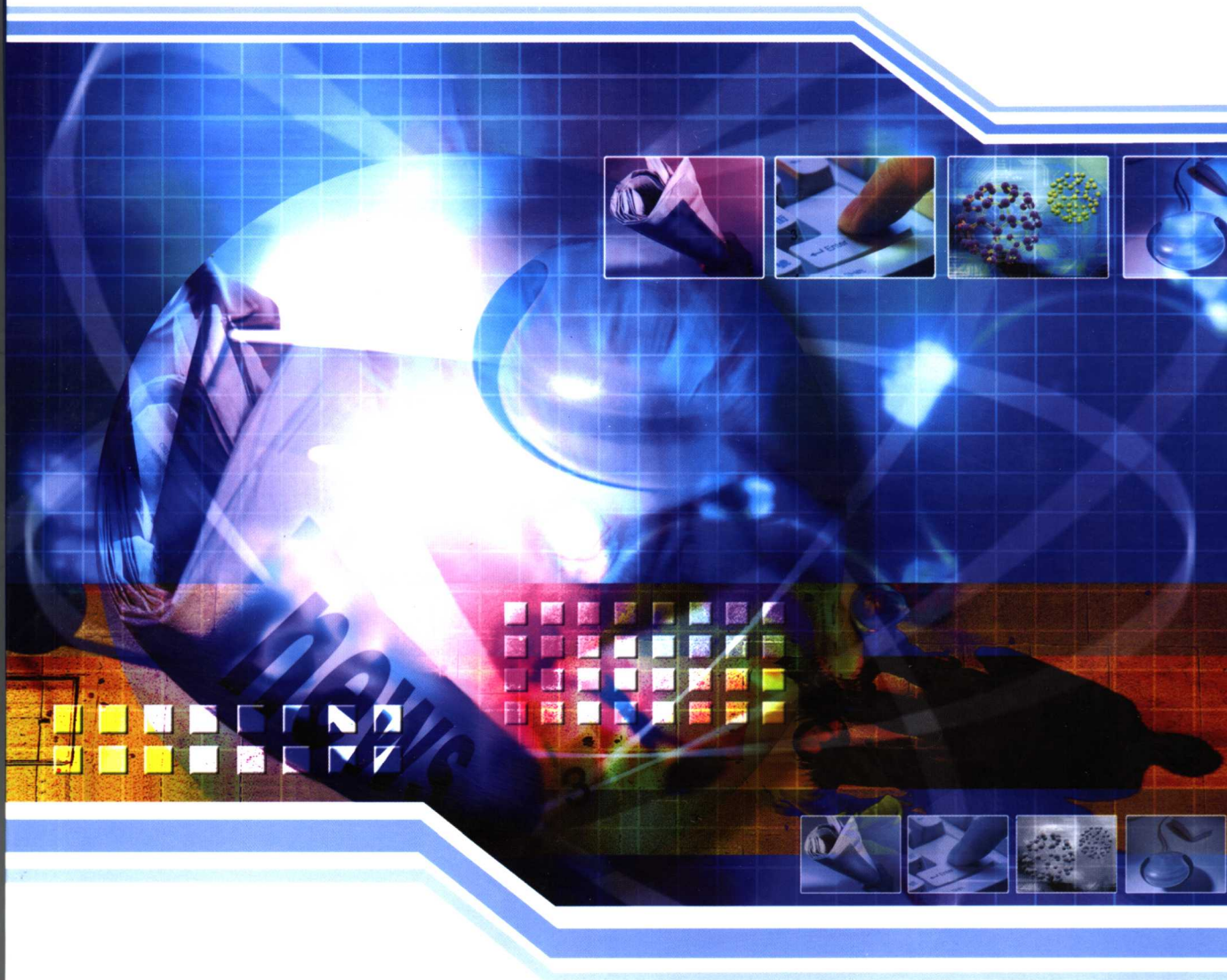


21 世纪科学教育书系

素质科学概论

汪晨熙 蔡继业 编著



中国科学技术出版社

21 世纪科学教育书系

素质科学概论

汪晨熙 蔡继业 编著



中国科学技术出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

素质科学概论/汪晨熙, 蔡继业编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2006. 10

ISBN 7-5046-1795-4

I. 素... II. ①汪... ②蔡... III. 自然科学—普及读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 124589 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

编 者 汪晨熙 蔡继业

策划编辑 肖 叶

责任编辑 单 亭

封面设计 阳 光

责任校对 孟华英

责任印制 安利平

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

科学普及出版社发行部发行

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

北京国防印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 22. 75 字数: 520 千字

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—2000 册 定价: 39.50 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)

