远远早于英国。

在 18 世纪，里程碑性的发现在数量上要少于 17 世纪。但它却是科学意识在受教育的人群中深入传播的时期，特别是牛顿的物理学成为当代公认的信念体系的重要组成部分。我们认为 18 世纪是理性时代、启蒙时代，而且科学思想的发展和传播是理性崇拜的主要组成部分。



M. WHISTON'S SCHEME of the SOLAR SYSTEM EPITOMIS'D. To which is annex'd A Translation of part of General Scholium at the end of the second Edition of Sir Isaac Newton's Principia. Concerning God



THIS most Elegant System of the Planets and Comets could not be produced but by and under the Contrivance and Dominion of an Intelligent and Powerful Being, And if the Fixed Stars are the Centers of such other Systems, all these being Framed by the like Council will be Subject to the Dominion of One, especially seeing the Light of the Fixed Stars is of the same Nature with that of the Sun, and the Light of all these Systems passes mutually from one to another. He governs all things, not as a Soul of the World, but as the Lord of the Universe, and because of his Dominion he is wont to be called Lord God *πατρις τοῦ παντός* (i. e. Universal Emperor) for God is a Relative word, and has Relation to Servants: And the Deity is the Empire of God, not over his own Body (as is the Opinion of those who make him the Soul of the World) but over his Servants. The Supreme God is a Being Eternal, Infinite & Solitely Perfect; but a Being however Perfect without Dominion, is not Lord God: For we say, *my God, your God, the God of Israel*, but we do not say, *my Eternal, your Eternal, the Eternal of Israel*; we do not say *my Infinite, your Infinite*; *the Infinite of Israel*; we do not say *my Perfect, your Perfect, the Perfect of Israel*. These Titles have no Relation to Servants. The word God frequently signifies Lord, but every Lord is not God. The Empire of a Spiritual being constitutes God, true

Empire constitutes True God, Supreme the Supreme, Feigned the Feigned. And from his true Empire it follows that the true God is Living, Intelligent & Powerful, from his other Perfections that he is the Supreme or Supremely Perfect. He is *Eternal & Infinite, Omnipotent and Omnipresent*; that is, he endures from Eternity to Eternity, and he is present from Infinity to Infinity; he Governs all Things, and Knows all Things which are or which can be known. He is not Eternity or Infinity, but he is Eternal and Infinite, he is not Duration or Space, but he Endures and is Present. He endures always and is present everywhere and by existing always and everywhere, he Constitutes Duration and Space, Eternity and Infinity. Where as every Particle of Space is *always*, and every Individual Moment of Duration is *everywhere*, certainly the Framer and Lord of the Universe shall not be (*nunquam nullum*) never nowhere. He is Omnipresent not Virtually only, but also Substantially, for Power without Substance cannot Subsist. In him are contained and moved all things (so the Ancients thought) *ἀπαντα ἐν αὐτῷ κινεῖται* but without mutual Passion God suffers nothing from the Motions of *τὰ κινούμενα* Bodies: Nor do they suffer any Resistance from the Omnipresence of God. It is confessed that the Supreme God exists Necessarily, and by the

same Necessity he is *always* and *everywhere*. Whence also he is wholly Similar, all Eye, all Ear, all Brain, all Arm, all the Power of Perceiving, Understanding and Acting. But after a manner not at all Corporeal, after a manner not like that of Men, after a manner wholly to us unknown. As a Blind Man has no notion of Colours, so neither have we any notion of the manner how the most Wise God perceives and understands all things. He is wholly destitute of all Body and of all Bodily Shape, and therefore cannot be seen, heard, nor touched; nor ought to be worshipped under the Representation of any thing Corporeal. We have Ideas of his Attributes, but we know not at all what is the Substance of any thing whatever. We see only the Figures and Colours of Bodies, we hear only Sounds, we touch only the outward Surfaces, we smell only Odours and taste Tastes, but we know not by any sense or reflex Act the inward Substances, and much less have we any Notion of the Substance of God. We know him only by his Properties and Attributes and by the most Wise and Excellent Structure of things, and by Final Causes, but we Adore and Worship him on account of his Dominion. For God without Dominion, Providence & Final Causes is nothing else but Fate and Nature.

