A Shorter History Of Science

植根于哲学、宗教与社会生活的科学记述

科学简史

[英] W·C·丹皮尔 著

（缩译彩图本）

曾令先 编译

一幅科学与哲学、宗教相互关联共同发展的宏大画卷

真正提高个人科学素养的书

~影响每一代学人的知识名著~

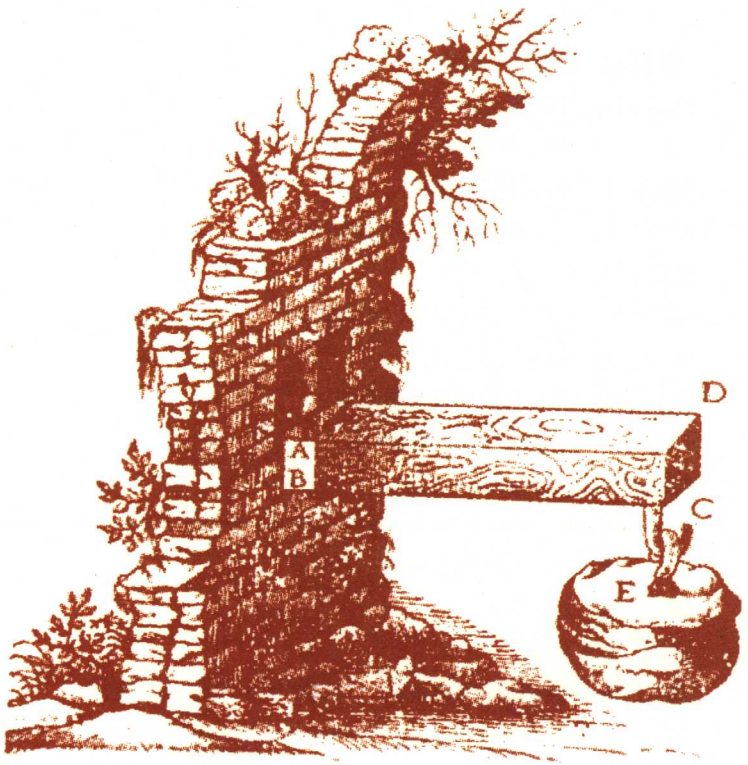
科学简史

植根于哲学、宗教与社会生活的科学记述

A Shorter History Of Science

[英]W·C·丹皮尔 著

曾令先 编译



人民日报出版社

图书在版编目（CIP）数据

科学简史／（英）W·C·丹皮尔著；曾令先编译.—北京：人民日报出版社，2007.8

（文化伟人代表作图释书系）

ISBN 978-7-80208-553-4

Ⅰ.科… Ⅱ.①丹… ②曾… Ⅲ.自然科学史 Ⅳ.N09

中国版本图书馆CIP数据核字（2007）第106298号

书　　名：科学简史

原　　著：W·C·丹皮尔

编　　译：曾令先

责任编辑：杨 磊　许南方

封面设计：日日新文化

出版发行：人民日报出版社

社　　址：北京市朝阳区金台西路2号

邮政编码：100733

发行热线：（010）65369527　65369529

经　　销：新华书店

印　　刷：重庆长虹印务有限公司

厂　　址：重庆市长江一路69号

邮政编码：400014

开　　本：787mm × 1092mm　1/16

字　　数：300千

印　　张：17.75

印　　次：2007年8月第1版　2007年8月第1次印刷

书　　号：ISBN 978-7-80208-553-4

定　　价：55.00元

凡有印装质量问题请寄厂退换

编译者语

英国科学史家丹皮尔的《科学简史》无疑是一部跨越时空的经典科学史专著。在这部内容宏大的著作中，丹皮尔为我们展示了一幅从远古到20世纪，人类在科学、哲学与宗教的相互联系、共同发展中的巨幅历史画卷。透过它，我们可以完整地了解科学在不同社会文化环境中的发展历程。

在丹皮尔看来，从古希腊自然哲学开始，科学的发展就与哲学紧密相连。在古希腊，哲学与科学是混为一体的，自然科学中包含着朴素的哲学思想。哲学与科学相互联系、相互依存，二者不可分割。哲学一旦同科学相分割，科学就会成为唯机械论的奴隶，而哲学则会成为虚无缥缈的海市蜃楼。

15世纪之后，以伽利略为代表的科学家们用实验的方法来研究自然，哲学开始同科学分道扬镳。在牛顿时代，自然哲学是以牛顿的动力学为基础的，由于牛顿的无上权威，牛顿科学也成为了机械论的哲学观，于是，人变成了机器。为了从这种机械主义哲学中逃避出来，18世纪后，康德和黑格尔建立了唯心主义理论，从此，哲学便与当代科学完全脱离了关系。

在唯机械论科学和黑格尔纯思辨哲学一统天下的时候，自然科学史家丹皮尔提出了这样一个观点："要想观照生命，看到生命的整体，我们不但需要科学，而且需要伦理学、艺术和哲学。"正是基于这一思想，促使丹皮尔开始了《科学简史》的写作。

作为一位自然科学史家，丹皮尔并不是机械被动地阐述自然科学发展的成就和过程，而是把自然科学同宗教、哲学、艺术放在一起来探讨。在《科学简史》中，丹皮尔充分揭示了自然科学的实在性，这种实在性是通过人类的实践活动而得以体现的。丹皮尔还对科学与人之间的密切关系作了详细的阐述，他说，作为一个生活在现实社会中的人，不可能不受哲学、艺术、伦理、宗教方面的束缚，而这些意识形态领域又会对形成自然科学发展的大环境给予深刻的影响，它们或者有利于科学的生长，或者对科学的进步进行扼杀。这些，就是自然科学独特的发展历程。

《科学史简》是一部人类对命运抗争的奋斗史，但囿于作者的写作年代，20世纪中期科学大发展的许多事实几乎都没有涉及，这不能不说是一种遗憾。但即便如此，这部史诗似的科学史专著至今仍然具有里程碑的意义。因此，本书在编译时力求保证该书内容的完整性，并尽量用通俗、流畅的语言进行凝练编译，使之更符合大多数读者的阅读习惯。



自序

建立现代科学的宏伟大厦，大概是人类最伟大的胜利。但是，在历史长河中，有关科学的起源、发展以及成就方面的故事，人们却知之甚少；并且，在一般的文献中，我们也很难找到它们的踪迹。历史学家所讲的历史，不外乎是与战争、政治和经济有关的内容，而对于科学活动及其发展情况，许多历史学家却没有讲到，或者讲得很少。

古希腊人认为，哲学和科学的内容完全相同。在中世纪，哲学和科学又与神学合为一体。文艺复兴以后，由于采用了实验的方法研究自然，哲学与科学才分道扬镳。自然哲学刚建立的时候，是以牛顿的动力学作为理论基础。但后来，康德和黑格尔的追随者则把唯心主义哲学从当代科学中割裂出来，这样，当代科学也就对形而上学不予理会了。进化论的问世以及现代数学、物理学的诞生，一方面使科学知识不断丰富，另一方面又迫使哲学家不得不对科学加以重视，因为，现在的科学对哲学、神学以及宗教，有着非常重要的意义。

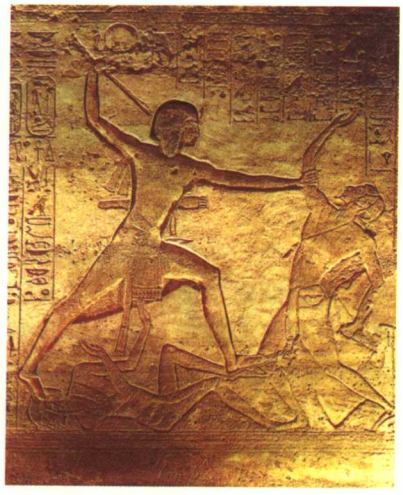
过去，许多科学家一直认为，他们所研究的就是终极的客观实在，现在，科学家们已经明白了他们工作的真正性质。科学的研究方法主要是分析法，要尽可能地运用数学方式、并按照物理学的概念来解释现象。但我们知道，物理学的基本概念都是一些抽象概念，这些抽象概念可以使出现在事物表面上的混乱现象变得秩序井然。通过科学走向客观实在，只能得到客观实在的几个不同方面，但不能得到客观实在本身。现在的哲学家也知道，在用形而上学方法研究客观实在的时候，科学的方法和成果是最有力的证据，而新的实在论也只有利用科学成果才能建立。

与此同时，人们对科学以及与科学相互作用的历史也再次产生了兴趣。1913 年，比利时开始发行科学期刊《爱西斯》，随后，又成立了一个总部设在美国的国际性组织——科学史学会，这标志着科学进入了一个新的发展时期。当然，这与哲学的复兴和历史研究的复兴是有联系的，



楔形文字的翻译

人们花费了数十年的工夫才将远古的楔形文字翻译出来，于是，揭示出了一个拥有先进社会制度与文明的时代。发掘出图中这样的楔形文泥板至今已达数万年了，而对它们的翻译工作现在还在进行着。



赫梯人的泥板

经过一百多年的挖掘，如今已发现像图中这样的赫梯人楔形文字泥板就已达到了25万块，其中有3000块还是在同一个贮藏库找到的。通过对文字的翻译和阅读，人们认识到了埃及人历史中的这一不可理喻的民族，他们曾有着广阔的领土，从今天的土耳其一直延伸到叙利亚，但最终却淹没于其他民族历史的阴影中。

数学家或实验家在解决某一具体问题的时候，只需要了解他们前辈的工作就可以了，而研究社会科学和其他思想意识形态关系的人，则必须了解科学发展的历史。

自惠威尔写出纲领性的历史著作和哲学著作后，至今已逾一百多年。百多年来，惠威尔那严谨而周密的判断依然具有实用价值。惠威尔以后，不但科学技术有了突飞猛进的发展，对历史遗留问题的研究也取得了很大进步，效法惠威尔重新写一部普通科学史的条件已经成熟。这部科学史的内容不是关于某一时期或某一问题的详细研究，而是科学思想发展的整个轮廓。我相信，这部科学史将在科学本身和科学与哲学及宗教的关系问题上，给人们带来很多启迪。

在文艺复兴时期，人文主义者再次研究希腊文，这不光是因为语言和文学的需要，也是为了在希腊哲学家的著作中找到有关自然界方面的学说和理论。因为，当时的古典教育包含了所有的自然知识。但现在的情况则大不相同，如果仍把某种文化建立在两千年前的语言基础上，这种文化就不能真正代表希腊精神，除非它将过去的科学方法和成就与现在的科学方法和成就放在一起来研究。

这本书的总纲是以一份纲要为基础，这是一份关于科学史问题的纲，它是我和我的妻子共同写的。这份纲要于1912年由朗曼斯公司出版，纲要的题目是《科学与人的心灵》。在《科学史简》一书中，我还采用了我在其他几部著作中所提出的一些观点，这几部著作是：《物理科学的发展近况》、《剑桥现代史》、《科学时代》、《大英百科全书》、《科学》、《剑桥科学文献选》、《世界史》、《现代科学的诞生》。在这里，我对以上几部著作的出版发行人，致以最诚挚谢意。

对本书各章的材料来源，我不可能一一指出。但我必须指出的是：萨尔顿博士、爱丁顿教授以及好友怀德海博士等人的历史著作和哲学著作给了我很大的帮助。萨尔顿博士的不朽著作《科学史导论》第一卷于1927年出版，在介绍古代和中古时代早期情况的时候，我采用了萨尔顿博士所搜集的许多宝贵材料。现在，我们怀着极大的兴趣，期待着《科学史导论》其他各卷的出版。

有许多朋友对本书原稿的某些章节提出批评，对他们所给予的支持和关心，我深表感谢。罗伯逊教授审阅并讨论了《古代世界的科学》一章，斯特沃特博士审阅并讨论了《中世纪》一章，卢瑟福爵士（后来成为勋爵）审阅并讨论了《物理学的新时代》一章；爱丁顿教授审阅了相对论和天体物理学中的几节，而我的女儿玛格丽特即安德森夫人审阅并讨论了《生物学》的结论部分。还有，埃利奥



文物的运送

早期人类对祖先文明的发掘充满了惊奇和欣喜。但同时也带来破坏与掠夺。19 世纪时，古代文明的遗留物常常被暴露在空气中分解掉，有的甚至还被切割成几段，以便运输。再加上资本主义国家的侵略加剧，古老文明国家的文物更被掠夺者强行运出国外。图中，人首带翼狮身像正被强行运走，对古文明如此的破坏和掠夺令人惋惜和遗憾。

特小姐做了大量的文书抄写工作，她反复抄录手稿并提出了许多批评意见。我的妹妹以及我的女儿伊迪丝则承担了繁重的编制索引的工作。在这里，我要诚恳地感谢他们，这本书如果还有一定价值的话，在很大程度上应该归功于他们。

在刚开始研究科学史的时候，我只是想把自己认为重要的问题清理出一个头绪来，在清理的过程中，不知不觉地就写成了这本书。我之所以写这本书，完全是因为自己的兴趣和乐趣，但是，我也希望我的劳动能给一部分读者带来帮助。

丹皮尔·惠商

1929 年 8 月于剑桥

自然如不能被目证那就不能被征服

最初，人们试图用魔咒，
来使大地丰收，
来使家禽牲畜免受摧残，
来使幼小者降生时顺利平安。
接着，他们向反复无常的天神祈求，
不要降下火焰与洪水的灾害；
他们烟火缭绕的祭品，
焚烧在用鲜血染红的祭坛上。
其后有大胆的哲人和圣贤，
制订出一个不变的固定方案，
试图以思维或神圣的书卷，
来证明大自然本该如此。

但大自然在微笑着——史芬克斯式的笑脸。
注视着好景不长的哲人与圣贤，
她耐心地等待了一会——
他们的方案就云散烟消了。
接着来了一批地位有些卑贱的热心人，
他们并没有完整的方案，
满足在扮演跑龙套的角色中，
喜欢观察、幻想和检验。
从此，在一片混沌中，
字谜画的碎片就逐渐展现；
大自然的脾气被摸透，
人们服从于自然，又能制约自然。

变化不止的图案在远方闪烁；
可它的景象不停地变幻，
却没有揭示碎片的究竟，
更没有揭示字谜画的含意。
大自然在微笑着——
她仍旧没有供出内心的秘密；
不可思议地守护着，
那猜不透的史芬克斯之谜。

1929年9月于多塞特郡希尔费尔德

引言：科学的起源

YINYAN KEXUE DE QIYUAN

科学并不是在一片广阔而有益于健康的草原上发芽成长的，而是在一片遍布巫术和迷信的有害丛林中发芽成长的，并且，这一片有害丛林不断地摧残科学的幼苗，不让它健康成长。



远古的鱼化石

历史的记忆埋藏在一片片特殊的岩石中。人们可以从化石中看到古动物、植物的样子，从而推断出古动物、植物的生活情况和生活环境；再推断出埋藏化石的地层形成的年代和经历，还可以看到生物从古到今的变化，从而了解到某一时期的全貌和历史发展演变的过程。

地质学家和人类学家为我们提供了人类早期的生活遗迹，要探索科学的起源，就必须进入到这些生活遗迹中去。

根据地质学的推论，地壳大约形成于几十亿年前。地质学家把地壳形成后的历史分为六个时期：一、太古代，二、元古代，三、中生代，四、近生代，五、新生代，六、近代。这六个时期中，每个时代的年龄虽然无法准确地测定，但各个时代的顺序则可以通过地层里各时期的堆积物的相对位置来加以确定。