序 言

我永远不会忘记 1986 年春天参观佛罗里达“迪斯尼世界”旁边“未来世界”科学馆时留给我的惊奇。在参观其中的能源馆时，先是坐在一个大剧场里看一个 120a 大屏幕放映的有关能源知识的电影。电影结束后，剧场后方的幕布缓缓升起，突然，你座下的椅子动起来了，随着邻座一起自动向后转，载着观众徐徐驶入幕布后的展馆。原来剧场内所有的椅子都分属七辆“剧场旅行车”，每车约可乘 150~200 人，而为这七辆“剧场旅行车”提供动力的正是展览馆屋顶上的太阳能矩阵电池。展馆里边展示的是远古时代风雨交加、电闪雷鸣的场景：大树被雷劈倒，埋入地下（以后形成煤炭或石油），空气中弥漫着硫磺的味道，恐龙在向你探头探脑……在经历了这样的巧妙安排之后，你不能不对太阳能和其他能源的作用“印象深刻”。在农业馆里，我看到的是一块块竖起来的上面满是圆洞的板子。每个圆洞后边都有一个盛着培养液的小玻璃瓶，而绿色植物的枝枝蔓蔓就从这一个个圆洞里边爬出来，向世人展示那生命的盈然。讲解员介绍说，这就是“无土栽培”，预示着农业的未来。我怀着满腹的疑虑，回想着以前在国内参观过的农展馆，记得那里边应是几百斤的大南瓜，上吨重的大肥猪才对。难道这一个个满是圆洞的板子就是“农业的未来”？今天，二十年过去了，在中国也有了大量的“花卉工厂”，无土栽培技术，甚至转基因技术正在越来越广泛地应用。

这个展览给我最大的启示有两点：一是“原来科学是可以这样生动地被介绍给世人的”；二是它的前瞻性。它把科学的最新成果介绍给大家，号召大家去遐想，正如在每个展馆都赫然标明的主题那样：“If you can dream it, you can do it.”（如果你能梦想它，你就能实现它。）

1998 年，我从中国科学院的研究所调往高校工作。当我看到大学教育的现状时，我立即想到学习“未来世界”科学馆的榜样，面向全校本科生开设一门公开课：“现代科学的进展”。

· 目前，大学教育还存在一些问题，例如：

1. 灌输式地传授知识的现状没有得到根本的改变，由于课时紧，课程内容多，很少有时间考虑和用于激发学生对大自然的好奇心及对科学的热爱，使学生学习缺乏根本的动力。

2. 讲具体知识多，讲学科来龙去脉和发展趋势少。即使是理工科的学生，虽能学会具体的定理和做习题，但缺少从整体上把握一门学科的能力。

3. 对除本学科外的相关学科的知识介绍较少,对不相关学科的知识基本上没有介绍。因此,许多文科生对自然科学的一些重要科学术语和概念及研究方法知之甚少,对现代科学如何推动社会的发展认识不足;理工科学生学物理的不知化学,学数学的不知生物的现象普遍存在,限制了学生的创新和开拓能力。

4. 教材更新慢,与现代科学的飞速发展差距较大,学生学不到现代科学的最新知识,缺少探索和创新的激情。

5. 由于大学生对现代科学的飞速发展以及人类为此付出了多大的代价了解不够,因而比较普遍地缺乏社会责任感,容易去追求一些时髦的、物质的东西。

今天的大学生将是明天的科学家、教育家、企业家和领导干部,从某种意义上说,大学生的状况代表着我们国家的未来,决定着我国国家的命运,因此,在大学生中进行科学传播提高他们的科学素质具有十分重要的意义。

我开设这门课的目的在于:第一,重新点燃学生对大自然的好奇心,激发他们对科学的兴趣和热爱,使他们关心科学、了解科学;第二,用简洁的语言描绘出当今科学技术的几个最重要的领域的发展主线和趋势,给出发展的最新成果以及目前存在的难题,使学生对此有个梗概而明确的认识,了解自然科学与技术的发展和进步是社会发展和进步的基本推动力;第三,通过自然科学发展过程中历代科学家发现和了解客观世界的新现象,研究和掌握新规律,前仆后继,不懈追求真理的事例和业绩,使学生了解科学精神的实质;第四,客观真实地介绍我国科学发展的状况,使学生们一方面看到我们与世界最新科技的差距,一方面也了解中国科学家进行了怎样艰苦卓绝的努力,从而激发民族自尊心和自豪感。

我想,同学们来学这门课,就是想知道,现在科学到底发展到哪一步,今后将怎样发展。因此,告诉他们几个最重要领域的科学发展的最新成果十分重要,而不是一般地介绍科学知识。不强调知识的全面性,而要突出它的重点和新点,是本书的一个特点。同时,这些最新成果不能作为一个个孤立的个体介绍给学生,而要与那个学科的发展过程结合在一起进行介绍,即讲清来龙去脉,讲清主线,或者进行科学史的教育。比如讲生物技术专题时,书中关于生物技术有四大工程:细胞工程、发酵工程、基因工程和酶工程。考虑到生物学近年最突出的成绩在细胞工程和基因工程方面,所以我只对四大工程的定义做了介绍,然后重点叙述细胞工程和基因工程,并把简史讲清。又如“信息科学与技术”是当代一个非常重要的科学领域。但因为大学生入学后,不论文科还是理科的学生都要上计算机课程,都会接触到有关的科学内容,所以在我开设的《现代科学的进展》课程中,没有纳入“信息科学与技术”的内容,以避免和学生已上过课程的重复。