Engrossed and sold by John Senex at the Globes in Salisbury Court near Fleetstreet. Whence he had Dr Halley's Scheme of the Solar Empire of the Sun with a wall map in 1726 with the Zodiac containing all the Stars in the Way of the Moon and Planets. Therein is the same scheme as is contained in this plate.

对牛顿学说的验证

牛顿 1727 年去世时，他在科学领域的声望在欧洲大多数国家里都是很高的，即使如此，仍有怀疑者和反对者，特别是在法国。在那里，笛卡尔机械论学说受到青睐。在整个 18 世纪，大量的理论和实践工作都是在致力于证明或反驳牛顿的地心引力论。

截然相反的观点

留给人们印象最深的实证可能就是有关地球的形状问题。牛顿预言地球不可能是一个完美的球体，而一定是在两极方向呈扁平状，在赤道处略微鼓起。这是因为地球的转动速度在赤道周围是最高的，离心力是最大的。笛卡儿及其追随者持有相反的意见，认为地球在向着两极的方向一定是被拉长的，这是因为他们认为地球受推动其围绕轨道旋转的涡流挤压所致。

牛顿的另外一个观点是地心引力在赤道处略小，因为那里距离地心最远。这个观点在 17 世纪 70 年代被几个观察家所证实，他们发现摆钟在欧洲走得很准，而在赤道周围由于地心引力的原因导致钟摆的加速度减小，它每天都要慢几分钟。

测量地球

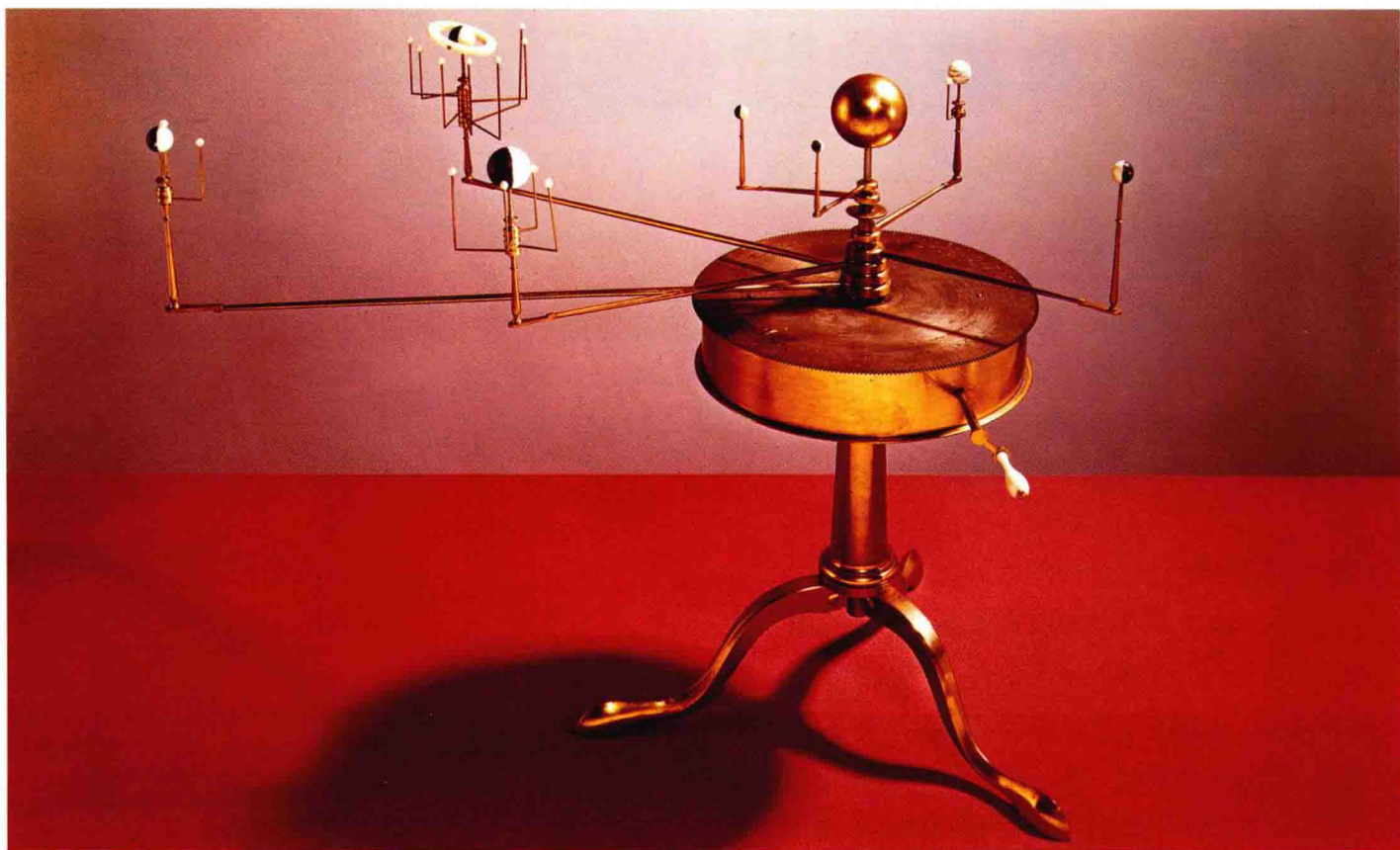
但是能否确定地球的总体形状呢？法国科学院组织了两个探险队测量一个子午线度的两个弧，一个在北极圈的拉普兰，另外一个在秘鲁的赤道上。拉普兰探险队由皮埃尔·路易·德·莫佩尔蒂（Pierre Louis de Maupertuis）牵头，秘鲁探险队由夏尔·德·拉·孔达明（Charles de la Condamine）牵头。两人均是当时首屈一指的数学家。他们 1735 年离开巴黎，但是由于携带有大型的勘测仪表，旅行极其困难，以至于秘鲁探险队的最终报告直到 1744 年才在巴黎宣布。