有权威专家提出，人类最早的劳动工具产生在100至1000万年前的近生代，这些劳动工具就是用火石和其他硬石敲砸而成的粗制石器。一些考古学家认为，劳动工具的制成，说明当时的动物界已经有动物因进化而成为最早的人。从动物的声音变成音节分明的人的语言，这是人类发展史中至关重要的一

“驴子”进入埃及

拿破仑无疑是最具有文化战略意识的欧洲将领。在他率领的东征军中，大量被称为“驴子”的文化学者也随着队伍来到文明古国。据说，当拿破论大军进入埃及时，他在一座纪念建筑下朝文化学者们振臂高呼：“看哪，4000年的历史在等待你们！”图中描绘的正是军队中的学者们在埃及写生的情形。



步。在人类进化过程中，除了因为使用语言而使人的头盖骨和颚骨构造发生一定变化外，在其他方面没有留下任何痕迹。

据我们掌握的资料得知，自人类出现后不久，地质学上的四个冰期就相继降临欧洲。有人认为：在东安格利亚发现的劳动工具其出现的年代，就属于第一个冰期时期，但是，打制火石则出现在冰期与冰期之间的气候比较温暖的间隔期。在第一个冰期时期，劳动工具的制作方法有两种：一种方法是把石头的碎片敲掉，只留下中央的石核，使其形成一个工具，这是非洲特有的方法；另一种方法是把敲下的石片制成工具，这种方法在亚洲非常普遍。而欧洲通常是这两种方法都在使用。因此，早期的欧洲就好像是由两个不同的人种开发的。

在旧石器时代，随着时间的推移，手斧不断地变得轻便而锋利，其他的工具更是形式多样而灵巧实用。在当时，为了生存，人们使用这些工具来猎取动物和采集野生植物。据我们所知，英国“石核文化”人的祖先就是在苏塞克斯郡发现的辟尔唐人。

在最后一个冰期中，尼安德塔人把石核方法和石片方法结合起来，经过不断的改进，工具变成了叶片状。随后，人们造出了可用于割剥物体的刀具，使用这些刀具，人们可以把兽骨刻成鱼叉之类的器械。



拉斯科岩洞的公牛岩画

石器时代的人们过着茹毛饮血的生活。他们的生活与所追捕的猎物没有两样。在他们打猎后留在洞穴中的岩壁画像中，人们形象地了解到石器时期的生活状态和文明程度，也充分显示了人类智慧的进程。图中的拉斯科岩洞公牛壁画曾被封存在黑暗中长达几千年，直到1940年，它才被几个小学生在偶然间发现。



文明的幸存

图中这块黑色玄武岩石片是在一名法国军官犀利的眼光下才得以保存的，否则，它早已成为沙漠城堡下的一块不起眼的基石。在这块石片上，记载了埃及孟斐斯城的僧侣们给当时的国王托勒密的一封感谢信，因为这位十五王朝的法老取消了僧侣们欠交的税款，并对神庙采取了特殊的保护措施。

虽然人类很早就知道使用火，但是，只有在人类开始使用刀具的时候，我们才能发现人类有意识地用火石敲石取火的痕迹。人工取火是人类最早和最惊人的化学发现。

旧石器早期的文明是从新生代初期开始，到最后一次冰期来临前结束，在这漫长的时间中，文化缓慢而稳步地发展。

旧石器中期是同所谓的穆斯特文化相联系的。这种文化最早是在法国莱埃济附近的穆斯特被发现的，因此被命名为穆斯特文化。穆斯特文化的创造者尼安德塔人身材矮小，所以，许多人都认为，尼安德塔人不是人类的直系祖先。

旧石器晚期出现的智人，是在第四个冰期即将结束时出现的，他们诞生于现在的法国境内，当时气候仍然寒冷。从人类的进化程度来看，与先前的人种相比，智人是更为高级的人种。此时，火石石片的制作已经有了很大的改进，出现了用于家庭装饰的雕骨工艺。

漫长的旧石器时代结束之后，接踵而至的是新石器时代，在新石器时代，文化有了很大的提高。这个时代的人估计是从东方侵入西欧的。他们给西欧带来了埃及和美索不达米亚的文明遗产，他们带来了饲养家畜和栽培农作物的技术，他们能够用火石或兽骨、兽角、象牙磨制出光滑的用具。在它们生活过的遗址中，曾发掘出陶器的碎片，这说明他们当时已经开始有意识地创造新的物品，这同旧石器时代的人只知道简单地改造天然物相比，显然是一个很大的进步。在这个时期，在英国石篱村建有一块指示石，这块指示石可以标出夏至日太阳升起的方位。在当时，这类建筑物不是仅仅用于宗教，它们还具有天文学的功用。后来的研究证明，他们当时的观测是很准确的。



青铜舞姬像

哈拉帕文明大致存在于公元前2500年至前2000年，而摩亨佐·达罗和哈拉帕等大城市则是这个文明的代表。至今，该文明的生活方式和遗留城址等诸多方面仍未完成考古的破译。图中正是摩亨佐·达罗出土的青铜舞姬像，除了佩戴的首饰外，人像身上一丝不挂。

在新石器时代即将结束的那段时间，史前期的葬墓不时被发现，火葬是后来才出现，而且大部分都是出现在欧洲中部，因为，欧洲中部的森林可以为火葬提供充足的燃料。在新石器时代的墓穴里，随处都能发现石制用具，这说明当时的人相信灵魂不死。他们认为，墓穴中的这些东西对死者会有用处，

在新石器时代，人类还在一些地方发现了铜。于是，人类开始了自己的冶炼试验，通过不断的试验，人类掌握了熔化铜并在铜中加锡的冶炼技术，这样，人类便由石器时代进入铜器时代。由于金属的普遍使用，文化也有了很大的提高，斧、匕首、矛、剑以及家庭用具，都能够被制造出来。

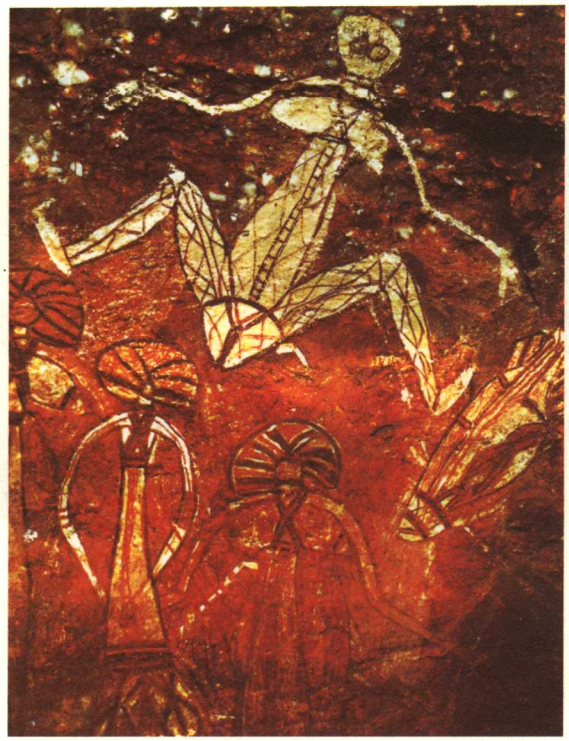
青铜由于资源贫乏，很快就被铁取代。铁大量存在于土壤中，用铁制造的武器和战车，也远远胜过青铜。因此，当人们掌握了冶铁技术的时候，铁很快就代替了其他金属。随着铁器时代的到来，人类也就真正进入了有史的时期。根据已经发掘的遗址中的石器、黏土、兽皮以及草纸上的书面符号，我们可以描绘出有史时期人类的真实生活画面。

古代墓室

古代墓室的内部摆设往往比活着的人们居住摆设要好些。每当考古学家打开古代文明墓室门时，常常会惊讶于墓中陈列的奢华与精美。如果幸运的话，墓中还会发现当时生活所用的垃圾和粪堆，而这些也是现代人了解古代社会和文明的重要线索。



原始的农业和手工工艺起源于尼罗河、幼发拉底河、底格里斯河和印度河等几条大河的盆地。在中国，文明也起源于几条大河流域。不过，在这个时期，同定居生活形成对照的还有游牧民族。这些游牧民族赶着牛、羊，在草原、在有绿洲的沙漠上到处漂泊。游牧民族的日常活动是分散的，他们分别为各自的牲畜寻找食物。在游牧民族保持这种封闭孤立生活方式的时候，无论是文明还是科学，都是不可能产生的。只有在狩猎凶猛的野兽或同其他部族打仗的时候，游牧民族才彼此合作。当发生长期干旱或者由于气候的的变化失去了水草、草原和绿洲而无法生活时，游牧民族便会以排山倒海之势向外涌出，他们去侵占那些以土地定居的人们的土地，成为残暴的侵略者。在历史上，这样的向外迁徙曾发生过几次：例如，闪族从阿拉伯半岛向外迁徙；亚述人从波斯边境向外迁徙；亚欧两洲草原上的牧民向外迁徙。



澳洲的远古岩画

在澳洲的远古岩画作品中，描绘了当时舞者、狩猎者、鱼类和各种动物的形象。这些形象生动的画像传递了远古时期的生活场景和社会状况。人们为这些岩画能保存至今而惊讶，更为人类早期文明的活泼与丰富而赞叹。



石器工具的代表

苏格兰奥克尼岛西岸的斯卡拉·布莱是石器时代的遗址所在，在这里除了石头什么也没有，让人感觉是真正石器时代的场所。该遗址存在年代从公元前3000年持续到公元前2500年，其中主要有一座干石房和石坑。石房内部更有许多完整的家具，是新石器时代住房的典型。图中的石器工具是这一遗址内发现的，这是一具有精致雕刻的鹤嘴锄，是众多石器工具中的代表造型。

在游牧民族中，工艺制作技术不可能有多大的进步，应用科学也不可能在此起源。但是，《旧约》书不但在前几章中对游牧民族的生活作了叙述，而且在后几章还对埃及、叙利亚、巴比伦和亚述等中东的几个定居王国作了介绍。这是一把很好的钥匙，通过这把钥匙，我们就更容易理解新近发掘出来的建筑物、雕像和碑匾中所蕴涵着的知识。不过，理解这种知识要依赖于两个条件，首先，这些文物必须被保存下来，其次，这些文物还需要被人发现。

在后面的文章中，我们将对这几个种族的成就进行专门的叙述。因此，在这里，关于这些种族，我们还需要补充几句话。在石器时代的后期，爱琴海各岛屿以及地中海、大西洋海滨的主要居民是地中海种族，这个种族身材矮小，头部修长，皮肤黝黑。但是，史前文明的进步应该归功于他们。在内陆地区特别是山区，主要居民当时是、现在仍然是阿尔派恩族。阿尔派恩人是从东北方向侵入欧洲的，这个种族的人中等身材，头骨宽而圆。第三个种族被称为北方族。北方族身材高大，头发灰黄，主要集中在波罗的海沿岸，但他们在不断向外扩张。

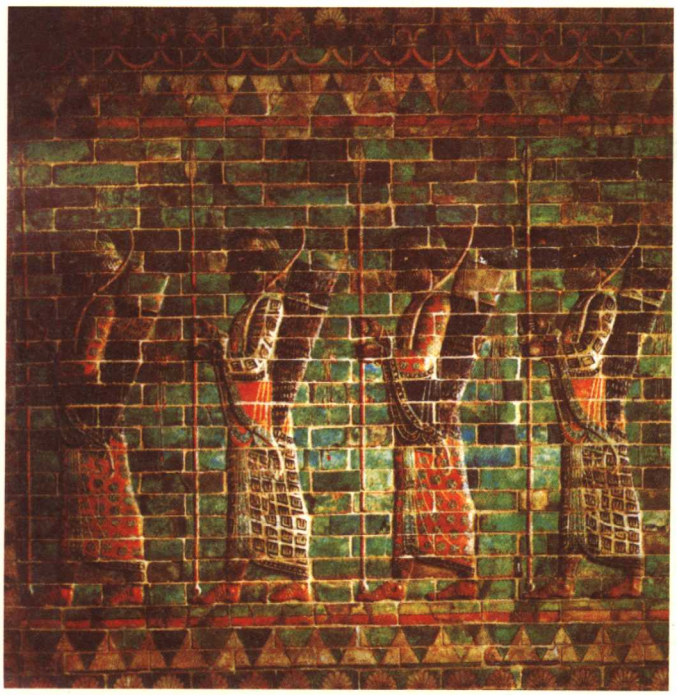


点燃文明之火

最早学会用火的古人类是生活于50万年前的北京猿人。火的保存和使用使得早期的原始人类从茹毛饮血过渡到吃熟食，逐渐进入了文明的历史。火不仅给他们带来光明和温暖，也孕育了人类文明的诞生。

波斯弓箭手的英姿

19世纪中叶，地质学和进化论兴起之后，人们建立了遗迹年代测定的一整套方法模式。年代测定从而也成为了考古发掘程序中固有的一环。但在这之前的许多文明古迹，都成为人们无端猜测的对象。图中是阿契美尼德王大流士一世王宫中的彩釉墙饰。这一文物的面世，最初还未确认年代，正是在19世纪后地质学的发展中，该壁画才得到了最科学的评价和分析。



我们还在旧石器晚期古人居住洞穴的墙壁上，发现了人类最早的素描和绘画，其中有一些作品具有很高的艺术价值。一些素描和绘画画的是魔鬼和巫师，这体现着原始人的信仰。

如果我们把这些信仰同希腊和拉丁作家所描写的有史时期的早期信仰作一比较，同现代世界中那些至今尚未开化的地区仍可找到的信仰作一比较，那么，我们对这些信仰的形成就会有一个更加明确的认识。弗雷泽爵士在《金枝集》中搜集了很多有关信仰形成的证据。一些人类学家认为，巫术一方面直接产生宗教，另一方面又导致科学产生。但弗雷泽爵士认为，巫术、宗教和科学是按着顺序依次出现的。另一位人类学家里弗斯认为，巫术和原始宗教都是因为野蛮人对世界感到神秘和敬畏而同时产生出来的。

马林诺夫斯基认为，原始人可以把他们用经验科学能够理解的简单现象与他们无法理解或控制的神秘现象明确地区别开来，能够理解的简单现象产生科学，不能够理解的神秘现象则导致巫术、神话和祭祀产生。因此，马林诺夫斯基提出，要探索原始宗教的起源，就应该从人对死亡的态度、人对复活的希望以及人对伦理的信仰中去寻找。

但是，也有人提出，巫术是用来假定自然界中是有规则的，人可以利用这些规则去控制自然界。我们认为，巫术只是一种伪装的自然法则。巫术产生于模仿，原始人用戏剧表演的方式，



劳动工具的演进

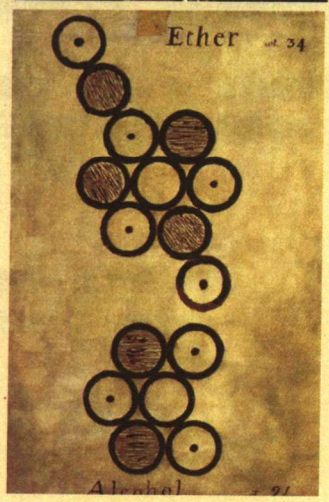
在先进的科学手段和新型理论帮助下，人们从遗址的垃圾堆、人类和动物骨头等方面寻找出众多历史最具体也最真实的本原。图中的各种劳动器具是人类不同时期使用的劳动工具，其截然不同的材质和风格成为不同时代社会生活的直接反映。