第二个特点,是我努力想做到的:生动活泼、图文并茂。要重燃学生对大自然的好奇心和对科学的兴趣,不能通过简单、枯燥的说教,而是要用大自然的美丽、神奇、奥妙去吸引他们、打动他们。在课堂上,我可以用多媒体技术引入大量色彩鲜艳的图片,让他们看到宇宙中真实、美丽的星际,看到因基因不同而生出的各种肤色的婴儿,看到一个个杰出科学家的肖像,使他们获得感性认识,留下深刻印象。

但是写成书以后，考虑到书的价格不能太高，这个特点就很难保持了。为此，我在这本书后附加了一张光盘《宇宙神秘之旅》，希望能够弥补这个遗憾。

开设这门课程，涉及自然科学的八个领域，对于只有物理学背景的我来说，是相当困难的。只有通过大量的阅读和向各行专家请教，才能克服这些困难。但是，从另一个角度来看也有好处：那就是比较理解一个外行在步入一个陌生的学科殿堂时，最想了解什么的心情。在本书的每一专题后面都列出了参考书的目录，正是通过对这些书和学习文章的学习，通过剪辑《科学时报》和浏览互联网，才能编著出现在这本书。同时，在这里还要感谢中国科技大学张家铝教授（祝贺他最近当选了中国科学院院士），暨南大学唐振方老师，叶锦韶老师，张杰老师等许多同志给我的指点、帮助和支持。特别要感谢陈少涌老师，他在《宇宙神秘之旅》光盘的设计和制作中作出了特殊的贡献。

是同学们对这门课程的热爱和赞扬，促使我把教材整理出来，正式出版，并定名为《素质科学概论》。希望这本书能对提高大学生和一切具有高中以上文化程度的读者的科学素质有所帮助。他们的需要和渴望是我永远不竭的动力！

汪晨熙

2006年10月于广州

目 录

知天知地——宇宙的起源和演化

§ 1 人类认识宇宙的历程·····	(1)
§ 2 20 世纪物理学发展的主线·····	(6)
§ 3 我们最熟悉的恒星——太阳·····	(12)
§ 4 恒星的暮年·····	(16)
§ 5 黑洞·····	(23)
§ 6 宇宙的起源——大爆炸理论·····	(30)
§ 7 宇宙的结构·····	(41)
§ 8 宇宙的命运·····	(46)

摆脱地球的羁绊——空间科学和技术

第一章 通向太空·····	(49)
§ 1 航天之父——齐奥尔科夫斯基·····	(49)
§ 2 运载火箭·····	(50)
§ 3 人造卫星·····	(53)
§ 4 宇宙飞船·····	(56)
§ 5 空间站·····	(63)
§ 6 航天飞机·····	(68)
§ 7 航天发射场·····	(70)
§ 8 航天员·····	(71)
§ 9 未来的航天计划·····	(78)
第二章 空间技术的应用·····	(80)
§ 1 通信卫星·····	(80)
§ 2 导航卫星·····	(83)
§ 3 空间天文观测·····	(85)
§ 4 军用卫星·····	(92)
§ 5 卫星对地观测·····	(94)

在大自然的馈赠之外——材料科学与技术

§ 1 材料科学与技术的重要性	(96)
§ 2 物质形态简介	(104)
§ 3 “硅器”时代	(110)
§ 4 超导材料	(119)
§ 5 纳米材料	(132)

继承普罗米修斯的伟业——能源技术

§ 1 人类利用能源的历史	(140)
§ 2 地球上的各类能源	(141)
§ 3 我国能源状况及发展战略	(145)
§ 4 核能利用的现状与展望	(148)
§ 5 太阳能的利用	(158)
§ 6 风能的利用	(162)
§ 7 生物质能源	(164)
§ 8 地热能和其他可再生能源	(165)
§ 9 介绍几种洁净的新能源	(170)

向上帝挑战——生命科学与生物技术

第一章 细胞工程	(174)
§ 1 细胞和细胞学	(174)
§ 2 植物组织培养技术和植物细胞培养技术	(181)
§ 3 试管婴儿	(182)
§ 4 奇妙的克隆	(183)
第二章 基因工程	(189)
§ 1 为什么“种瓜得瓜，种豆得豆”？	(189)
§ 2 染色体和基因	(190)
§ 3 基因是什么	(193)
§ 4 基因都干些什么	(197)
§ 5 突变和基因病	(197)
§ 6 DNA 的结构	(199)
§ 7 遗传密码	(204)
§ 8 蛋白质的合成机制	(206)
§ 9 基因工程	(208)
§ 10 破译生命天书的人类基因组计划	(215)
§ 11 生物技术世纪	(219)

我们只有一个地球——环境科学与技术

§ 1	我们周围的环境·····	(221)
§ 2	人类文明的悲剧·····	(225)
§ 3	地球——人类唯一的、美好的共同家园·····	(244)
§ 4	保护地球，减少污染·····	(248)
§ 5	人类共同的选择——走可持续发展之路·····	(254)