通过在山顶上进行的认真细致的勘测，两个小组测量了一条南北走向的子午线的精确弧度，并通过天文观察建立了它的曲率线。当把这个弧扩展成一个圆，并除以 360，即得出了 1 度弧的长度。拉普兰队得出的数据是 69.04 英里（约 111 千米），而秘鲁队得出的数据是 68.32 英里（约 110 千米）。因此，正如牛顿地心引力论所预言的那样，地球一定是一个在两极处略呈扁平的球体。

左页图：包括有彗星高度偏心轨道的太阳系的平面图。是哈雷证明了彗星是太阳系的不可分割的一部分。

下图：皮埃尔·路易·德·莫佩尔蒂，拉普兰科学探险队的队长。





包括有木星和土星卫星的太阳系的小型桌面模型。比例当然无法显示，但这些模型最好的地方就是相互间用齿轮连接，所以行星的相对旋转周期是正确的。

主题的变化

牛顿理论提出的另外一个更深入的问题是天体动力学。根据牛顿科学理论，太阳系是一个按照不变的规律而运行的巨大而又复杂的机构。然而，天文学家观察到了太阳系运行的某些不规则性。在几年的时间里，行星的轨迹和速度与牛顿理论所预言的相比较，有微小的变化。例如，木星的轨道看起来在稳定地缩小，而土星的轨道看起来在扩大。更令人迷惑不解的是，月球的速度看起来正以一个小数量的速度在稳定地减慢，使月份变长。

牛顿本人已经意识到其中的一些不规则性，并指出：尽管总的说来宇宙是稳定的，但仍需要上帝不时地进行干预，以保持其完美的平衡。这种看法得到了宗教思想家的欢迎，因为这表明宇宙并不是一个不需要上帝就能运行的自我调控机构。

接连不断的伟大数学家，绝大多数是法国人，热忱地投身于对这些问题的分析。其中一些人得出的结论，认为是一种神秘的看不见的物质——天空醚，充满了宇宙，产生了干扰行星运动的拖曳效应。