来求得五谷丰收、人畜兴旺，于是，便产生了祭祀，随后，又产生了用来解释祭祀的神话。巫师在解释巫术的时候，由于机缘巧合，有时也能得到应验，但多数时间都是失败的。巫术不能应验，在失望的信徒面前，巫师就失去了信任，失望的信徒们就把他们的希望寄托到虚无缥缈的神或魔鬼上，这样，就产生了原始的宗教。

在产生原始宗教的同时，随着劳动工具的改进和简单手工艺术的发展，随着人类发现火并掌握了人工取火技术，科学萌芽了。科学的起源不像原始宗教的起源那样富于浪漫意味，但科学的起源是建立在劳动实践的基础上，因此，科学的基础就更加坚实。科学并不是在一片广阔而有益于健康的草原上发芽成长的，而是在一片遍布巫术和迷信的有害丛林中发芽成长的，并且，这一片有害丛林不断地摧残科学的幼苗，不让它健康成长。







当古代文明的夕阳余晖从六七世纪的黑夜中消逝的时候，欧洲的学术情况就是如此，后来几个时代所回顾的理想性质也是如此。那时，人们以为他们所回顾的时代是一个光明的日子，这个光明日子的中午就是上帝通过他的儿子而给世人的最高启示，而这个光明日子的黄昏则由神父们秉承神意而写的著作照亮。因此，对黑暗时期传下来的事物，新时代的人不是用批判的眼光去看待，而是把它们全部看成是超自然的法典。

目录 CONTENTS

编译者语 …… 1
自序 …… 1
引言：科学的起源 …… 2

第 1 章　世界古代科学

古代文明 …… 2
希腊文化 …… 8
希腊的哲学理论与哲学家 …… 16

第 2 章　中世纪

基督教与神父 …… 30
科学的黑暗时期 …… 36
阿拉伯科学的发展 …… 40
欧洲学术的复兴 …… 46
13 世纪科学的任务 …… 50
罗吉尔·培根 …… 54
经院哲学的衰落 …… 58

第 3 章　文艺复兴

文艺复兴的起源 …… 64
列奥纳多·达·芬奇 …… 69
哥白尼 …… 75
弗兰西斯·培根 …… 79
开普勒 …… 80
伽利略 …… 83

第4章 以牛顿命名的17世纪

17世纪的科学状况 …… 90
17世纪的科学学会 …… 93
牛顿的质量理论 …… 99
牛顿的光学理论 …… 103
牛顿的哲学理论 …… 107

第5章 18世纪的科学状况

18世纪的数学与天文学 …… 116
18世纪的化学 …… 120
18世纪的植物学、动物学和生理学 …… 123
哲学家洛克和康德 …… 127
唯物主义与决定论 …… 134

第6章 19世纪的物理学

科学时代开端——19世纪 …… 140
不可称量的流体 …… 143
物理学上的原子理论 …… 147
电流学及其性质 …… 152
电磁学 …… 156
热与能量守恒 …… 160
热力学 …… 164

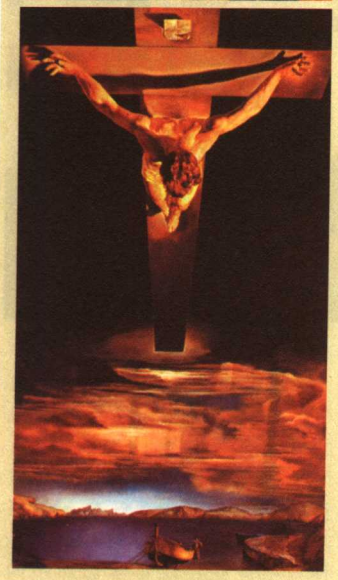
第7章 19世纪的生物学

有机化学 …… 172
生理学 …… 177



文艺复兴不仅仅局限于文学，它是由各种因素组合而成的一次前所未有的知识发酵，而文学是其中最早的并且是最重要的一个因素。在文艺复兴的先驱者身上，我们看见了一种与中世纪经院哲学迥然不同的精神。事实上，文艺复兴力图要恢复的是古典思想中理想自由的真精神。





19世纪，天文学和物理学所取得巨大的进步，在人们的思想上引起了一场深刻的革命。人们的兴趣，也从天文学转移到了地质学，从物理学转移到了生物学并开始对生命现象进行研究。

目录 CONTENTS

微生物与细菌学 …… 185
碳与氮的循环过程 …… 188
自然地理学与地质学 …… 191
达尔文与物种起源 …… 196

第8章　天体物理学

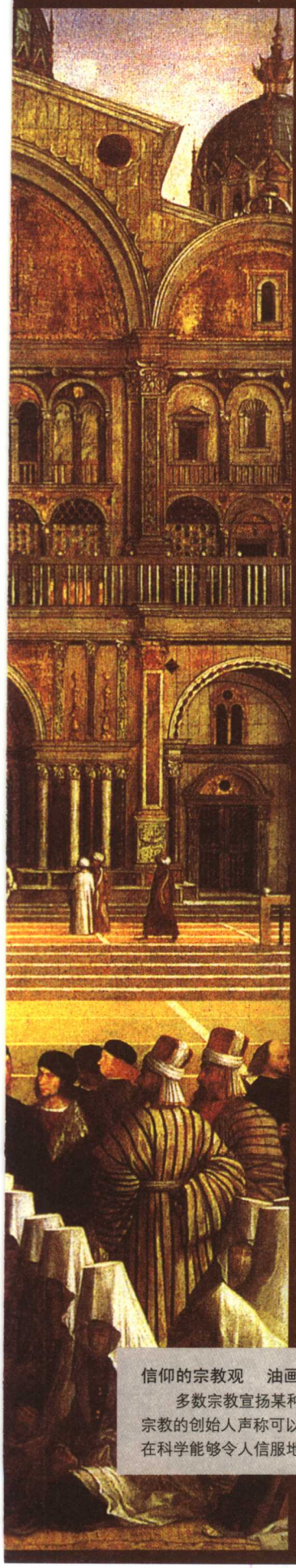
太阳系 …… 206
恒星、双星和变星 …… 209
银河系 …… 213
星的演化 …… 220
天体物理学现状 …… 225

第9章　20世纪的哲学

进化论与哲学 …… 232
逻辑学与数学 …… 236
归纳法 …… 241
自然律 …… 245
哲学与宗教 …… 249

科学哲学的启示录
——丹皮尔《科学简史》评述

人文环境与科学的密切关系 …… 258
《科学简史》的经典魅力 …… 259
新科学哲学的启示 …… 260
名人对《科学简史》的评价 …… 261



信仰的宗教观　油画　15 世纪

多数宗教宣扬某种造物神的存在，理由和理性在此是不起作用的。犹太教、基督教、伊斯兰教等宗教的创始人声称可以创造奇迹，可以和上帝见面，在过去二千多年里，无数人对此言论信以为真。在科学能够令人信服地解释世界和世界万物的起源之前，宗教的出现是不可避免的。

第 1 章

世界古代科学

古代文明孕育于东方的几条大河。中国、古巴比伦、印度、埃及这世界四大文明古国就诞生在黄河、幼发拉底河、底格里斯河、印度河和尼罗河这几条大河的流域。当古埃及人在尼罗河的冲击平原上用绳索丈量土地的时候，一门演绎科学——几何学便产生了。希腊的爱奥尼亚人用几何学对天体运动进行理性考察，由此形成了爱奥尼亚自然哲学。当苏格拉底和柏拉图的形而上学取代了爱奥尼亚自然哲学后，各种哲学思潮和流派也就应运而生。

古代文明 GUDAI WENMING

文明是从蒙昧中诞生的，科学起源于日常生活的需要。在世界走向文明的过程中，巫术、宗教和科学是相互交织的。

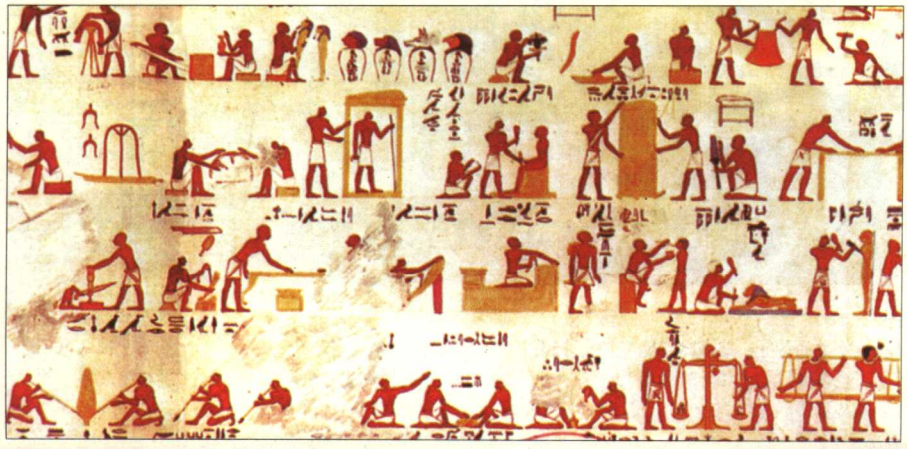
文明是从蒙昧中诞生的。

古代文明首先是在中国以及幼发拉底河、底格里斯河、印度河和尼罗河几条大河的流域中诞生出来的。对居住在大河流域的这些民族，我们知道得最多的是埃及人和古巴比伦人，因为，希腊的历史学家在他们的著作中对此作了记载。本来，有关埃及人和古巴比伦人的资料是非常少的，但近段时间以来，由于埃及人和古巴比伦人的许多建筑物和遗址被不断发现，许多有价值的资料源源不断地补充进来，这为我们研究古代文明的起源提供了许多真实可靠的历史依据。

古巴比伦

实用科学起源于日常生活的需要。

公元前2500年，古巴比伦人在以物易物的交换活动中逐渐认识到统一度量衡单位的重要性，于是，通过国王的敕令，他们在全国统一了长度、重量和容量的标准。最早的实用科学就这样产生了。



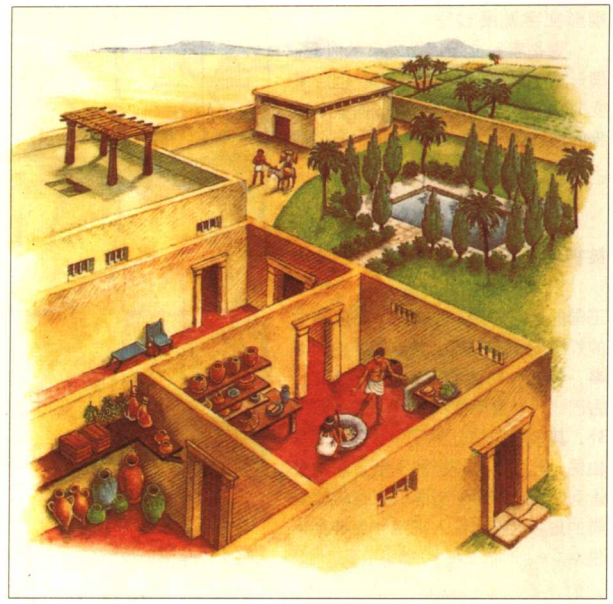
社会分工的明确

在农业和畜牧业发展的基础上，古埃及的手工业和制造业也有了明显进步。在图中的古埃及壁画上，能清晰地看到当时社会较为明确的分工，其中对凿石工人、石匠、陶匠、木匠以及珠宝商人等各种行业都有着详细的刻画。

古巴比伦的数学和工艺技术的基础来源于非闪族的萨马利亚人。公元前2000多年，萨马利亚人曾统治古巴比伦王国达一千年之久。后来的人在巴比伦人的碑石中发现了乘法表、平方表和立方表。在数学计算中，巴比伦人采用十二进位制，简化了分数的计算。同时，受人的10个手指的启示，巴比伦人还发明了十进位制。在计算中，巴比伦人把这两种进位制结合使用，使之能够对重量和度量进行划分。

抽象科学也起源于日常生活的需要，几何学的起源就是一个最好的证明。

几何学产生于测量土地所用的基本公式和数目中。在测量土地的过程中，人们绘制出了田地平面图，随后，又绘制出了较为复杂的城市平面图，到后来，甚至还绘制出了当时的世界地图。但是，在科学的发展过程中，实用科学是和巫术观念相互交织在一起的，在巴比伦文明传向西方的时候，实用科学和巫术也一同传到西方。因此，在后来的几百年时间中，欧洲思想界在迷恋特殊数目价值的同时，还一直迷恋着特殊数目与神的关系，迷恋着用几何图形来预测人生的未来。



古埃及人的房屋

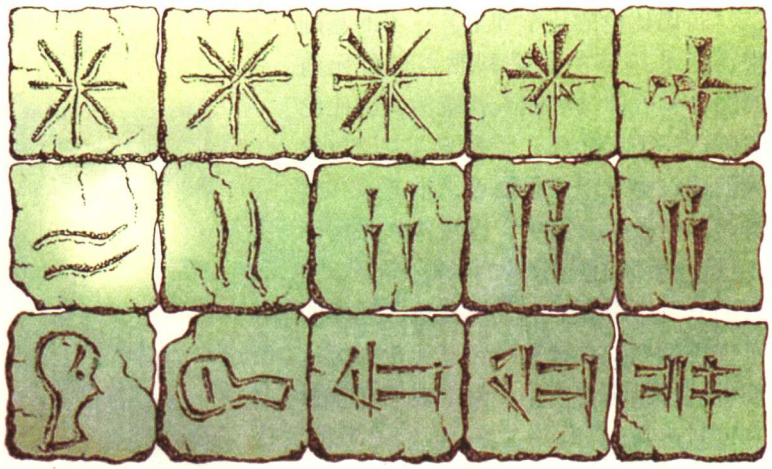
在古埃及，不论是法老的宫殿还是平民的住宅，都是用泥砖砌就，但每间住宅有多少房间，或者是装饰如何，则取决于主人的财富。富有的人家常常用色彩艳丽的壁画或磁砖来装饰别墅，他们甚至还有沐浴或卫生设备。

在古巴比伦，系统的测量很早就开始了。随着原始农业的发展，人们对季节的认识也变得越来越重要。农业的耕种需要适应季节，同时还需要大量的水源，为指导农业生产，历法是必不可少的，这就是天文观测为什么起源于幼发拉底河和尼罗河流域的原因之一。公元前4000年左右，古巴比伦制定出了一年的四季和月份，稍后，中国也制定出了类似的历法。公元前2000年左右，古巴比伦把一年确定为12个月360天，为减少误差，巴比伦人还制定了闰月来调整时间。他们把一天的时间分为若干小时、若干分、若干秒。与此同时，巴比伦人还发明了用一根直立的木杆来表示时间，这就是最早的日晷。

古巴比伦在天文学方面也取得了一定的成就。在长期观测天体运动的基础上，巴比伦人提出了“周”的时间概念，并按照日、月以及5个已知的行星给一周的7天命名。巴比伦人把太阳在天空中的行程划分为12宫，这12宫分别与12个月份相配，每一个宫分别以神话中的神或动物命名。这样，天空中的各个区段就和羊、蟹、蝎等兽类联系起来，以后，人们又把这些兽类同一定的星座联系起来，这种方法一直沿用至今。

巴比伦人认为：宇宙是一个密不透风的箱子，大地则是箱子的底板，底板中央是终年积雪的冰川，幼发拉底河就发源于此。大地被水环绕，水之外还有山，天穹就是被这些山支撑着的。不过，在当时的巴比伦，也有个别的星象家提出，地球是一个球体。