神奇之光——无所不能的激光

§ 1	激光的产生·····	(259)
§ 2	激光工作状态和分类·····	(268)
§ 3	信息社会与神奇之光·····	(273)
§ 4	激光的工业应用·····	(280)
§ 5	激光在检测领域中的应用·····	(283)
§ 6	激光在医学中的应用·····	(288)
§ 7	激光在科技领域的应用·····	(292)
§ 8	激光在武器与战争中的应用·····	(297)

蔚蓝色的世界——海洋科学和技术

§ 1	蔚蓝色世界的魅力·····	(302)
§ 2	近代海洋科学的诞生·····	(305)
§ 3	现代海洋地质与地球物理科学·····	(313)
§ 4	现代物理海洋学·····	(326)
§ 5	现代生物海洋学·····	(336)
§ 6	海洋资源何其多·····	(344)

知天知地——宇宙的起源和演化

“世界上只有两件事最能震撼心灵：一件是人们内心深处的道德标准；另一件是人们头顶上灿烂的星空。”——这是德国哲学家、天文学家、星云说的创立者之一、德国古典唯心主义创始人康德的一句名言。可以想象原始的岩穴居民在面对暴风骤雨和电闪雷鸣带来的恐怖时，他们一定要问：什么是宇宙？什么主宰宇宙？同样可以想象原始的岩穴居民在灿烂明媚的阳光下，在生机盎然、百花盛开的土地上，他们一定要问：万物来自何方？万物将走向何方？这就是人类最早对宇宙的疑问和追寻。我们现在仍然在追寻。联合国教科文组织《1998年世界科学报告》的前言部分《科学的未来是什么？》认为：大脑的功能、生命的起源和宇宙的起源这些重大问题将是今后几十年甚至几个世纪需要解决的主要难题。下面，我们就谈一谈有关宇宙起源和演化的问题。

§ 1 人类认识宇宙的历程

人类对宇宙的认识经过了一个漫长的过程。从亚里士多德（Aristotle）、阿波隆尼（Apollonius）到托勒密（Ptolemy）建立“地心说”，并维系了将近2000年。16世纪哥白尼（Nicholas Copernicus）首次提出“日心说”，又被意大利哲学家布鲁诺（Giordano Bruno）发展，被伽利略（Galileo Galilei）、开普勒（Johannes Kepler）和牛顿（Isaac Newton）完善。但那时，人们还没有宇宙演化的观念，1917年爱因斯坦（Albert Einstein）首次用广义相对论方程式描述整体宇宙，以及20世纪20年代美国天文学家哈勃（Edwin Hubble）发现了红移定律，认识到“宇宙在膨胀”之后，宇宙演化的观念才进入人类的意识，由此诞生了现代宇宙学。

一、“地心说”

现代的人大概出现在7万年前，大约1.5万年前出现了石窟画描写人类的生活，大约5000年前开始形成文字。可以想象原始的岩穴居民在面对暴风骤雨和电闪雷鸣带来的恐怖，或在遭受汪洋大海中狂风巨浪威胁时的心情。无须去问为什么，自然有一种强大无比的力量在告诉他们，当务之急是寻找一个在地球上可以救命的庇护所或避风港。因此，早期文明遗留下来的关于人类生活和信仰的记录告诉人们：大地是稳定的，天神可以制约天地，控制海洋——这就是为什么在认识宇宙的过程中不得不给宗教留下一席之地的原因。

古代巴比伦人（公元前3000年至公元前400年，他们的后代居住在今天的伊拉克）认为，大地是平坦的，宇宙就像在海面上耸起的高山，天空就像在头顶上的一



个大圆盖。太阳每天从一个门口进来，从另一个门口出去。他们把星图刻在岩石上，以备占星家们预测未来。

古希腊人曾是优秀的航海家。看到每天晚上星星会出现在大体相同的位置上，他们就学会了利用恒星的位置来为船只导航。在航行中他们发现远处的船总是先看到桅杆，再看到船体，因此而怀疑大地是否平坦。古希腊人还坚信，不管诸神创造的惊涛骇浪多么可怕，宇宙的机制都能以一种有规律和可预见的方式运行。

古希腊数学家埃拉托西尼首先发现，一支在阳光下的立竿在一天的不同时刻其影子的长度是不同的。他还做了一个实验：把两根长度一样的立竿分别放在两个不同的城市，其中一根放在阿斯旺，另一根放在亚历山大，每根立竿都保证与地面严格垂直。在一天的同一时刻测量其竿影长度，发现两者总是不一样。他认为，假定地面是平的，那么这两根立竿就是严格平行的，那么遥远太阳的平行光照射到竖立在不同地方的这两根立竿的影子的长度，在同一时刻应该是相等的。而实验的结果却相反，这说明大地的形状不是平的，而很可能是弯曲的。他还进一步推论，沿每一根立竿画一条想象的延长线到地球的内部，那么两根立竿延长线的交点就是地球的中心，使用欧几里得几何学就可以算出两条延长线的夹角。如果一根立竿处在太阳光垂直照射而没有影子的状态，那么上述夹角的大小应该等于另一根立竿和从它的顶端到它的影子末端之间连线的夹角。用这个方法和已知的阿斯旺到亚历山大的距离，就可以计算出整个地球的周长。埃拉托西尼这种方法算得到的地球周长与我们今天的结果非常近似。