互补平衡

然而，真正的解决方案是由皮埃尔·西蒙·拉普拉斯 (Pierre Simon Laplace, 1749—1827) 找到的。他证明行星运行中的不规律性是循环

的,具有周期性,它们之间互补平衡。例如,月球速度的微小的减慢可以解释为是由于地球轨道离心率的微小的增大而造成的,并且这种效应是可逆的。拉普拉斯设计了一系列的方程来证明行星的所有偏心率之和是不变的,它被按照比例分配给各个行星。

实际上,在太阳系中有很多偏心率,它们是常量。如果一个物体的偏心率增加,另外一个物体的偏心率就要减小。这些变化都是循环性的。例如,木星—土星效应的周期约为 900 年。

拉普拉斯将这些复杂的运动全部用准确的数学术语进行了表述。归根结底,太阳系是一个极其稳定的系统,上帝没有必要对其实施干预来达到平衡。牛顿的理论甚至以他没有想象到的更加准确的方式得到了验证。在 1740—1790 年,数学方面的这些进步无可置疑地确定了牛顿学说关于宇宙的看法。与其对立的笛卡儿涡流理论就渐渐被人们遗忘了,因为涡流理论永远不可能以这种精确的数学方式进行分析。涡流的存在的确是一种纯粹的假设。

科学定律

皮埃尔·西蒙·拉普拉斯是自牛顿以来最重要的数学天文学家。他是诺曼底一个小农场主的儿子。他的计算天才使得他在某军事学院赢得了—个职务。他在 20 岁前,就开始发表数学论文。他的伟大著作《天体力学》共分五卷,在 1798—1827 年发表,是历来发表过的技术性最强、内容最为翔实和令人赞叹的科学著作之一。

拉普拉斯是法国启蒙时代的一个主要人物,他的工作受到拿破仑皇帝的特别关爱。拉普拉斯认为:自然界的全部效应都只是少数永恒定律的数学结果。他的科学形式明确无误地引向无神论。在拿破仑皇帝的一次接见中,拿破仑向拉普拉斯指出,在他对物质宇宙的全部研究中,他没有一次提及它的创立者。拉普拉斯作出了极好的回答:“我不需要那种假设。”

拉普拉斯还是太阳系起源星云说的创立者。根据星云说,太阳是由旋转的气体颗粒团冷凝而成,然后它分裂出行星和它们的卫星。这种理论至今仍在以某种形式流行。拉普拉斯临终前说:“我们所知道的东西很少;我们所不知道的东西很多。”



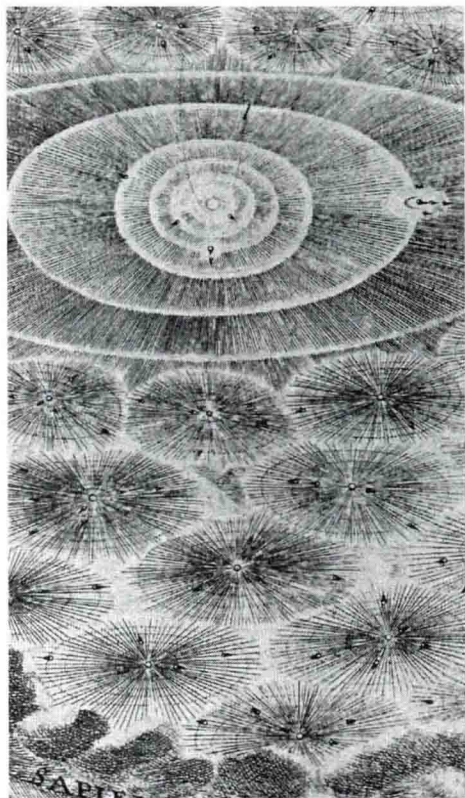
皮埃尔·西蒙·拉普拉斯。他用极其详尽的数学方法分析了行星的运动。

皮埃尔·西蒙·拉普拉斯

(Pierre Simon Laplace, 1749—1827)