公元前两千多年，巴比伦人就开始了他们的天文观测。到现在为止，我们知道的最早的天文学记录是关于金星出没的记录。持之以恒的天文观测，使巴比伦人在公元前6世纪就能

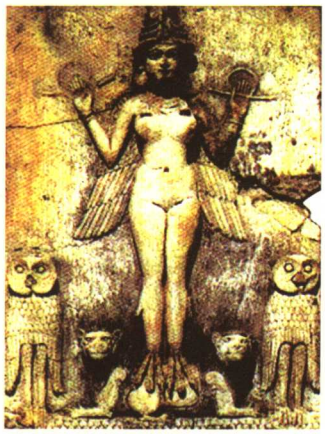


楔形文字发展过程

这是楔形文字逐渐发展的过程。楔形文字起源于简化的图形，但后来变成由纵横对角线组合而成的完全抽象的形式。

被神化的汉谟拉比之妻

汉谟拉比统治时期是古巴比伦王国的鼎盛时期。他建立了高度集中的奴隶制专制制度，并独揽政治、军事、外交、司法和宗教等国家权力。古巴比伦社会除奴隶贵族和祭司阶层外，其余阶层被分为三个等级，即自由民、上层统治阶级和下层自耕农及士兵阶级。图中所刻画的汉谟拉比之妻的形象，巴比伦人把她作为神灵来供奉。



对日、月食进行预测了。这就是科学的天文学的起源。

在科学的天文学建立的同时，一种异想天开的占星术也应运而生，事实上，巴比伦人也认为占星术是天文学主要的和最有价值的对象。在古巴比伦，每一所庙宇都设有图书馆，馆中不但收藏着大量天文学文献，还有许多关于占星术的书籍。在这里，可以学到卜筮的方术。

大约在公元前 540 年，迦勒底人征服古巴比伦之后，占星术在巴比伦达到了巅峰。两百年之后，占星术传到希腊，随后，又由希腊传到世界各地。而这个时候，在占星术的发祥地，占星术已出现向理性天文学转化的征兆。但是，迦勒底的占星家依然被人们所敬重，而那些毫无医药知识的巫师则执行着医师的职务。

现代人在研究中发现，巫术通常是从“交感”巫术开始的。所谓交感巫术，就是人们为了促使一个过程的实现，就对这个过程进行模拟，以求达到控制自然的目的。比如，下雨之前，青蛙会鸣叫，野蛮人认为，下雨是因为青蛙鸣叫而引起的。于是，他就扮作青蛙并学青蛙鸣叫，希望求得他所盼望的雨水，这样，就产生了祭祀。随后，又产生了解释祭祀的教义和神话。由于祭祀仪式需要解释，人们就认为世界上有神灵，而那沿袭已久的巫术仪式也就稍加改变而变成了祷告的仪式。

早在史前期，这一类型的巫术就已经在巴比伦出现。这个时期，虽然也建有神祇，但巴比伦的巫师认为，神祇对人类是仇视的。产生这种看法的原因是，底格里斯河和幼发拉底河洪水泛滥，大河两岸人民的生命没有保障，而外来的侵略更是频繁不断，人不能把握自己的命运，不得不求助于巫术，而那种认为神祇对人类怀有敌意的观念，反过来则提高了巴比伦巫术和占星术在人们心中的地位。值得注意的是，在这一时期，巴比伦和亚述的实用工艺（比如建筑和雕塑）也取得了很大进步，同时，人们也逐步掌握了一些生物学知识。

埃 及

现在，我们考察远古时代的另一伟大文明——埃及文明。埃及的宗教与巴比伦略有区别，

在埃及，神祇与人类的关系大多都是友善的，它同人类关系密切，并在生与死中指导和保护人类。这种差别的产生，主要是因为两地的自然环境不一样。埃及的气候不像迦勒底亚那样变化无常，尼罗河的汛期有一定的规律。充足的河水，成为尼罗河流域物产丰富的源泉，河流代表着一种超自然的力量。

在很早以前，埃及的文明就达到了一个比较发达的阶段。他们发明创造了车轮和帆船，促进了交通业的发展；他们发明织布机，提高了纺织技术；为指导农业生产，他们还制订出了精确的历法。不过，当时的埃及人还不可能认识到，这些实用技术和知识可以缓慢地向前发展。他们认为，单凭人类自身的智慧，是永远也不可能发明出语言、文字、建筑和数学的，人类社会的发展还离不开神的帮助。因此，他们也向巴比伦人那样，把一切知识都归功于神的启示。

在数学方面，埃及人所取得的成就与迦勒底人大体相当，在数学计算时，埃及人也采用了十进位制。尼罗河定期泛滥，每次洪水来临，都将淹没土地，冲毁土地界限，而洪水过后，又必须对土地重新进行测量，这样，又产生了埃及的土地测量技术。



尼布甲尼撒二世塑像

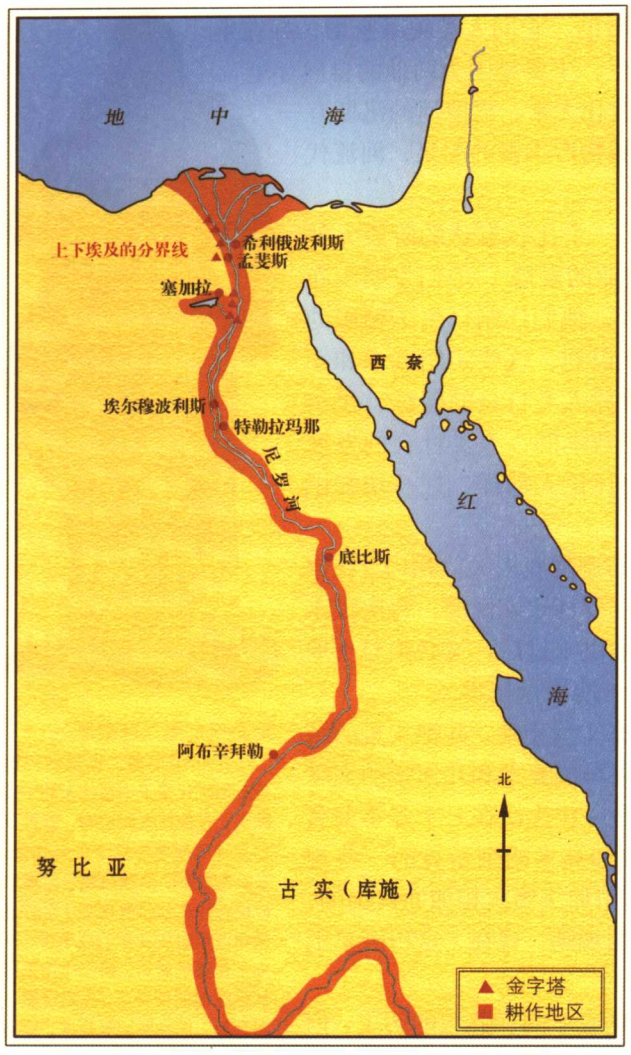
尼布甲尼撒二世是新巴比伦王国历代帝王中最伟大的一位国王。在他还未即位时，就在灭亡亚述的战争中立下汗马功劳。在其即位后，他独自领导过多次战役，并在公元前 607 年至公元前 605 年对埃及军的战争中，树立了最终的威望。新巴比伦王国其后在他的领导下，先后征服了叙利亚、巴勒斯坦等地区，空前繁荣。

远古时代，一些埃及测量家用绳索来丈量土地，并把丈量的结果记录下来。在埃及，能证明是历史上最早的算术和几何学的文献资料是一份纸草纸。这份纸草纸的作者是一位生活在三千多年前名叫阿摩斯的僧人，纸草纸上记载着分数和算术四则运算的一些规则，根据纸草纸上的记载，埃及的乘法是用加法屡次相加而得出的，此外，纸草纸上还记载着一些有关测量的规则。现在，这份纸草纸收藏在英国大英博物馆中。

在天文学方面，埃及虽然有着与迦勒底亚同样悠久的历史，但埃及的天文学从未达到迦勒底亚天文学那样高的水平。因为，迦勒底亚人推崇占星术，这对天文学的研究产生了极大的推动作用。而埃及人则把星座和他们想象中的神融为一体，他们把这些星座画在天花板和棺材盖上。在很早以前，埃及人就把尼罗河一年一次的泛滥作为一年的开始，到他们制定出精确历法的时候，又把太阳和天狼星同时出现的那一天作为一年的开始。埃及人把一个恒星年分为 36 周，一周 10 天，一年共 365 天，其中多出的 5 天作为节日用，对每周的天象变化，他们都一一作了记录。

同巴比伦人一样，埃及人心目中的宇宙也是一个方盒，这个方盒的底面呈凹形，埃及就位于凹形的中心。天是一块穹窿形的天花板，它被四方的山峰支撑着，而星星则是用一根链条悬挂在天上的灯。在方盒的四周，环绕着一条大河，一条船载着太阳在河上穿梭，尼罗河就是这条河的一个支流。

如果说埃及是因为没有像迦勒底亚那样有名的占星家而在天文学方面大大落后于巴比伦的话，那么，他们在医学方面所取得的成就则远远超出巴比伦。在已经发掘的埃及纸草书卷中，我们发现了许多具有一定科学价值的医药论文，其中，还记载了一个名叫伊安荷特普的医生，因医术高明而被人们尊奉为医神。而同时代的巴比伦却没有真正的医学和医学理论。



古埃及地图

古埃及人从公元前 3500 年的涅伽达文化开始，经早王朝、古王国、中王国、新王国、后埃及和希腊、罗马统治时代，直至公元 641 年阿拉伯人的征服为止，先后持续了 4000 年之久的文明。在这 4000 年里，古埃及国家经历了从分散、独立的城市国家到统一王国的历史阶段，又从统一王国发展到称霸亚非的古代世界第一大帝国。早在古王国时代开始，埃及就已经形成了君主制主义政体。到了新王国的帝国时代，随着国内阶级斗争和对外霸权的形成，专制主义制度强化起来。

在巴比伦，凡是有人患病都会被认为是恶魔在作怪，因此，当有人患病时，除用巫术外，根本就没有什么其他的治疗方法。虽然埃及人也使用咒语来治病，但他们的医学方法却具有一定的科学性。例如，他们能够用香料来保存尸体，这说明他们至少懂得一些粗浅的解剖学知识，今天，我们在那些创作于公元前 2500 年的雕塑中，还可以找到埃及当时的外科医生施行手术的证据。后来，埃及医学传到了希腊，随后，又由希腊传到西欧。

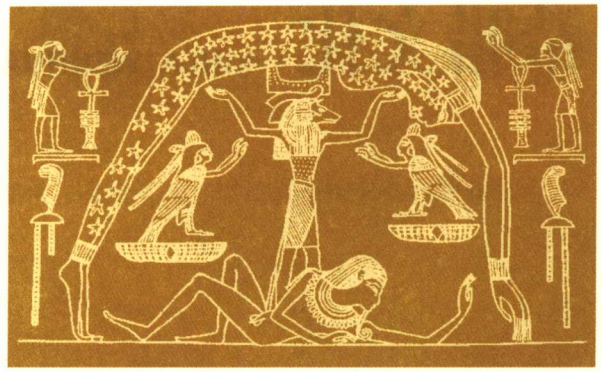
在埃及人的陵墓上，画着各种不同肤色的人，有红色的埃及人、黄色的闪族人、还有黑人和白人。从绘画的内容来看，这是对人类学进行研究的最早尝试。

印 度

公元前 3 世纪，在印度河流域的摩亨约·达罗和哈拉帕地区，早期的印度文化已经发展到一定的历史阶段。当时，在数学计算方面，印度已经开始使用十进位制。由于历史遥远，有关亚历山大时代的科学活动已经很难查考，但在伦理哲学方面，释迦牟尼的名字却是世人皆知的。当时，甚至在更早的时候，印度就已经有了专门传授医术的学校了。据传，在释迦牟尼生活的时代，就有一位名叫阿特里雅的内科医师在加息和贝纳勒斯一带开馆授徒。在塔克萨息拉，还有一位名叫苏士鲁塔的外科医师也在行医中传授徒弟。苏士鲁塔行医授徒是有历史证据的，因为，在苏士鲁塔所著的医学著作中，有一本用梵文写的医学著作在后世流传。这本梵文医书记载了许多医学理论知识，比如有关解剖、生理和病理等方面的医学理论，有关割治白内障、疝气的手术，书中还记录了七百余种药草的名字。

由于印度医学产生的具体时间无法确定，因此，到底是印度医学的历史悠久？还是希腊医学的历史悠久？对此，我们很难作出判断，也无法考证两者之间谁的影响大，谁的影响小。

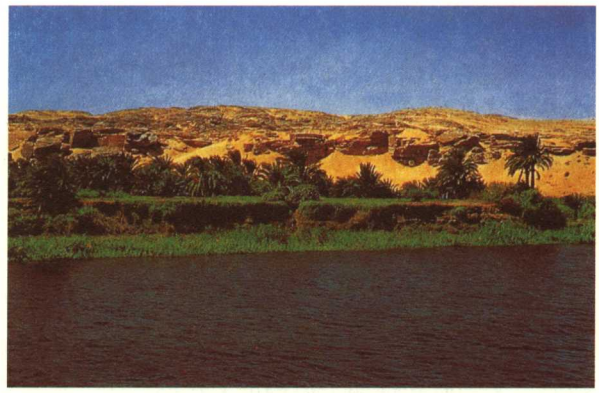
在其他科学方面，印度对世界的贡献相对较少，这大概是印度笃信宗教的缘故吧。释迦牟尼把他的思想体系建立在尊重理性尊重真理的基础上，这些理论虽然可能有利于科学，却被释迦牟尼哲学中的其他思想所中和。释迦牟尼的哲学强调人生的无常和空虚，提出人只有毁灭自我和丧失个性，才能达到精神上的圆满。这种出世思想在很大程度上遏制了人的那种改进物质生活的愿望，而人的那种改进物质生活的愿望，是推动实用科学技术发展的力量源泉。不过，仁慈的医术同佛教的思想并不矛盾，因此，阿特里雅和苏士鲁塔的医学著作以及书中的内外科医学知识才得以保存下来。



埃及女天神——努尔努特

最古老的天文学是从细心观察和好奇心指引下探索中得出来的。埃及的天文学把精密科学和某些神话相结合，赋予各个星辰以人性的美。图中的壁画刻画了埃及的女天神努尔努特，传说她身上满是星星，呈拱形于地神盖布之上。这也是埃及人最早的宇宙观。

在印度的佛教哲学中，有一个问题涉及到科学的领域，这就是关于原子的学说。这个原子学说可能是印度独立发明的，也可能是从希腊思想中借鉴而来的。大约在公元前一二世纪，原子学说的思想被推广到时间概念中。原子学说认为：任何事物都只能存在于一个瞬间，当第二个瞬间来临时，这个事物就被自身的复写本所取代，这就像电影摄影机放映电影画面一样。原子学说把时间分解为原子，其立足点是为了用一种连续创造的过程来解释事物是永恒变化的。



尼罗河两岸的绿洲

尼罗河河谷在沙漠中间形成了一条狭长的绿洲。在古埃及，由于河流的主干道上没有桥，所以渡船不断地来往于河中，联系两岸的往来。大一点的帆船则航行于南北之间，沟通了上下埃及。