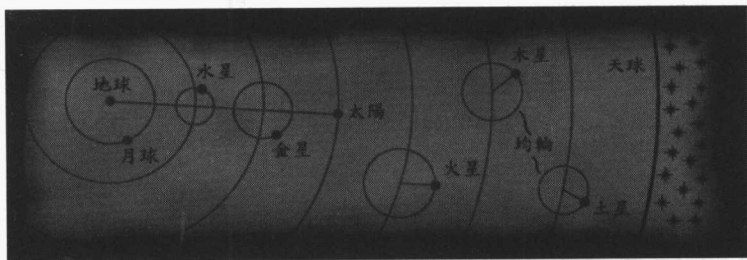
多次重复立竿实验和另外一些观测之后，得到的结论总是相同的。因此埃拉托西尼认为地球是球形的。在这个发现过程中最重要的是：在反复的实验中仔细洞察，再用数学和推理的方法得出结论。这就是最初和最基本的科学。埃拉托西尼把细心的观察与训练有素的理论结合起来，建立了一种可以科学地研究宇宙的基本方法。这正是我们今天还在使用的方法。

2

亚里士多德是古希腊诸多哲学家中一个努力去揭示宇宙奥秘的人。他集中了古希腊人的智慧，在公元前340年出版了《论天》一书。肯定地球是一个圆球而不是一块平板。他还进一步设想，因为只有圆周运动是最完美的，那么地球就位于圆周的正中央，而其他天体都围绕着地球运动。

这些早期的“地心说”是很不精确的。它们都假设各星星一直不变地围绕着地球的圆轨道运动。但对天空更仔细地观察说明，某些星星在天空中的运动，看上去是在经常地改变着方向——向前，然后向后，接着再向前。这种运动方向的改变周期性地发生，不是用简单的同心圆轨道可以解释的。为了说明这种逆行现象，古希腊学者阿波隆尼在公元前3世纪提出了一种较复杂的行星模型。他认为行星在围绕着地球绕大圈子的同时，还沿着较小的叫做“本轮”的圆轨道在空间运行。把两种运行轨道结合起来考虑，就可以解释行星周期性的方向逆转的现象了。

到了公元2世纪，一位天才的天文学家把上述两种假说结合起来，精制了一个完整的宇宙学模型，他就是托勒密。



托勒密精制的宇宙模型

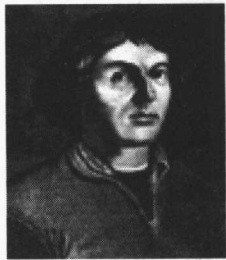
在托勒密的宇宙模型中，地球处于正中心，包围它的是七个天球，这七个天球分别负载着月亮、太阳和当时已知的行星：金星、木星、水星、火星与土星。在地球外面环绕运行的上述七个天体有着各自不同的轨道（均轮）直径；而每个天体又都有自己的本轮。这样一来，行星的亮度变化和不规则运动都可以得到很好的解释。最外层天球被镶上固定的恒星，它们总是停在不变的相对位置，但是总体绕着天空旋转。而天球之外为何物却一直不清楚，但是他肯定，这不是人类能够观察到的宇宙的那部分。

至此，从亚里士多德、阿波隆尼到托勒密，用球形和圆形就把当时所观察到的宇宙解释得天衣无缝了。

在托勒密生活的年代，由于人类对大自然现象有许多不理解之处，宗教占据着绝对的统治地位，科学只是宗教的附庸。托勒密宇宙模型的一个很大优点，即没有冒犯如何人：各种宗教都能在球中之球的宇宙中为它的“神”找到一个应有的位置。它们认为是“神”创造了宇宙，科学不过是在解释宇宙怎样运作。就这样，亚里士多德—托勒密的“地心说”维系了将近 2 000 年。

二、“日心说”

倡导“日心说”宇宙学的第一人是 16 世纪的波兰天文学家哥白尼。哥白尼为复杂的托勒密学说与柏拉图简单的圆轨道学说之间的矛盾所困惑，当他了解到一位不太知名的古希腊哲学家阿利斯塔克在公元前 3 世纪曾提出过地球绕太阳转动的学说时，受到很大的启发。



波兰天文学家哥白尼

经过多年认真的计算和思考，1548 年，哥白尼发表了他的最重要的著作《天体运行论》，阐述了关于地球和当时已知的五大行星：水星、金星、火星、木星与土星围绕太阳沿圆轨道运行的理论。之后，意大利哲学家布鲁诺也支持哥白尼的宇宙学说，并进一步认为不仅太阳周围存在一个行星系，每颗恒星周围也都有一个行星系。他还写道，宇宙中恒星、行星的数目是无限多的。