- 天文学家和天体数学家。
- 出生在法国博蒙昂诺日 (Beaumont-en-Auge)。
- 先在卡昂, 后在巴黎就学。
- 在军事学院成为数学教授。
- 研究木星拥有卫星的可能性以及木星和土星轨道的不规则性。
- 将数学应用到物理天文学, 特别是分析了太阳系轨道的稳定性。
- 1776 年出版了《宇宙体系论》(Système du monde), 汇集了他的有关天文学的思想和理论。他的有关行星起源的星云假说作为增补加到了后来的版本中。
- 1799 年进入法国参议院; 1803 年成为副议长。
- 研究概率论和球状体的万有引力。
- 1799—1825 年出版了五卷的《天体力学》(Mécanique céleste), 运用应用数学对天体力学作了全面解释。
- 1817 年路易十八册封他侯爵爵位。

威廉·德勒姆和他的宇宙神学



宇宙多元性。认为太阳是一颗星星的看法引发出这样一个信念，即可能有数以百计或数以千计的太阳系，都有和我们一样的行星。可能那里也住着和我们一样的生物。这个宇宙多元性被认为是显示上帝具有无所不能的力量（详见下页的介绍）。

可能会有这样一种看法，即：旨在遵循和推论自然法的新科学会与宇宙仅仅是由上帝控制的宗教观点相冲突。事实上，在18世纪，小说形式的“自然神学”得到了发展，它把宇宙的复杂性和协调性用来证明上帝的存在和力量。

被称之为《宇宙神学》(Astro-Theology)，或《从对天空的测量看生命的实证和上帝的特征》(a Demonstration of the Being and Attributes of God from a Survey of the Heaven) 这部著作是影响最为广泛的自然神学文本之一。作者威廉·德勒姆(William Derham, 1657—1735)是一名教区教士和天赋不高的业余科学家，但他接触了现代思想。他这本书明显得到了响应，因为它自1715年首次发表以来，在以后的50年中又重印了10次。

德勒姆解释说，他大量地使用了惠更斯制造的望远镜。本书的主题是对通过望远镜看到的物质宇宙从宗教信仰的角度作出推断。问题的焦点是宇宙的规模。

自从哥白尼理论首次开始被人们接受以来，宇宙是有限的思想很显然不再可能继续维持下去了。望远镜时代已经渐渐使天文学家确信太阳就是一颗星星，而群星凭其自身的特性也都是太阳。这个观点对有关宇宙规模的想法和地球在宇宙中的地位产生了巨大的影响。

传统的宗教思想认为，地球和人类是上帝专门创立的，是宇宙的中心。但是现在从科学的角度来看这是不符合实际的。然而，德勒姆并未受此困扰，他换了一种方法辩解道：“望远镜将上帝所作的工作以新的、比世人从前梦想的更加宏伟和壮丽的场面展现了出来。”

第三种理论

德勒姆描述了有关宇宙结构的托勒密和哥白尼的两种主要理论，但他说，它们已被第三体系所代替。在这个体系中，恒星的范围不再认为是在太阳固定距离上的宇宙边界线。德勒姆写道，“新的体系推想有很多其他太阳和行星体系，也就是说，每一颗恒星都是一个太阳，并被一个行星系所包围，我们的也是一样。”

德勒姆对这一将人类从独一无二的创立地位中被取消的指责是如何作答的呢？他辩解道：“这是任何体系中最宏伟的，对于一个智慧和力

量无比的无限造物主来说是值得的，所以有可能竭尽全力去创立很多体系。”

“宇宙多元性”思想比单一性世界赋予了上帝更多的荣誉。尽管德勒姆使用当时已有的望远镜看不到行星，但是他坚信它们的存在，并且上面有人居住。如果这些星星不是为了像我们的行星对待地球一样起到太阳的作用给其他世界带来生命外，上帝干嘛还要创造这么多的星星？

辽阔有序的体系

宇宙有多大呢？德勒姆不能确定，但他作了一些计算，表明它比从前人们认为的要大得多。他的这种观点是建立在这样一种思想基础上，即所有的星星的大小都差不多，而它们的亮度之所以有差异，只是因为它们与地球的距离不同：