印度在算术方面所取得的成就是了不起的，有资料证明，早在公元前 3 世纪，印度就发明了用于计算的数字，我们现在所用的数字就是从那种数字发展而来的。

根据推测，可能是印度的思想文化影响了小亚细亚，通过小亚细亚又影响了希腊。在阿拉伯人统治地中海期间，印度的数学和医学与希腊和罗马的学术融合在一起，通过西班牙和君士坦丁堡进入了西欧各国。这就是为什么在印度数字取代烦琐的罗马数字之后，人们会把印度数字的发源地印度忘掉，反而称其为阿拉伯数字的原因。

希腊文化 XINLA WENHUA

古代世界的各种知识几乎都汇聚在希腊，希腊文化是世界文化的源泉。

希腊的自然哲学提出了许多只能在若干年后用科学才能解答的问题，但在当时，希腊人也提出了自己的一些解决办法。要了解希腊自然哲学的起源，我们必须对希腊人、希腊的宗教、以及希腊人生活的自然环境和社会环境作一简单介绍。

希腊人

在希腊，文明最早是从爱琴海一带的克里特岛开始的。根据埃文斯爵士的发现，希腊文明的中心就是位于克里特岛中的克诺萨斯文化废墟。克里特岛的文明来自于埃及文化的影响，随后，又刺激和推动了迈锡尼文化的产生。从克诺萨斯文明的兴起和迈锡尼文化的毁灭，到荷马时代新文化的开始，几百年的时间中，希腊曾发生过一次巨大的社会动乱。

人类学家哈登、考古学家里奇韦爵士认为，荷马笔下的阿卡亚人是一个征服者，他们属



《罗摩衍那》故事场景浮雕

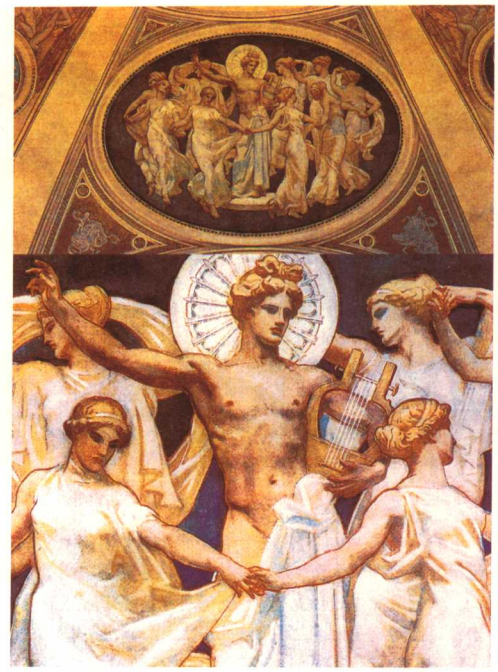
《罗摩衍那》的意思是罗摩的漫行。全诗共分 7 篇，约 24000 颂，其主要内容是叙述英雄罗摩一生的伟大事迹，并反映了雅利安人越过瘟德亚山脉向南扩张的全过程。这部史诗虽篇幅较小，但结构严谨，情节曲折生动，与《摩诃婆罗多》同为印度文学及世界文学宝库中的璀璨明珠。

于多瑙河流域的一个种族。哈登博士说：“历史上最早的迁移者，就是阿卡亚人，大约在公元前1450年，他们用铁制的武器，征服了使用青铜器的希腊居民。”尽管这种说法有一定的历史事实为依据，但仍有个别古典学者提出，在希腊文学中，还找不到任何有关从北方迁来的传说。一位名叫希罗多德的学者甚至还把阿卡亚人排在希腊的土著居民之列。但是，同里奇韦爵士、哈登博士等的说法相比，这些古典学者的说法缺乏历史证据，因而在理论上并没有多大价值。

荷马生活在公元前 9 世纪左右。当时，地中海人死后都实行土葬，但在荷马笔下，史诗中的英雄死后却用火葬。古典神话中奥林匹斯山上的神，是在荷马和希西阿德的作品中才第一次出现。

在阿卡亚人占领希腊后不久，阿卡亚人又被多利亚人推翻。多利亚人是一支来自于北方的入侵者，有资料证明，多利亚人是史前的最后一支入侵者。

希腊原是一个民族杂居的种族，但在多利亚人定居下来之后，希腊就逐渐形成了一个统一的民族，虽然各个城市还保留着原来的民族地域色彩，但一个各民族共同所有的文化已经形成。



九位缪斯女神与音乐神　萨金特　油画　19 世纪

缪斯是希腊神话中 9 位文艺和科学女神的通称。她们均为主神和记忆女神之女。她们以音乐和诗歌之神阿波罗为首领，分别掌管着历史、悲剧、喜剧、抒情诗、舞蹈、史诗、爱情诗、颂歌和天文。古希腊的诗人、歌手都向缪斯祈求灵感。后来，“缪斯”就常被用来比喻文学、写作和灵感等，同时也作为对诗人的雅称。此为萨金特笔下的 9 位缪斯女神与音乐神全图（上）和局部（下）。

在歌颂征服者的荷马史诗中，我们可以发现，希腊人已经废弃了原始巫术的专制地位，希腊人心目中的神已经完全人格化。在荷马的笔下，这些神被描写成神通广大的人，他们有着与人类一样的思想感情，他们参与希腊人的生活，同这个民族一起经历苦难，一起参加战争并一起享受胜利的喜悦。与埃及相同的是，在希腊，艺术和科学的发明也归功于神，不过，这些神总是出现在人们的生活中。他们帮助人类建设城市，并留下英雄的儿子为人们开创家园。这些神多数都是正义的化身，他们凭着自己的聪明智慧和计谋打败那些在幕后捣乱的邪恶势力。



斯芬克斯　雕塑

斯芬克斯是常见于埃及和希腊艺术作品中的狮身人面怪物，其形象常被描绘成女人头、狮身、双鸟翼。图中的斯芬克斯出现于公元前 5 世纪，它揭示了先于希腊文明的近东和爱琴海文化传统的影响。

在公元前 6 世纪，有一个名叫色诺芬尼的哲理诗人说过这样一句话：“不管上帝是否按照自己的形象来创造人，人却一定是按照自己的形象来创造神。”我们在古希腊神话中看到的神，是一个体现着希腊人的思想和气质的神。这个民族虽然也有虚伪自负的一面，但他们生性乐观、对人热情，是一



古代壁画中的贸易

自人类有史以来，涉及商品交换的活动就有着不同的目的性，而不仅仅是为了盈利。贡物、外交性礼物或者还愿用的捐献物都是其中的一些形式。直到公元 19 世纪，中国还把对外贸易想象成外面世界的进贡。而从埃及墓室中的壁画内容判断，法老们也对爱琴海的贸易有着相似的理解。图中的壁画就描绘了努比亚使者向埃及法老进贡的场面。



雅典卫城的爱奥尼亚柱式神殿

雅典卫城的爱奥尼亚柱式神殿建造于公元前 421 年，因希腊英雄厄瑞克忒斯陵墓安葬于此而被称作厄瑞克忒翁神殿。图片中神殿前的橄榄树是卫城守护神雅典娜女神的圣树，而神殿的南面则是著名的六女雕像廊柱。

个生气勃勃、勇敢善战的民族。这个民族生活在风光明媚的环境中，他们禀赋聪明、生活优裕，有足够的闲暇来发展他们的哲学、文学和艺术。

希腊的宗教

不久以前，所谓的希腊宗教还主要是指文学作品中的神话，因此，没有人对希腊的宗教仪式进行过认真研究。但是现在，人类学家已经证明：作为一种文化，宗教仪式比信仰更具有代表性。要科学地了解希腊宗教，首要的问题就是要仔细考察它的仪式。在荷马笔下，奥林匹斯山上的神被披上了一层美丽的外衣，而宗教观念、罪恶观念、涤罪观念和赎罪观念则被忽略。但后来的诗人，特别是在埃斯库罗斯笔下，这些内容开始大量地出现在艺术作品中。

古典时代的希腊有两种宗教仪式，即奥林匹斯仪式和叟尼克仪式。在这个时期，希腊还产生了两种神话，一种是关于神仙的神话，另一种是关于鬼怪的神话。在这些神话中，还保留着一些原始巫术的传统仪式，这说明那些原始巫术至今仍然对人们的生活有一定的影响。而人们保留原始传统仪式的目的，则是为了通过涤罪、祭祀鬼神来求得风调雨顺、五谷丰登。

根据公元前 6 世纪的零星记录，我们发现希腊当时流行两种原始祭仪，一种叫爱留西斯祭仪，另一种叫奥菲祭仪。从这两种原始祭仪中，分别产生了奥林匹斯神话和希腊早期哲学。

爱留西斯祭仪是一种秘密的仪式，这种仪式的具体内容只能在个别作家的零星记录中去寻找，不过，爱留西斯祭仪的目的非常明确，那就是希望通过巫术仪式来求得人类的繁荣和土地的丰产。

奥菲祭仪来源于埃及。人们之所以举行这个祭仪，是希望用一年一度的庆祝活动来求得农业丰产。奥菲祭仪有一个关于天体演化的学说。这个学说认为：宇宙未开辟之前是一个混沌的长夜，后来，天和地从这个长夜中诞生，天、地分别代表孕育生命的父与母。宇宙父母结合后，生出了神的儿子宙斯。奥菲祭仪中的这个宇宙观后来渗入到希腊唯心主义哲学中，

以后又通过哲学渗入到基督教义中。而奥菲祭仪中那些比较低级的观念则变成了一些无知的迷信，这些迷信后来流行达数百年之久。

从希腊的原始宗教仪式中，分别产生出了来源和倾向都完全不同的两种哲学思潮：一种是小亚细亚的爱奥尼亚自然哲学，另一种是意大利南部的毕达哥拉斯学说。现在，我们把这两种思潮的相互关系，以及它们同祭仪宗教和奥林匹斯神话之间的关系作一简单介绍。

当神话刚从巫术和仪式中诞生出来的时候，希腊宗教的主要作用同其他宗教的主要作用一样，都是用人们可以理解的方式来解释自然社会的。但神话诞生后，神话中所包含的万物有灵论的观念，不但增加了人们的见识，而且还给人们带来了一种异乎寻常的美。在神话中，凡有水泉的地方就有仙女，凡有森林的地方就有山神，主宰谷物生长的是地神第米特，驾御大海的是海神波西顿。

日复一日，年复一年，在流传的神话中，神的数目不断地增加，神的属性也不断地扩充，在每一个神的名字下都流传着一连串的故事。每一个诗人都可以任意取一个神话来稍加改造，从而改编成一个新的故事或寓言。随着时间的推移和理性思维的发展，人们逐渐认识到在精神上应该有一个更高的信仰。在这个基础上，诗人埃斯库罗斯、索福克勒斯，哲学家柏拉图等人，就从以前那些粗糙的、众多的神中创造出了一个代表正义的、至高无上的神——宙斯。与此同时，这个时期的哲学思想也发生了变化，人们已经不再相信反复无常的事件是决定于天神的偶然意志。人们认为，在神圣和普遍的法则之下，天律是不能任意改变的。

与这种保守宗教的演变同时存在的，还有一种怀疑论的批评观。奥林匹斯的宗教带有明显的神人同一特征，这种宗教，与其说是一种理性思考，不如说是一种想象力。当日益增长的怀疑开始公开的时候，这种宗教在哲学方面的弱点也就明朗化了。同时，奥林匹斯神话的缺陷也引起了原始巫术仪式的复兴。

奥林匹斯正统宗教的这一弱点，加上希腊学术观点的自由，促成了形而上学的自然哲学的产生，这种哲学从产生之日起，几乎从未受到神学的束缚。

经过一段黑暗而混乱的年代，在 1800 年后的中古时代，经院哲学把哲学和神学综合起来、形成了一套能够自圆其说的知识体系。这套知识体系包括流行的神学教条和亚里士多德的哲学。自此开始，经院哲学便支配着所有人的思想，并在物理学、生物学、以及形而上学问题和宗教问题



神话的残片

希腊化时期的阿波罗神庙用阿波罗和黛安娜的形象装饰神圣的立柱。这一时期的诸神都有凡人的人格，在平凡人格魅力的基础上，以无边的法力来与人类相区分。

乌拉尔图人的陶器

公元前 9 世纪末到公元前 8 世纪中叶，乌拉尔图王国已经进入其鼎盛时期。但此后不久，乌拉尔图王国被复兴的亚述军队击败，从此走向了衰落。公元前 6 世纪初，乌拉尔图王国为米底人和西徐亚人所灭。图为乌拉尔图人早期制作的陶器。



方面，不容人们提出任何异议。直到文艺复兴以后，随着自然科学的兴起，经院哲学才逐渐被摧毁。

但是，希腊的自然哲学在成长过程中也遭遇了许多障碍，因为，普通民众对神非常虔诚。阿那克萨哥拉就是因为不相信神而被赶出雅典，无神论的罪名也是苏格拉底的罪状之一。但是，希腊宗教毕竟是发展的，希腊神话是丰富多彩的，它们既能适应诗意美和艺术美的需要，又可以不断地吸收新思想。因此，这个时期希腊的学术思想就有了一种中古时代所没有的自由和开朗的精神。

当希腊各城邦越出先前的地域界限而向外发展的时候，地理位置和经济的需要迫使希腊必须同更古老的文明发生接触。事实上，希腊早期哲学家所搜集的资料大部分都来自于希腊以外地区，例如，希腊的天文学来自于巴比伦，医学和几何学来自于埃及。在向外发展的过程中，希腊同巴比伦和埃及的学术一直保持着接触。大约在公元前350年，在柏拉图和亚里士多德的带领下，希腊的哲学发展到了历史的最高峰，它的影响波及到意大利南部和西西里岛上的各个殖民地。一个世纪以后，通过阿基米得的天才发现，希腊的物理学也取得了历史上最高成就。

爱奥尼亚自然哲学

在欧洲的思想学派中，首先摆脱传统神话束缚的是小亚细亚的爱奥尼亚自然哲学流派。在这个流派中，最有成就的学者是米利都的泰勒斯。泰勒斯生于公元前580年，他是一个商人、也是一个政治家和工程师，同时，他还是一个数学家和天文学家。泰勒斯认为，整个宇宙是自然形成的，宇宙始终处于一个循环变化的过程。这个循环过程就是从空气、土、水，经过动植物的身体，最后又回到空气和土、水中。泰勒斯提出，水或气是万物的本质。泰勒斯曾到埃及作过考察，并根据土地测量的规则创立了几何学，以后，几何学沿着泰勒斯创立的方向经后来的数学家不断发展，最后，由欧几里得形成系统科学。据说，泰勒斯根据巴比伦的历法，曾对日食的发生时间作过一次预测。泰勒斯还说过，大地是一个浮在水面上的扁平的盘子。

众神的狂欢

图中描绘的是希腊化时期神话故事中奥林匹斯山上的众神狂欢。在所有神中，哈德斯是奥林匹斯山上最不受欢迎的一个，因为他是冥界的神。所以，我们在很多神话故事和绘画作品中都很少看到有关他的描述。



阿那克西曼德是继泰勒斯之后的又一位希腊哲学家。在世界上，阿那克西曼德可能是第一个绘出世界地图的人。阿那克西曼德首先提出，天空是围绕着北极星旋转的，为此，他作出这样的结论：人们肉眼可见的天空中的穹窿是一个完整的球体的一半，而地球就位于这个球体的中心。在泰勒斯和阿那克西曼德的学说提出之前，人们一直都以为大地是一块坚硬而厚实的地板。而阿那克西曼德认为大地是一个有