哥白尼学说被教会视为是对神的亵渎，支持哥白尼



学说的意大利哲学家布鲁诺在 1600 年被烧死在火刑柱上。

哥白尼和布鲁诺对宇宙的认识只是经验性的，推理性的，他们没有为地球和其他行星绕太阳运转提供确凿的证据。建立他们的宇宙体系需要有观测例证，而且为了对行星的轨道做出详尽的预测，也需要对行星的运行提出数学模型。再者，为了阐明行星运动规律与地球之间的联系，还需要有一套新的物理定律。以上三项缺陷在 17 世纪分别被伽利略、开普勒和牛顿巧妙地弥补了。

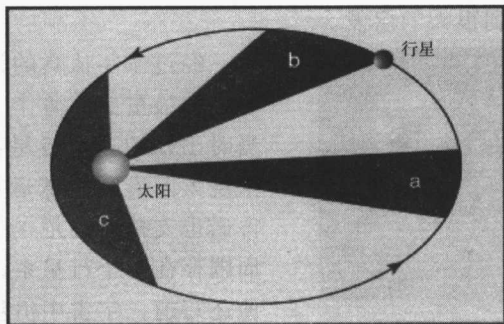


意大利天文学家、物理学家伽利略

意大利天文学家、物理学家伽利略（1564—1642）仔细地研究了制造望远镜的方法，第一个用望远镜观测了一系列星体并有若干新的发现。他发现月球上有山脉地形、太阳有黑子，证明天空并不是完美的；他发现金星也有盈亏，证明它必定环绕太阳运行；他还发现绕着木星旋转的四颗卫星，显示宇宙有其他的“中心”。这些研究使他坚信天体彼此或多或少地处于同一地位，地球并不是什么“神秘的中心”。他为哥白尼的“日心说”提供了大量的观测例证。他的著作《星空使者》于 1610 年出版，宣告了亚里士多德—托勒密“地心说”的死亡和哥白尼—伽利略“日心说”的建立，为天文学开辟了新的时代。

德国科学家开普勒（1571—1630）在整理分析他老师第谷（是当时丹麦国王的科学顾问。国王赐予他一个小岛，让他在那里进行天文观察）留下的丰富的行星观察资料时，证明了太阳系中各天体的轨道不是同心圆，而是椭圆，太阳位于这个椭圆的一个焦点上。他还给出了行星公转周期与其到太阳的平均距离之间的关系，从而与所观察到的行星运动相当好地附和。

4



德国科学家开普勒和他给出的行星公转周期与其到太阳的平均距离之间的关系



英国剑桥大学数学教授牛顿（1642—1727）在数学、物理学、天文学等领域完成了不少实质性的工作，有些是开创性的。其中最著名的就是万有引力定律。牛顿指出，物体是由于万有引力而相互作用的。他证明行星绕日运行的椭圆轨道可以从一个简单的数学方程推导出来：物体之间的吸引力正比于两个物体的质量，反比于两者之间距离的二次方。当他用这个和引力有关的数学公式考察开普勒的椭圆轨道时，两者符合得非常好。火星、木星、土星的轨道都可以通过公式而得出。由此得出的结论十分清楚，哥白尼、伽利略和开普勒是正确的。牛顿终于发现了，是万有引力维系着行星在椭圆轨道上围绕太阳运动。依据牛顿定律，天文学家在太阳系又发现了三颗行星：天王星、海王星和冥王星，从而更证实了万有引力定律的正确性，也使“日心说”具有坚不可摧的科学基础。



英国科学家牛顿

由于证据确凿，教会方面不能再否认太阳位于宇宙的中心，而不是地球位于宇宙的中心了。使得教会比较容易地接受“日心说”的还有牛顿的另一个发现。牛顿不相信宇宙还有一个外部极限的想法。用一架威力更大的望远镜进行更高精度的观测发现，并非所有的恒星都是固定不动的，它们中有一些是在运动着的。因此，牛顿假定宇宙没有边界，它在时间和空间上都是无限的。而无限和永恒正是教会要给神所赋予的性质，这时，科学和宗教非常不容易地取得了一致。

三、现代宇宙学的诞生

现代宇宙学基本上是借助爱因斯坦（1879—1955）的广义相对论方程式对大尺度时空行为的描述，它的诞生年代可以定位在爱因斯坦首次应用那些方程式描述整体宇宙的1917年。在爱因斯坦的理论框架内，主要的宇宙假说有两个——伽莫夫的大爆炸理论和英国天文学家霍伊尔、戈尔德和邦迪三人提出的稳恒态模型。但爱因斯坦也未能摆脱“宇宙永恒不变”的思想，当他发现最简单的广义相对论方程式要求宇宙膨胀时，他给方程式增加了一个附加项以维持宇宙静止。直到20世纪20年代，美国天文学家哈勃（1889—1953）发现了红移定律，认识到宇宙在膨胀后，宇宙演化的观念才进入人类的意识，现代宇宙学才更牢固地建立在观测的基础上。