“即或我们使用最好的望远镜，也没有几个星星不是以点的形式出现。它们和我们之间的距离与太阳相比一定要远得多，才使得它们的外观比太阳小得多。例如，让我们来看一下被认为是距离我们最近，也是最亮和最大的一颗恒星——天狼星。通过（惠更斯）精确观察，发现它的外观比太阳小 27664 倍，因此根据前述的规则，它与我们之间的距离也要比太阳距我们的距离大这么多倍，这相当于 2000 多亿英里（3200 多亿千米）。如果是这样的话，宇宙该是一个多么辽阔无垠的空间呀！”

德勒姆的中心论点是，随着科学的进步，对宇宙的无限性和复杂性的了解也越来越多，从而证明上帝的力量比先前想像的要大得多。在科学和宗教信仰之间无需存在冲突。宇宙中的一切事物都是协调有序的，并反映出其造物主的特征。

这个论点被称作目的论，即任何被设计出的、并能协调工作的东西必须有一个设计师。18 世纪天文学中的宇宙是一个广阔有序的体系，德勒姆认为，人们对宇宙日益增长的了解只能使他们对造物主更加崇敬。他这本书是十分典型的理性或自然神学，在当时的英国非常流行。

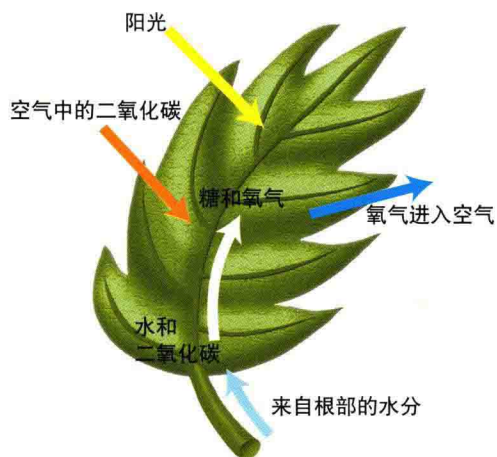


1741 年的托马斯·赖特，由托马斯·弗赖伊（1710—1762）作画。

宇宙多元性

这个思想流行于 18 世纪。托马斯·赖特（Thomas Wright, 1711—1786）提出，像我们自身的星系这样庞大的星群存在于整个宇宙，很多星星都和地球一样拥有卫星。他认为上帝创造了这个“宇宙多元性”，人可以在其他世界转生。他辩解道，没有天文学，神学是没有意义的。为了解上帝，我们一定要研究宇宙的结构。他认为，宇宙具有一个大规模的结构和一个上帝所在的“神圣中心”。不断的灵魂转世会使我们接近这个中心。赖特完全接受了德勒姆的主张，即：后哥白尼天文学所揭示的广阔无垠的宇宙显示出了上帝的伟大和创造性力量。

科学植物学的先驱



光合作用——几个植物学家都已坚信，植物通过它们的叶子从空气中吸收一部分营养，但是，是因根豪茨（Ingenhousz）首先分析了光合作用的基本过程。植物将水和二氧化碳转化成它们成长所需要的糖，并产生副产品——氧气。

生命的奥秘将生命自身分解为形式和功能两个相关的问题：研究和绘制构成动物或植物的单独的物理结构，然后设计出实验手段来发现它们所起的作用。植物在很多方面被看作是一种比动物简单的生命形式，而且容易进行实验，所以植物学对于科学家来说是一个吸引人的领域。

植物生理学的先驱者是斯蒂芬·黑尔斯（Stephen Hales, 1671–1761）。他是将主要精力放在对植物、鸟类或昆虫世界研究而不是放在神学研究上的很多英国牧师之一。黑尔斯不同寻常地以超出画法植物学的方式进行实验和测量。他的主要兴趣是植物营养学，以及植物是否也有相当于在动物身上发现的血液循环系统。