雅典的集市

黄金时代的古希腊由一些独立的自治城市组成。雅典是其中最重要的城镇，它拥有最好的港口——比里尤斯港，并成为了古希腊的经济政治中心。基于它的这一地位，雅典吸引了无数思想家、哲学家和戏剧家，这就更使得这一充满活力的城市越发光彩夺目。由于雅典实行民主制度，人们则有权聚集在集市上进行自由买卖和谈论。图中所描绘的亚哥罗市集，是当时最为繁荣的地方，这一屹立在雅典最高处的市集成为许多重要思想和言论得以彰显的重要场所。



限的扁平圆筒，它浮游在天球之中，被水、空气和火形成的炽烈外衣包围着。太阳和星星就是从炽烈外衣中分裂出来的碎片，它们围绕着地球转动，地球则是万物的中心。一到夜间，太阳就会转到地下面去，而不是像过去所说的，太阳是围绕着世界边沿转动的。

阿那克西曼德的天体演化学说认为，世界是由混沌未分的原质发生分裂而产生的，这就涉及到每天都在自然界发生作用的普通力量的来源问题，由此就产生出了一个理性的机械论的哲学。

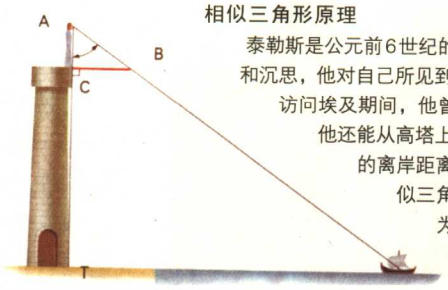
这一时期，在实用技术领域出现了几位早期的发明家。比如，发明制陶转车的阿拉卡雪斯，第一个学会焊铁的格劳卡斯，发明了水准器、车床和三角规的提奥多劳斯。据说，阿那克西曼德还把巴比伦的日晷引入了希腊。不过，在这个时期，由于奴隶被大量地使用，发明机器的动力是不大的。

阿那克西曼德认为，最早的动物是从海泥里产生出来的，而人则是从鱼腹里产生出来的。阿那克西曼德提出：本原物质是永恒的，但世间万物包括天体在内，归根结底都是要毁灭的，世界将会重新回到宇宙原始的混沌状态中去。



泰勒斯

泰勒斯认为，物质世界最基本的元素是水。他已经观察到水在一定的低温下变成了冰块，在一定的高温下则变成空气，而大陆的所有地块都以水为界。因此，泰勒斯认为，整个地球都是浮在水上的。



相似三角形原理

泰勒斯是公元前6世纪的著名希腊物理学家之一，通过观察和沉思，他对自己所见到的事物给出合理的解释。在泰勒斯访问埃及期间，他曾通过数学计算预测过日食和月食。他还能从高塔上用相似三角形原理推算出海上船只的离岸距离。如图所示，这一推导过程利用相似三角形原理，将三角形 ABC 和 AST 作为测算对象算出船只距离 TS。

毕达哥拉斯学派

毕达哥拉斯的科学思想直接来源于奥菲祭仪，但是，毕达哥拉斯在

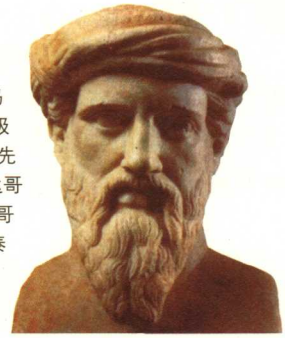


潜水钟

公元前 4 世纪，马其顿国王亚历山大曾乘坐一个玻璃制成的大桶潜入大海进行观察，看见过一只大海怪。从那以后，人们开始以科学方法观察海洋。亚里士多德时期，曾有过观察海洋的记录，它记载了观察到的 180 种海洋生物。到了 15 至 16 世纪大探险时代，人们对海洋地理知识和海流的认识有了极大进步。在此期间，有了潜水钟最早的记录。潜水钟是一种无动力单人潜水运载器，由于外形与钟相似，故得此名。潜水钟内充满新鲜的空气，以保证潜水人员的生存。

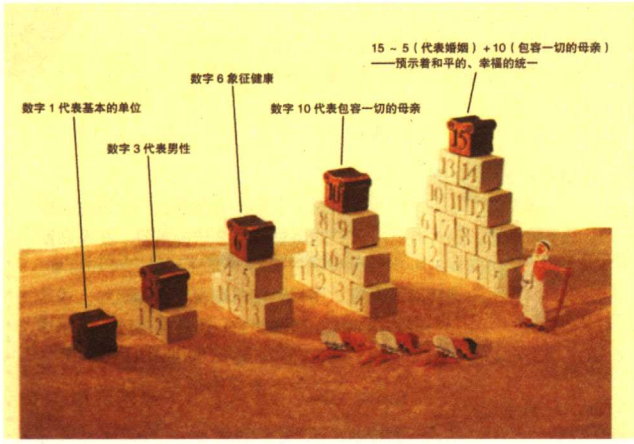
毕达哥拉斯头像

公元前 580 年，毕达哥拉斯出生在米里都附近的萨摩斯岛——爱奥尼亚群岛的主要岛屿城市之一，此时群岛正处于极盛时期，在经济、文化等各方面都远远领先于希腊本土的各个城邦。这为早年的毕达哥拉斯打开了眼界。公元前 551 年，毕达哥拉斯来到米利都、得洛斯等地，拜访了泰勒斯、阿那克西曼德和菲尔库德斯，并成为了他们的学生。



毕达哥拉斯的神秘数学

毕达哥拉斯改变了数学的一般面貌，其学派认为数学是抽象观念而不再是真实事物的科学。数字 1 代表最基本的单数，而整个宇宙都由此产生。在该学派的数学理念中，除了 1 之外，2 还代表女性，3 是男性，4 则象征着和谐。



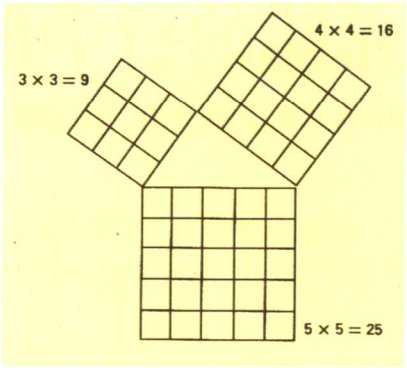
观察和实验方面非常勤奋。希腊另一位哲学家赫拉克利特这样说过：“毕达哥拉斯进行过的研究和探讨，比所有人都多，他的智慧是由博学和技术构成的。”毕达哥拉斯及其学派认为：物质是由土、水、气、火四种原素组成的，而这四种原素又由冷、热、湿、燥四种基本物性构成两对组合，例如，水是冷与温的组合，火是热与燥的组合。毕达哥拉斯学派奠定了几何学的基础，并按照逻辑顺序制定了许多定理。例如，欧几里得几何学第一册的第 47 命题现在依然被称为毕达哥拉斯定理。另外，埃及和印度虽然早在公元前三千多年就制定出了有关画直角的“绳则”，但是，直角三角形斜边的平方等于两边平方之和这个定理，则是由毕达哥拉斯来证明的。

把数从一种抽象概念变为实用数学的也是毕达哥拉斯学派。在哲学方面，实用数学的运用使人们相信数是客观世界存在的基础。在天文学方面，毕达哥拉斯学派也有一定的贡献。毕达哥拉斯学派也认为地球是一个球体，他们认为，地球并不是围绕着自己的轴心转动，而是围绕着天空中某一固定点转动，这种转动就像系着绳子的石块转动一样。天空中的这个固定点上有一个中央火，这就是宇宙的祭坛。对于这个祭坛，人是永远也无法看见的。由于毕达哥拉斯学派提出了宇宙祭坛的观点，这使后来的人误认为早在阿利斯塔克和哥白尼之前，毕达哥拉斯学派就已经创立了太阳中心说。

毕达哥拉斯学派的数学理论反映了一种神秘的自然观，同时，这个数学理论也表现了毕达哥拉斯关于对立原则的根本看法。毕达哥拉斯学派是一种形式哲学，而爱奥尼亚派则是

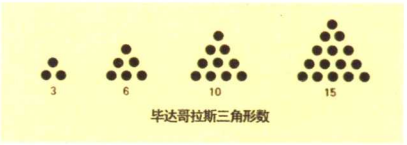
毕达哥拉斯定理

对于毕达哥拉斯学派来说，数学不仅是一个简单的专门系统，它还是一种自然哲学，甚至可以说是宗教。他们认为，自然是有秩序和规则的，是和谐的，而数字就是构成一切事物，并使其达到和谐的唯一因素。他们的这一思想为后来希腊数学和哲学奠定了基础，特别影响了柏拉图。图中是对毕达哥拉斯勾股定理的图形阐释。

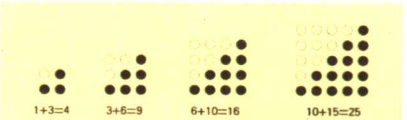


毕达哥拉斯平方数

毕达哥拉斯和欧几里得的主要成就不在于其提出的某个理论，而是他们把数学由计算或测量的实用基础转变成了一个由逻辑支配的理论系统，并提共了一个知识问题的模型。如图中的平方数问题，毕达哥拉斯提出了任意两个相邻三角形数之和等于一个平方数的理论，而这就提供了一个富有逻辑的理论系统，以便人们进行推演运用。



毕达哥拉斯三角形数



毕达哥拉斯平方数
任意两个相邻三角形数之和等于一个平方数

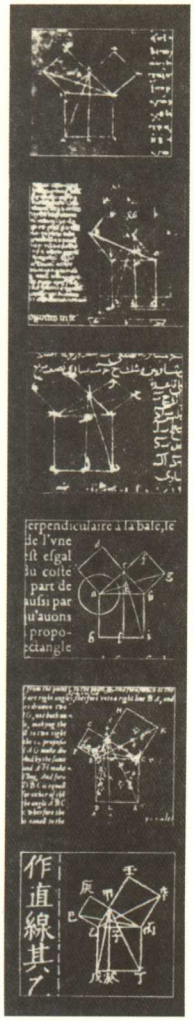
一种物质哲学。大约在公元 5 世纪，毕达哥拉斯学派分裂成为两个学派，一派沦为宗教性质的兄弟会，另一派则沿着科学的途径提出了关于数的理论。关于本质，我们将在本书叙述柏拉图理念的章节中再进行论述。

在中古时代，毕达哥拉斯学派的哲学成为柏拉图主义产生的基础。柏拉图主义是亚里士多德的经院哲学体系以外的又一哲学体系。毕达哥拉斯学派中关于几何学、算术、音乐和天文学等方面的知识，在中古时代被列为经院哲学的课程。文艺复兴以后，哥白尼和开普勒再次强调数学的重要性。他们认为，数学的和谐和简单，就是太阳中心说的最好证据。在我们生活的时代，阿斯顿的原子整量说，莫斯利的原子序数说，普兰克的量子说以及爱因斯坦的万有引力理论等，都可以说是毕达哥拉斯学派哲学思想的翻版。不同的是，毕达哥拉斯学派的见解比较古老、粗糙而已。

希腊的哲学理论与哲学家

XILA DE ZHEXUE LILUN YU ZHEXUEJIA

希腊哲学家的理论不是建立在实践的基础上，而是建立在宇宙体系之上的。因此，这种理论很容易被对立的哲学家用新的学说来推翻和取代。



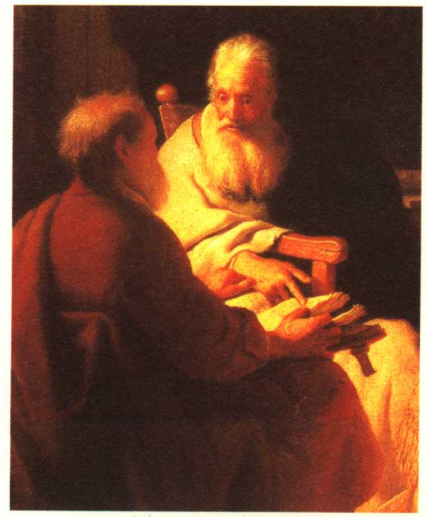
物质论

如果说天文现象比较容易被人发现，因而能够首先引起人们注意的话，那么，物质的本性问题同样也需要善于思考的人去解释。化学有着同人类一样悠久的历史，因此，化学的起源应该从人类发现并使用火的时代去寻找。烹任技术的产生、葡萄汁的发酵、冶炼金属、制造石器，这些都是史前期的成就。很早以前，埃及人在调制颜料、淬铁以及制造玻璃和珐琅方面，已经具有相当高明的技术。而泰尔的人民在公元前1500年的时候，就已经能够用介贝制造有名的泰尔紫色颜料了。

几何学是由希腊人创立的，同样，在物质问题上，首先提出理论的也是希腊人。希腊人认为机械技术是低贱的。他们对机械技术中所包含的许多知识不屑一顾，他们只在每一个希腊上流社会人士都能看见的问题上进

欧几里得的各种译本

欧几里得所处的时代正是数学研究中心由希腊雅典向埃及的亚历山大转移的时候。公元前300年，在托勒密王的邀请下，欧几里得到了亚历山大。经过长时间的研究，《几何原本》得以诞生。图中是该书中的直角三角形定理在各种译本中的阐述。

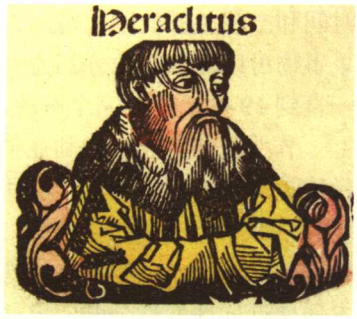


芝诺与巴门尼德　油画

芝诺为巴门尼德的“存在论”辩护，不是去证明存在是“一”不是“多”，是“静”不是“动”而是用归谬法从反面去证明，即“如果事物是多数的，将要比是‘一’的假设得出更可笑的结果。”他用同样的方法，巧妙地构想出一些关于运动的论点，这些议论也就是所谓“芝诺悖论”。

行推理。爱奥尼亚的哲学家认为，物质的变化是从水和土开始的，然后从动植物的躯干和枝茎经过，最后又回到水与土中。在此基础上，他们开始有了物质不灭的概念。泰勒斯推测，物体是由单一的元素构成的，即水、空气或火，这些是世间万物产生的共同基础。

公元前 5 世纪初，哲学界展开了一场大争论，争论的各方都对爱奥尼亚派和毕达哥拉斯学派进行抨击。这些人表现了希腊人的一个共同特点，那就是喜欢根据第一原则来建立理论，并且就个别现象提出一些武断的判断。



赫拉克利特

赫拉克利特与伊奥尼亚派的其他自然哲学家不同的是，他说宇宙是一团永恒的燃烧的火，而不是水、气或其他。在这一基础上，赫拉克利特指出，产生万物又驾驭万物的逻各斯，即对立统一才是真正的神，因此人只能看到事物相对的一面。

公元前 502 年，诗人兼哲学家赫拉克利特对阿那克西曼德和阿那克西米尼的唯物主义倾向表示轻蔑。赫拉克利特认为，物质的基本元素是以太火，以太火是一种灵魂材料，世上所有的一切都用它造成，最后又全部回到它那里去。在这个世界中，睡与醒，死与生是一个不断交替的过程，世间万物都在有秩序地运动着。因此，真理只能在人的内心中去寻找。