从以上对人类认识宇宙历程的回顾可以看出，科学必须建立一些假说。这些假说不但要接受检验，还必然要受到它们所产生时代的限制。假说只有在受到实践和观测的事实支持的时候，才有作为科学学说存在的价值。科学不能保证它是永远正确的，它只能不断地摒弃错误的假说和建立起在某个时段中是对实验事实的最好的解释的理论。亚里士多德—托密勒的“地心说”虽然在今天看来有许多错误甚至谬误，但在当时它成功地代表了人类正确认识宇宙的方向。它是建立在这些基础之上的：用肉眼观察到的事实、立竿的影子这类少量的实验结果以及闪耀着夺目光芒的



人类智慧之火。它成为人类认识宇宙的第一层阶梯。但在“地心说”建立了2 000年之后，它已无法解释许多新的观察和实验，如果还要坚持旧的理论，而不用新的理论去代替它，那就变成荒谬；和政治结合在一起就成为反动。

从这个角度看问题，虽然“科学”是永恒的，但是，科学中的某个理论、某种学说可能是永恒的，随着人类观察自然广度的扩大和深度的提高，新的学说总要代替旧的学说——没有“绝对真理”，只有“相对真理”，真理不可能有穷尽，只能无限逼近。

我们还可以看出，科学是人类进一步认识自然的结果。当这种认识与旧的社会秩序发生矛盾时，就会引起社会变革。所以，从总体来讲，科学总是站在变革的一边，总是促进社会的发展。这就是为什么要崇敬科学的道理。

§ 2 20 世纪物理学发展的主线

19 世纪末 20 世纪初，物理学中有两个相当重要的科学发现。一个是迈克尔逊—莫雷实验。这个实验证明，光顺着地球运动和逆着地球运动的速度是完全一样的。另外一个普朗克的一个公式，炽热的物体放光的时候，会有不同的波长，普朗克对波长的分布提出一个猜测公式，与实验很好地符合。这两个问题用经典的理论和方法是无法解决的。这两个发现虽然都很稀奇，但当时它们同日常生活并没有什么直接的联系。

可是不久以后，即从第一个发现产生了狭义相对论，后来又扩展到广义相对论；从第二个发现产生了量子力学，到 1925 年，人们对这两个领域已完全了解了。由此又发展出原子构造、分子构造、核能、激光、半导体、超导体、X 光以及超级计算机等理论和应用。1925 年以后，几乎所有的物质文明，都是从这两个基础发展衍生出来。因此说，20 世纪物理学的发展，基本上是沿着量子论和相对论这两条主线发展的。同时，这两个理论也成为我们现在认识宇宙的最锐利的武器。广义相对论方程式对大尺度时空行为的描述标志着现代宇宙学的诞生；而追溯宇宙的历史，了解宇宙的起源又不得不靠量子力学。因此，我们要讲一讲这两个重大的事件。

6

一、“以太是多余的”

17 世纪，自牛顿发现万有引力以来，对于两个物体彼此不接触的作用形式，历史上有两派观点。

以牛顿为代表的一派持“超距作用”观点，认为作用力以无限大的速度“超”越空间“距”离，一下子从一个物体传到另一个物体。这种观点假设有无限大速度，有点不可思议。另一派以法国著名科学家笛卡儿为代表主张“媒递作用”，认为这个媒介就叫做“以太”，是以太使两个相隔一定距离的物体发生相互作用的，而且，以太无所不在，充满整个宇宙空间。

19 世纪中叶，英国物理学家法拉第创立电磁学说，后来英国物理学家麦克斯韦



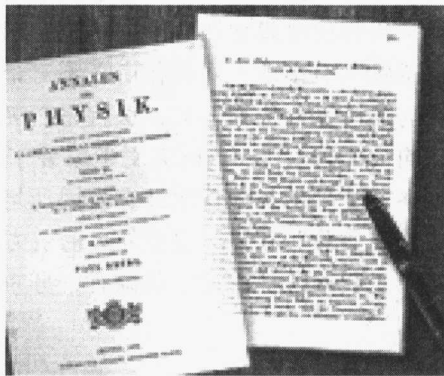
又证明光是一种电磁波。如此一来，默默无闻的以太一下子就变成经典物理学中的明星：引力相互作用、电磁相互作用、光在真空中的传播，都得依靠以太。以太身兼三职，本领高强。

1884年英国的开尔文勋爵威廉·汤姆森（发现电子第一人，也是开氏温标的首创人）和瑞利等著名的物理学家应邀访问美国，并做学术报告。威廉·汤姆森认为如果以太果真充满了宇宙空间，那么，由于地球以30千米每秒的速度绕太阳公转，就一定会有一股“以太风”迎面吹来。问题是如何测得这股以太风？听众中有一位美国青年科学家迈克尔逊。他暗下决心，要用确凿的证据证明以太的存在。