用植物做实验

浆汁在植物身上上升，这是常识。但是浆汁的作用是什么？它是否以循环的方式先上升而后下降？黑尔斯1718年就他的一些想法与伦敦皇家学会进行了首次交流，然后他又花了8年时间进行实验。他的主要著作《植物静力学》（*Vegetable Staticks*）于1727年发表。在这本书中，黑尔斯描述了他将植物的瓣片切开，并插入简单的压力表这一对植物生理学的试验方法。他发现浆汁以一种可以测量的力量上升，这种力量随着一年的不同季节而变化，并且受温度的影响。他发现枝条不仅仅从根部吸收水分，而且还从瓣片切开部分的上端吸收水分。换句话说，流动方向是与一般情况颠倒的。他正确地认为，这意味着在植物体内可能没有像动物身上的那种循环系统。

叶子的作用

黑尔斯的最伟大发现是叶子在植物营养中所发挥的作用。他在各个季节里测量植物的生长，发现植物在有叶的时候生长速度最快。因此他坚信“植物通过叶子从空气中吸收一部分营养”，并且叶子的功能“就像动物的肺支持动物生命一样，在一定程度上起着支持植物生命的同样作用”。他还猜测光对植物的成长可能也起一定的作用，但他没能证实。黑尔斯已经证实植物的营养来源要比想象的复杂得多。尽管植物从土地中吸收水分，但是它们不只是通过这种方式获得营养，还涉及叶子的呼吸作用。

生命周期

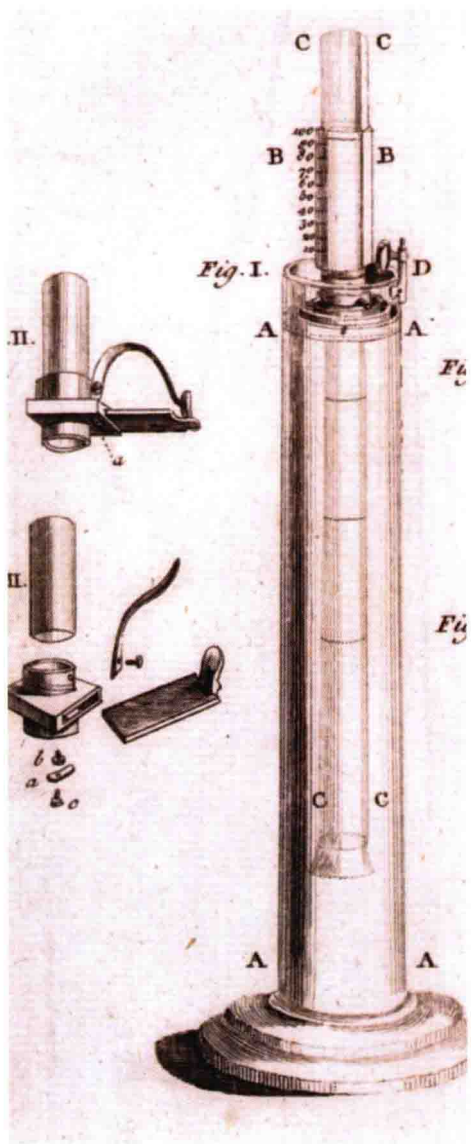
荷兰科学家简·因根豪茨 (Jan Ingenhousz, 1730—1799) 弄清了我们现在所称的光合作用。18 世纪 70 年代, 化学取得了重大进展, 而且人们清楚地认识到动物的呼吸作用是吸进空气中的一种成分, 而呼出另外一种成分。因根豪茨从中获益匪浅。他进行了实验, 证明“植物在阳光下净化普通空气, 在阴暗处及夜间则破坏普通空气”。换句话说, 它们吸收二氧化碳, 排出氧气。但这只有绿色叶子才能做到, 而且只能在阳光下。

因根豪茨通过将植物封装在容器里, 然后在不同的时间和不同的条件下采集并分析气体证明了这一点。从这些实验结果中, 他得出结论, 植物和动物的生命是在一个循环中相互联系的, 或者就像 18 世纪时的叫法一样, 称为“有机体”。可能称因根豪茨为第一个科学生态学家是当之无愧的。