意大利南部埃利亚的哲学是另一类型的批判哲学。他们的领袖是生活在公元前 5 世纪的巴门尼德。被人的心理活动所迷惑，巴门尼德把希腊人所特有的一项假定推向极端。这个假定就是：凡是不能设想的，也就是不可能存在的，哪怕感觉告诉我们这个事物确实已经发生过。巴门尼德的推论是：创造是不可能的，因为，有不可能从无中产生，存在，也不可能从非存在中产生。反之，毁灭也是不可能的，因为，有不可能化为无。事物发生变化也是不可能的，因为，一个事物不可能从与它本质完全不同的另一个事物中产生。这样，我们在自然界看见的或感觉到的变化全部都是假象，所以，感觉不能发现真理，只有思维才能发现真理。感觉是非存在，只有思维才是真存在。也就是说，要接触到实在，必须去掉一切形体上的差异，只留下一个单一的本质，这才是唯一的实在。



芝　诺

自无理数发现以后，埃利亚派的芝诺又把“离散与连续的问题惹人注意地提了出来”。按照西方学术界一般的说法，除了希帕索斯悖论外，芝诺悖论也是导致“第一次数学危机”的主要因素。此后，希腊人持有的“一切量都可以用有理数表示”的信仰被打破，直觉和经验不一定靠得住，推理证明才可靠。

与巴门尼德同时代但比巴门尼德更为年轻的芝诺，对这些理论作了进一步的发挥。芝诺反对毕达哥拉斯学派提出的万物都由整数组成的理论。芝诺用一连串的著名疑难问题证明：一个倍数可以分割到无穷，所以，整数是无穷的，但在还原的时候，无论有多少无穷小的数都不能构成一个有穷的整数。芝诺还举了这样一个例子：善于奔跑的阿基里斯去追赶乌龟，当阿基里斯到达乌龟出发的起点时，乌龟已经爬到前面一个地方去了。当阿基里斯到达这个地方时，乌龟又爬到更远的地方去了，这样循环往复，以至无穷，阿基里斯是永远也赶不上乌龟的。

巴门尼德所争论的问题的焦点是关于词的偶然意义，由于这种意义经常处于变化过程中因而永远都是任意的。而芝诺提出的疑难问题，其基础却是一些关于无穷小的性质以及有关

时间和空间关系的错误观念，虽然这些错误观念已被现代数学所澄清。但芝诺也证明了，如果事物可以无限制地分割为无穷小的单位则是同经验不符的。芝诺提出的同经验不符的问题，一直到19世纪才被完全解决。

作为批判哲学，埃利亚哲学在两个方面对后世产生了一定影响。第一，埃利亚哲学不信任感觉，在这个基础上，埃利亚哲学提示原子论者要撇开感觉去寻找客观实在。同时，埃利亚哲学把后世所说的物体第二性的质解释为感官知觉。第二，埃利亚哲学力图寻找能代表万物客观存在的单一物质，这既帮助了物理学家寻找单一的化学元素，又帮助哲学家把事物的本质属性同偶然性分开。埃利亚哲学关于物质本性的观点，经亚里士多德阐释以后，成了中古时代的主导思想。



《智慧珍宝》插图

芝诺因其悖论而著名，并因此在数学和哲学两方面享有不朽的声誉。但遗憾的是，芝诺的著作没有能流传下来，人们只能通过批评他的亚里士多德及其注释者辛普里西奥斯那里，才得以了解芝诺悖论的要旨。在格雷戈尔·赖什所著的《智慧珍宝》一书的插图中，我们看到包括芝诺在内的众多古代哲学家，他们是人类文明建筑的灵魂。

爱奥尼亚另一位哲学家阿那克萨哥拉，把爱奥尼亚哲学中的唯物主义成分带到了雅典。阿那克萨哥拉认为，物质是由各种不同实体构成的集合物，每一实体都各自具有不同的质或偶然性，这是通过感觉器官能够感觉到的，所以，不管怎样分割，部分总是和整体相同，如果有差别也只是成分比例不同而略有区别。阿那克萨哥拉把天体和地球看成是同一性质的物质，阿那克萨哥拉说，太阳并不是什么日神，而是一块始终燃烧着的石头，而月球上面既有高山也有深谷。此外，阿那克萨哥拉还亲自对动物作过解剖，因而他具有一定的解剖学知识，他还发现，鱼是用鳃呼吸的。

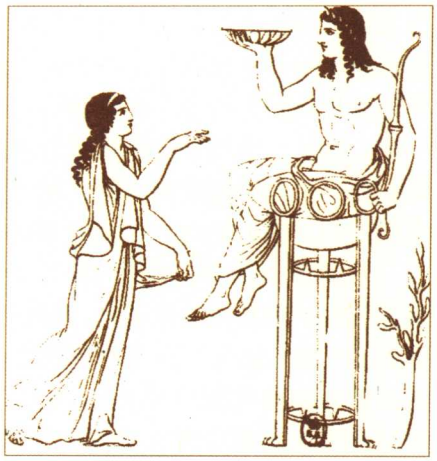
毕达哥拉斯学派曾对物质作过四元素假说。公元前450年，西西里的哲学家恩培多克勒对这个假说作了进一步的解释。恩培多克勒认为，物质的基本元素是土、水、气和火。在整个宇宙中，这四种元素会受到两个相互对立的神力的影响，这两个对立的神力，一个是吸引力，一是排斥力，也就是在人们身上起作用的爱与憎。这个观点与毕达哥拉斯的观点颇为相似。由于这4种元素有许多不同的组合，所以就形成了各种不同类型的物质，这就像画家用4种颜料配出各种不同的色彩一样。

巴门尼德曾经作过这样一个断定：人们认为空气中可能存在的空无所有的虚空，其实并不存在。后来的阿耶克萨哥拉和恩培多克勒用事实证明了空气是有质体的，恩培多克勒曾用水钟作试验，证明了只有在空气排出之后，水才能进入瓶中。这个试验证明了空气既不是空无所有的空间，也不是水汽。

万物皆由4种元素组成的观念，是对火的作用产生误解而形成的。那个时候的人认为，某个物体燃烧后，一定会转化为几种要素。但是，可以燃烧的物质是复杂的，而物质烧完后所留下的灰烬则是简单的。例如，青绿的树木在燃烧时，可以看见光和火，烟则散入空气中，

水从燃烧着的树木两端沸腾而出，而燃烧后形成的灰烬则具有土的性质。

对于物质的认识，后来还出现过一些其他的说法，不过，这些说法都是以对火的认识为基础。人们这种关于火的认识，对化学的发展具有非常重要的指导作用。



宇宙神奇力量的三脚座椅

与德谟克利特的天体演化学说相比，古希腊人的宇宙观更多地与神明联系在一起。由于宇宙和自然界的力量来源仍是不解之谜，在古希腊人采取重大决定前，必先请求神谕，以求获得神秘力量的指引。图中的三脚座椅代表着古希腊人心中的宇宙力量，它是阿波罗和女祭司常坐的地方。

原子论

恩培多克勒曾设想，如果把 4 种元素按不同的比例组合，就可以解释人类所知道的各种不同种类的物质。而留基伯和德谟克利特把问题看得更加简单，他们把古代的单一元素假说直接发展成为原子说。

希腊人的原子说理论所依据的基础，同今天道尔顿、阿伏伽德罗和坎尼查罗所提出的原子说和分子说有很大的区别，现代化学家在组合各种化学元素时，不管是在重量上还是在体积上，都是按一定的比例来进行精确的计算。通过这样的实验所得到的结论，必然会使人们形成原子的观念和分子的观念。人们发现，通过这种形式而建立的学说，同共同构成科学遗产的许多其他事实，都是相符的。这种学说在实践中得到了其他学说的证明，因此可以用来指导、研究，甚至预测新的现象。虽然这种学说也具有哲学意义，但这种哲学意义并不是从关于宇宙的全面哲学理论中推导出来的，它与宇宙全面哲学理论也没有必然的联系。这种学说虽然不是那么高深，但却更加实用。



恩培多克勒　油画　17 世纪

恩培多克勒最早提出，世界是由四大基本元素构成的，即土、水、气、火。两千多年后，这一思想仍然盛行。这幅中世纪的绘画就表达了这一主题。

而希腊人的理论不是建立在实践的基础上，并且，在理论建立以后，也没有力量通过实验来检验这个理论的正确性。希腊人的理论是建立在一个宇宙哲学体系之上的，同古代和现代的各种形而上学的学说一样，这种理论是由创始人和信徒的心理态度所决定，因此，这种理论很容易被对立的哲学家用新的学说来推翻和取代。

在科学史上，希腊人提出的物质问题之所以重要，是因为他们企图用这些看似简单的方式来求得合理的解释。按照他们的说法，物质的特性就是物质的本质，食糖的甜和树叶的颜色，同食糖和树叶本身一样，都是一种客观实在，因而无法用其他事实来进行解释，也不能把它解释为是人产生的不同感觉。

如果对希腊原子说的起源进行探讨，则是一件很有趣的事。有关原子基本元素的认识，泰勒斯认为是水，阿耶克西曼德认为是气，而赫拉克利特则认为是火。阿耶克西曼德认为，

作为原子的基本元素，气可以凝缩和变得稀薄，但它的本质不会发生变化。赫拉克利特认为，原子的基本元素是一些看不见的粒子在运动，具体表现为水的蒸发和香气的弥散。而毕达哥拉斯学派认为，在空虚的空间并不存在所谓的物质，只是，他们把空间和空气混为一谈，因此，毕达哥拉斯学派的观点遭到了巴门尼德的抨击。希腊原子论难以解释的问题是：在一个充满物质的空间，粒子是怎样运动的。不过，此时的原子论者已经知道空气是有质体的，他们认为，一无所有的空间已经变成了真空。

从亚里士多德、伊壁鸠鲁等人的著作中，我们了解到，最早的原子论者是留基伯和德谟克利特。留基伯身世不详，据说曾在色雷斯创办过学校。德谟克利特是阿布德拉人，出生于公元前460年。留基伯和德谟克利特是自爱奥尼亚哲学家之后，继续用比较简单的要素来解释物质特性的哲学家。留基伯在提出原子论基本思想的同时，还提出了一个“一切事情的发生都有原因和必然性”的因果原则。留基伯认为物质特性是根本的和无法解释的，其目的就是杜绝对物质作进一步的探讨。而德谟克利特认为，物质中只有原子和虚空。毕达哥拉斯的原子论是一种相对主义的观点，毕达哥拉斯认为，人是万物的衡量尺度。例如，对我而言，蜜可能是甜的；对你而言，蜜可能是苦的。德谟克利特虽然反对毕达哥拉斯的观点，但也承认，仅凭感觉，是不能解释原子说起源的。

在德谟克利特的原子论中，原子是自古就有的，并且永远都不会毁灭。这些原子尽管在大小和形状上各不相同，但在本质上却是一样的。而特性的不同是因为这些原子在大小、形状、位置和运动方面的差异而产生的。比如，在石头和铁中，原子只能微微颤动，而在空气或火中，原子则可以在较大距离中跳跃。

原 子

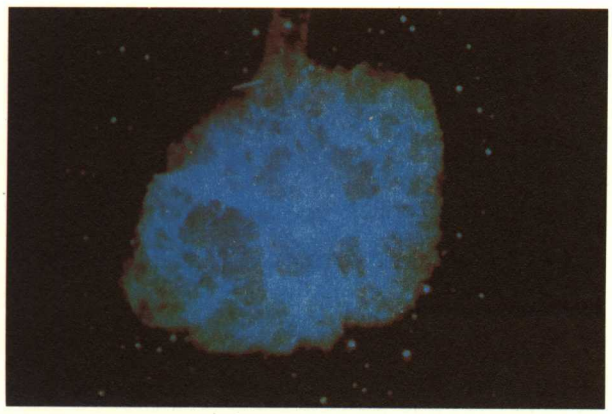


英国科学家约翰·道尔顿在19世纪初把原子假说引入了科学主流。虽然原子理论早在古希腊时期德谟克利特就已经提出，但道尔顿提出了一个明了的定量学说，用来解释化学实验，并经受住了实验室的精确检验。这也正是道尔顿在这一学说上的贡献。图中原子的构成清晰地展示在我们眼前，这是不同时代科学家们共同努力的结果。

原子在无限的空间中向四周作扩散运动，它们在互相冲击的过程中产生直线运动和旋转，从而把类似的原子组合成元素，并形成无数的世界。这无数的世界有一个生长、衰微、毁灭的过程，在这个过程中，只有与自身环境相适应的体系才能生存下来。在这里，我们可以依稀看见星云假说和达尔文自然进化论的思想。

不灭的原子 摄影 现代

原子永远不会消灭，所有原子都起源于大约150亿年前宇宙形成的时候。同样，一颗正在爆炸的星球的原子可能在太空中飘游，而最后成为地球上的动物、植物的组成部分。



在古老的原子说中，原子并没有轻与重的说法，并且，如果没有外力，原子的运动也不会停止。对这些正确的认识，亚里士多德却表示怀疑，最后，还是伽利略对这些正确的认识进行了重新肯定。在天文学方面，原子说理论家开了历史的倒车，他们认为地球是扁平的。但在其他方面，这些人却走在了同时代人的前面。

卢克莱修说，德谟克利特的学说把

印在人们心中的自然界画面巧妙地简单化，事实上，希腊的原子学说也确实太简单了。原子论者把原子学说大胆地应用到生命和意识的问题上，而生命与意识，是至今都无法解释的问题。这些原子论者以为他们把一切奥秘都发现了，可是，对于围绕着客观存在的那个巨大奥秘，他们却视而不见。至今，这个奥秘仍然像原子学说刚提出时那样神秘莫测。



认识自然规律

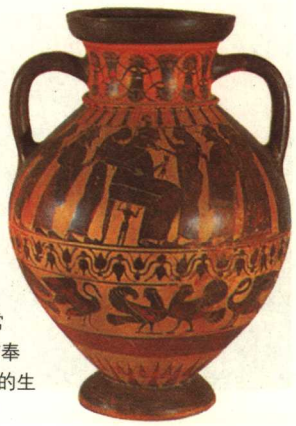
在西方，自古希腊以来哲学和科学思想是混在一起的，很多学者既是哲学家又是天文学家，16世纪至17世纪，自然科学从古典哲学中脱离出来，成为专门的学科，大大促进了科学的发展。

原子论者与其对手所争论的哲学问题，也就是在18世纪，牛顿的法国信徒把牛顿的物理学当做机械哲学而出现的那个哲学问题。自然界中的客观实在，究竟是一种在本质上同人类心灵所见的自然界相似的事物呢？还是一种对人以及人的福利漠不关心的巨大机器呢？一座山，到底是一堆披着树木的绿袍、戴着的雪帽的岩石呢，还是能使人类心灵产生色彩幻觉的集合体呢？物理学家认为，物质的力量和运动可以从数学的角度来分析。唯物主义者把物质观点引入到哲学中，并提出，世界除物质以外没有什么其他的客观实在。唯心主义者则反对把宇宙看成是物质的，而在希腊，原子论哲学就因为持有这种看法而遭到反对。到了18世纪，牛顿的科学已经根深蒂固不可动摇，于是，原子论者不得不在笛卡儿的二元论或贝克莱的唯心主义中另求出路。