1887年，迈克尔逊在美国化学家莫雷的帮助下，做了一系列特别精细的实验。用光的干涉效应来确定以太的存在。迈克尔逊先用干涉仪设法使一束顺着地球运动的光与一束垂直于此方向的光发生干涉效应，并显示出干涉条纹，然后将整个干涉仪转过 90° ，于是，原来顺着地球运动的光束成为垂直于此方向的光束，原来垂直于地球运动的光束变成逆着此方向的光束。这样，如果以太风向地面迎面扑来的话，干涉条纹将有所变动。只要这种变动按预期的情况出现，不就证明了以太是存在的吗？在1887年7月，他们经过较长时间的观测，都没有看到预期的条纹运动。

迈克尔逊—莫雷实验使19世纪末的物理学家感到极大的困惑，他们面临着两难的选择：要么认为地球不在运动，那就得放弃哥白尼的“日心说”，这是历史的大倒退；要么就承认以太根本不存在。但这样就等于放弃了牛顿力学中的绝对空间的概念（即认为以太是绝对参考系），这就导致整个经典物理学大厦根基的动摇。所以当时一大批著名物理学家提出了拯救以太的种种建议，但都难以奏效。

1905年，伯尔尼瑞士联邦专利局的一位名叫阿尔伯特·爱因斯坦的小职员，发表了一篇题为《论物体运动的电动力学》的论文。他在这篇论文中宣布“以太是多余的”。一个崭新的时空理论——相对论就此诞生。其时，爱因斯坦只有26岁。



年轻时代的爱因斯坦及他在1905年发表的《论物体运动的电动力学》

相对性的出发点有两个，一个叫相对性原理，另一个叫光速不变原理。由于否定了以太的存在，也就否定了绝对参考系，他认为参考系都是相对的，称作“惯性



参考系”。力学、热力学、电磁学、光学、原子物理学的所有物理定律在一切惯性系里都是一样的。从一个静止（在自己的惯性参考系中）的观察者来看，运动的钟记录的时间走得慢，运动物体在运动方向上收缩，质量增加，这就是相对性原理。第二个出发点是从迈克尔逊—莫雷实验得出来的：光在真空中总是以一个确定的速度传播着，这个速度同发射光的物体的运动状态无关，这就是光速不变原理。

狭义相对论的问世，是人类时空观上的一次革命。它把时间—空间和物质运动联系起来，并认为真空中的光速是不可逾越的速度极限。爱因斯坦指出，时间和空间都是相对的，同一个物理事件，在不同的惯性参考系中观察，其时空特性并不相同。用狭义相对论的观点既可以把牛顿力学与经典电磁学统一起来，也可以在抛弃“以太”概念的前提下解释迈克尔逊—莫雷实验。但爱因斯坦并没有就此止步，他认为，狭义相对论有两个无法克服的困难。其一，它以惯性参考系为基础，并把惯性参考系的适用范围从牛顿力学扩展到了物理学的所有领域。我们为什么只偏爱惯性参考系呢？其二，在狭义相对论的框架里，无法建立令人满意的引力理论。11年后，1916年爱因斯坦又进一步提出了广义相对论。他从物质的惯性质量与引力质量相等的实验中得到启发，认识到引力场中相对于惯性系作自由落体的运动，可以等价于引力场不存在时物体相对于一个匀加速运动的非惯性系的运动。也就是说，匀加速运动的参考系可以与一个引力场等效。这就是等效原理的基本思想。

广义相对论实际上是一种新的引力理论，这种理论对牛顿万有引力理论做了根本性的变革。牛顿将万有引力看成两物体的超距作用，而爱因斯坦则认为引力是四维时空弯曲的表现：引力场的时间和空间特性取决于物质的质量多少及其分布，质量越大，分布越密，空间弯曲得就越厉害，时间流逝得也就越慢。时间和空间的存在及其属性完全依赖于物质存在的状况，并非像经典时空观所说的那样与物质和运动无关。在爱因斯坦看来，一个物体受另一个重物的引力作用，其实是重物使其周围空间发生弯曲所致，即引力来源于时空的弯曲。这正如在一块绷紧的橡胶薄膜上放置一个重物将使薄膜变凹一样，薄膜变凹，将使其周围的小球向重物滚去，看上去就好像重物吸引小球。同时在广义相对论中，物理学定律都有广义协变性，即其表现形式与参考系的选择无关，这就完全解决了参考系的选择问题。

1919年5月29日，英国天文学家爱丁顿率领的观察队在非洲几内亚湾的普林西比岛观察日全食的实验首次证实爱因斯坦的广义相对论。以后，还有“水星轨道近日点的进动实验”和“天狼星伴星的引力实验”等，证明了广义相对论的正确性，广义相对论对我们认识宇宙的起源有十分重要的意义，是我们观察宇宙、研究星体运动的基础。

二、“量子”诞生记

我们知道，被加热的物体一般会发出红光，随着温度的上升，光的颜色由红变黄，再变成蓝白色，这时它被加热到“炽热”的程度。并向四周辐射出大量热量。19世纪，世界钢铁业的发展产生了对测量高温的迫切需要，物理学家开始对热辐射