植物如何发育

德国博物学家克里斯琴·科纳德·施普伦格尔 (Christian Konrad Sprengel, 1750—1816) 的主要兴趣是研究植物发育, 他举了另外一个例子对植物和动物之间的这种联系, 作了栩栩如生的说明。一段时间以来, 人们了解很多植物都是雌雄同株的, 也就是两性体, 因此就认为它们本身就能进行授粉。但是, 施普伦格尔指出这样一个关键的事实: 植物的雄性和雌性部分, 即雄蕊和花粉囊成熟的时间是不同的, 本身完成授粉是不可能的。因而, 他注意到昆虫在植物上的逗留, 发现吸引它们的是颜色和香味, 并观察到花冠标志是如何将昆虫引导到隐蔽的花蜜上。他得出结论, 认为是昆虫在异花授粉, 而且“自然界看起来不想让任何花朵自身授粉”。

又过了很久, 查尔斯·达尔文研究了施普伦格尔的著作, 并进一步证明了异花授粉对植物进化是何等重要: 如果植物自身授粉, 就不可能有新的物种突变, 并且不可能有新的物种进化。施普伦格尔如此淋漓尽致地描写昆虫和植物间的关系, 可以看作是从与环境有明确关系的角度解释有机形态来源的第一次尝试。因此, 可以说施普伦格尔为最早期领悟生态学和进化论作出了一定的贡献。



简·因根豪茨使用过的设备——1799年出版的《在植物上实验》(*Experiments upon Vegetables*) 的卷首插页。利用这个设备, 因根豪茨发现了植物在阳光下净化普通空气以及在暗处和晚上污染普通空气的巨大力量。他做了 500 多次实验, 并将研究结果写入了本书中。

有关自然发生说的争论

看起来有些奇怪，在科学的植物学和动物学已经形成的启蒙时代的中叶，有关生命是否会自然发生这一陈旧的争论竟会复活。但是，这里面有充分的哲学理由。法国的理性主义思想家当时正在为有关生命物种是由上帝的神圣旨意创造的传统看法寻求可供选择的其它观点。他们使用任何可以抓住的证据，来证明在合适的条件下，生命可以自然发生。为此，法国当代主要的博物学家孔泰·德·布丰（Comte de Buffon）为这种思想树立了权威，尽管弗朗西斯科·雷蒂（Francesco Redi）在17世纪60年代就不同意这种观点（见第324页）。

孔泰·德·布丰开发出一种理性的、非圣经式的研究自然的方法。但他的很多观点都被证明是相当错误的。

变化和成长

布丰的观点直接来源于大部分时间都住在法国的英国科学家约翰·尼达海姆（John Needham, 1713—1781）的一些实验工作。在1748年，尼达海姆认为，他已经在显微镜下证明放在液体中的植物或动物材料能够自然生殖。他把羊肉放在水中煮，然后将肉和肉汁封装在一个密闭的容器内。几天以后他看到在肉汁中有小生物体在游动。另外，他坚信它们在成长，并且在改变形状。布丰认可了这些实验的正确性，并发表了自己的结论。整个的争论就是在这么一个过程中发生的。布丰提出被分解成有机块的活组织可以自然地将它们自己重新组织成不同形式的生命。



一种自然的解释

开始验证自然发生说到底到底是事实还是神话的科学家是雷蒂的同胞——拉扎罗·斯帕兰扎尼（Lazzaro Spallanzani, 1729—1799）。他多年来一直是意大利帕维亚大学的博物学教授和伟大的实验主义者。他在科学工作方面的座右铭是，不要有先入之见，要坦率地去“询问自然”。他尝试了一个又一个的方法将与尼达海姆使用过的同类有机液体与外部环境完全隔绝。只有通过这个方法，他才能确定新的生成物是自然发生的，还是有某种自然解释。

经过大量的试验和错误，他发现当把液体和烧煮一小时的内含物放进密闭的烧瓶内时，液体中没有任何微生物。如果空气进去了，过了一