不管原子论在哲学上的价值如何，在科学上，德谟克利特的原子说要比它前后的任何学说都更接近于现代观点。在柏拉图和亚里士多德的摧毁性的批判下，德谟克利特的原子说实质上遭到了压制。站在科学的角度看，这应该是一种不幸，在以后的几个时代中，它竟让各种形式的柏拉图主义代表着希腊思想，这也是科学精神从地球上绝迹达一千年之久的原因之一。柏拉图是一个伟大的哲学家，但在科学发展史上，我们只能把他算作一个祸害。

苏格拉底和柏拉图

由原子学说而产生的哲学是希腊科学史上的第一个高峰，以后就是一个科学的停滞甚至可以说是一个倒退的时期。这说明用哲学的先验方法来研究自然是多么的危险。雅典自成为一个民主



古希腊瓶画

古希腊陶器上的瓶画，为我们提供了有关当时日常生活的大量资料。在这些图画中，经常表现一些动人的战争场面，例如将士出征时与家人道别时的场景，还有许多绘有古希腊人所信奉的诸神像以及神话故事。图中的瓶画中绘有宙斯女儿雅典娜出生时的情景，这正是瓶画对神话的生动演绎。

城邦之后，人们的主要精力大概都转到词藻和政治方面去了。能言善辩成为了飞黄腾达的唯一道路，因此，哲学家们都转行去研究经济学和伦理学，而数学和自然科学则无人问津。

从早期史学家的著作中，我们发现了有关希腊科学第二次发展的记载。根据记载，最早的科学家应该是赫克特斯，以后又有希罗多德。特别是希罗多德，他交游极广，在他的著作中，记载了不少有关人民和国家的宝贵资料。在希罗多德的身上，可以看到一种强烈的批判精神。他本着一个历史学家的科学精神，对希腊历史上的神话时期进行了批判，他还以目击者的身份描写了伯罗奔尼撒战争，同时，他还把发生在雅典的瘟疫，以及发生在公元前 431 年的日食都作了记载。

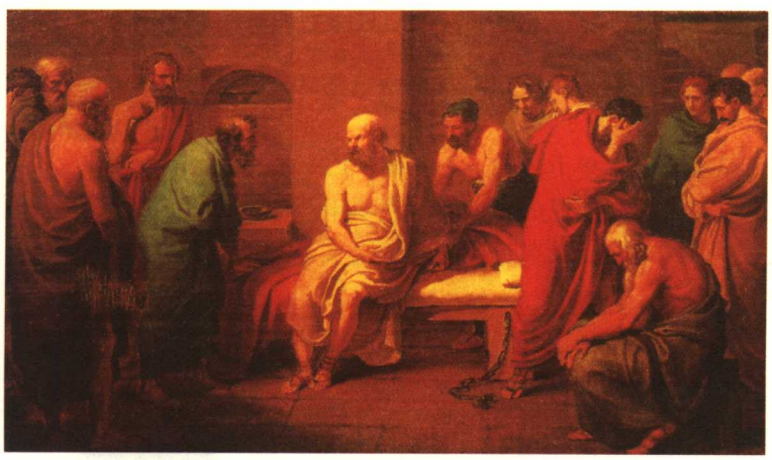
原子论的影响非常广泛，这在原子论的反对者的著作中可以得到体现。这些反对者同原子论者一样，他们也怀疑：感官是否能够向人们提供外部世界的信息。不过，他们得出的结论与原子论者相反。原子论者认为，客观实在存在于物质，而不是在心灵。而这些反对者认为，感官传达的关于客观实在的信息虽然值得怀疑，但感觉是的确存在的，因此，感觉才是唯一的实在。在后来的某一个时期，历史上也再次出现过机械论和现象论这两种对立的哲学。

苏格拉底是富于批判精神的哲学家。他经常以挑战者的姿态，对诡辩家、政治家和哲学家进行诘难，一旦遇到那些愚蠢无知而自命不凡的人，他就无情抨击。苏格拉底主张心灵至高无上，因为，只有心灵才能领悟真正的“形式”或理想，而感官对象不过是类似于这种“形式”而已。道德完美是一种理想，平等也是一种理想。苏格拉底认为，真正的自我是灵魂和内心生活，而不是肉体，因此，心灵才是唯一值得研究的对象。受苏格拉底的影响，人们逐渐放弃了对自然界的考察。实际上，从某种意义上讲，苏格拉底的哲学掀起了一场反对爱奥尼亚自然哲学的运动，后来，苏格拉底被安上了无神论者的罪名。



思想家苏格拉底

公元前 5 世纪和公元前 4 世纪时，雅典的思想家支配着整个古希腊的教育和文化，而苏格拉底就是其中非常重要的一位。在他的理论中，探讨了有关生命的意义和人的行为。在没有任何著述的情况下，其追随者柏拉图为他撰写了大量作品，他的思想也由此得以流传。图中所描绘的正是伟大思想家苏格拉底。



聆听苏格拉底最后一堂课

柏拉图深受苏格拉底思想的影响，以致后来他还因苏格拉底之死而对政府深感不满。从此，他开始了长达 12 年的游历生活，每到一处都要向当地的著名学者学习，并与之探讨社会制度形式和深奥的哲学思想。在这一过程中，柏拉图逐渐形成了自己的思想，在游历归来后，他完成了代表作《理想国》。

苏格拉底的哲学反映了他对那种不成熟的机械论哲学的反感，同时，在某种程度上也表现出了苏格拉底对科学态度的误解和敌视。需要说明的是，苏格拉底使得哲学界不再去研究过去和现在，而一心去研究未来即为什么要创造世界。亚里士多德曾说过这样一句话：关于事物

的普遍定义和归纳推理这两项科学成就，应该完全归功于苏格拉底。

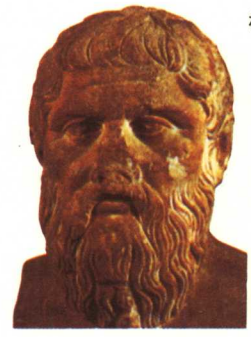
苏格拉底的学生柏拉图，是最有影响的唯心主义哲学家。在柏拉图的哲学体系中，怀疑论和神秘主义交织在一起。柏拉图对世界的认识是从人类需要和人的意志中先验地推导出来的。柏拉图认为，神是好的，球也是最完美的形式，所以，宇宙也一定是球体的，世界的本原物质和延伸的空间是同一的。天体在圆圈中运行既是为了表示时间，也是上帝的安排。从这些言论中可以看出，柏拉图显然是受了毕达哥拉斯学派神秘主义理论的影响。只是，柏拉图把这个理论运用到天文学上去的时候，没有毕达哥拉斯学派那种现代精神。柏拉图认为，星星能在天空浮动，靠的是它们的神性和灵魂。柏拉图把有天体运动的圆圈连接起来，也就得到了太阳绕地球运转的视轨道。后来，这个天文学学说被希帕克和托勒密采纳并加以补充发挥。据说，晚年的柏拉图也认识到，如果能假定地球是运动的，那么，对天文现象的解释就非常简单了。



竞 赛　插图　1504 年

欧洲人在数学上的推进是从代数学开始的，它是文艺复兴时期成果最突出、影响最深远的领域，拉开了近代数学的序幕。这主要包括三次、四次方程求解与符号代数的引入两个方面。另外，欧洲数学在代数学上的进步还在于应用了较好的符号体系。这对于代数学本身以及后来分析学的发展，都显得至关重要。由于符号体系的建立，使代数有可能成为一门独立的科学。图为印度－阿拉伯数码计算者与用算盘计算者的竞赛中间的仲裁者“算术女神。”

柏拉图的宇宙观带有浓厚的拟人化色彩。爱奥尼亚派认为，宇宙是通过进化发展而来的，但柏拉图认为，宇宙是创造出来的。柏拉图所说的宇宙，是一个有灵魂、有理性、有生命的有机体。在《蒂迈欧篇》中，柏拉图根据宇宙和人的关系作了一个异想天开的类比，通过这个类比，柏拉图推演出了一个关于宇宙的结构和性质、以及人体生理的理论。这个理论后来被阿尔克莽所继承和推广，并一直流行到中世纪末。



柏拉图头像

柏拉图是古希腊伟大学者，生于公元前427年。在科学上，他阐明了负数概念。他把天文学和几何学结合起来，为后来建立地心说打下了基础，并发展了毕达哥拉斯关于宇宙和谐的思想，指出天体运动的轨道是圆形。他还把宇宙和人体进行类比，推演出关于宇宙性质和结构的见解，也推演出关于人体生理的见解。

柏拉图有许多荒谬的理论。比如，他指责实验是对神的亵渎，是低贱的机械技术。但他对数学这种演绎科学，却给予了高度的评价。柏拉图还亲自阐释了负数的概念，并把线看做是点的延伸，牛顿和莱布尼兹的“流数法”亦萌芽于此。在数学方面，柏拉图把由观察而得来概念，用逻辑来进行分析并展开推论。对哲学家来说，这是一件既有无限乐趣但又十分辛苦的工作。

在雅典，柏拉图曾创立过一所学校，柏拉图死后，这所学校还存在了9个世纪，直到公元529年，它才被罗马查士丁尼大帝封闭。



柏拉图学园

古希腊的学术研究最突出的是允许学生进行独立思考。在柏拉图于雅典建立的学园中，老师往往会带着学生进行平等的探讨、辩驳和争论，没人会喜欢学生在老师面前亦步亦趋。知识由此得到最为迅速地传播，人们同时也认识到，批评才是真正助长真理传播的重要力量。

亚里士多德

亚里士多德生于公元前384年，死于公元前322年。他的父亲是马其顿国王斐力浦御医，亚里士多德本人也做过亚历山大大帝的老师。亚里士多德是柏拉图的学生，后来，他自己创立一个新的哲学学派。由于在学习期间，柏拉图和亚里士多德都习惯于在雅典吕克昂的花园里散步，因此，后世称亚里士多德创立的学派为逍遥学派。

亚里士多德是古代科学知识的集大成者。在欧洲文艺复兴以前，虽然也有一些人在对自然界的研究中取得了可观的成绩，但在亚里士多德死后的数百年间，从来没有哪一个人能在知识的系统和渊博方面超过亚里士多德。所以，在科学史上，亚里士多德一直占有很高的地位。在中世纪早期，知识界的任务之一就是尽量地搜集整理亚里士多德的研究成果。在西方出版亚里士多德著作全集以后，中古时代后期的学者们就竭尽全力去发掘他的原意。亚里士多德的著作是古代科学知识的百科全书，除物理学和天文学之外，凡是亚里士多德所触及到的科学领域，无不有所贡献。此外，亚里士多德还是归纳法的创立人之一。不过，亚里士多德之所以在科学史上享有盛名，其根本原因还是他在科学和知识分类方面所作出的贡献。

在亚里士多德留传下来的著作中，《物理学》研究的是物质及物质的运动形式。亚里士多德认为，要使一个物体不停地运动，就必须要有一个物体不断发生作用的原因，而柏拉图认为，只有当物体从一条直线离开时，才需要有一个原因。《论天》一书讨论的是物质的构成和天体的运动。亚里士多德提出，物质有一个产生和毁灭的过程，在物质的产生和毁灭这个过程中，由于冷与热、温与燥的相互作用而产生出火、气、土、水四种元素。这四种元素只存在于地上，此外，天上还有一个元素叫以太，以太作圆周运动，并以此形成一个完美的天体。

《气象学》是讨论行星、彗星和流星在天与地的区域之间的运动。在《气象学》第四册中，涉及了一些原始的化学知识。但有人提出，这并不是出自亚里士多德的手笔，而是他的继承人斯特拉敦写的。在《气象学》中，亚里士多德提出，在地球内部囚禁着两种发散物，一种是蒸气状的发散物，由此形成金属；另一种是烟状的发散物，由此形成不能融化的岩石和矿物。此外，亚里士多德对物体的凝固、溶解、腐化以及混合物的特性，都提出了一些见解。但我们认为，亚里士多德的气象学远远不如他的生物学，然而《气象学》在中世纪后期却有很大的影响。

在系统科学方面，亚里士多德所取得的最大成就应该首推他在生物学方面所作出的贡献。他给生命下的定义是："一种能够自己吸收营养并能独立生长和衰亡的力量。"在《生物

学》中，亚里士多德介绍了五百多种动物，其中有些介绍说得非常准确而详细，说明他亲自对这些动物作过考察。另外有 50 种动物，是他根据从解剖动物得来的知识，站在解剖学的角度来介绍的，这一部分还附有插图。在叙述其他动物时，亚里士多德采用的是渔人、猎人、牧人和旅行家所提供的材料。



亚里士多德

亚里士多德是古希腊哲学家、逻辑学家、科学家。他总结了泰勒斯以来古希腊哲学发展的成果，首次将哲学和其他科学区别开来，开创了逻辑学、伦理学、政治学和生物学等学科的独立研究。他的学术思想对西方文化的发展产生了巨大的影响。

在亚里士多德流传下来的生物学资料中，其价值有大小之分。但是，亚里士多德所记载的某些事实，是在最近几百年才重新被人们发现的。例如，在那个时候，亚里士多德已经认识到鲸鱼是胎生的；他把鱼类分为软骨鱼和有骨鱼两种；他还详细地介绍了鸡的孵化过程，并在蛋壳中观察过小鸡的心脏跳动。

在普通胚胎学方面，亚里士多德的见解也标志着人类在这一方面所取得了重大成就。在亚里士多德以前，有关胚胎学方面的知识来源于埃及。早先，人们认为，父亲才是胎儿真正的亲体，而母亲只不过是为胎儿提供营养的处所。在古代，这种说法流传甚广，并成为当时父系风俗的主要根据。而亚里士多德提出，母体对生殖也有贡献，并且，母亲为男性提供了繁衍生存所必需的物质条件。亚里士多德把胚胎看做是一个自动的机体，一经推动，就可以自动运行。

《政治学》插页

于公元前 326 年写成的《政治学》，是亚里士多德的重要政治学著作。全书共 8 卷，阐述了城邦政体的理论，对当时的各种政治体制进行了客观评价。其阐述的政治观点和它所建立的传统政治学理论，极大地影响了西方政治思想的发展。该书中还提到了对青少年的教育问题。亚里士多德认为，青少年应接受最全面的教育，所学科目应包括史学、军事、艺术和宗教等项目。该图就是这本书中有关教育的插图。



在动物分类问题上，较早的分类原则是把动物划分为相互对比的两类，如分为陆上动物和水居动物、有翅动物和无翅动物等。亚里士多德反对这个分类原则。他认为，按照这个原则分类，就会把那些具有属种关系的动物分开，例如对蚂蚁的分类，如果把有翅蚁分为一类，则无翅蚁就会分在另外一类。因此，亚里士多德提出，应该尽可能地按动物的特性分类。按照这个方法，亚里士多德制成了一个动物分类表，这个动物分类表比以前任何一个分类表都更接近于现代的动物划分法。

在生理学方面，亚里士多德的结论和学说却有许多错误。但由于他在这方面也做过一些活体解剖，因此，他的方法仍有许多可取之处。例如，亚里士多德提出，在对器官功能没有真正了解之前，必须首先观察解剖构造，这无疑是正确的。但是，在阿尔克莽和希波克拉底已经认识到大脑是智慧的中心时，亚里士多德却坚持心是智慧中心的旧说，这肯定是错误的。此外，亚里士多德不承认植物有雌雄之分，由此造成了这个事实经过很长时间后才被人们重新发现和最后承认。

与在生物学方面取得的成就相比，亚里士多德在具有现代意义的物理学和天文学方面则逊色得多。亚里士多德之所以能在生物学方面取得成功，是因为直到近年为止，生物学一直都是一门观察科学。亚里士多德批判原子哲学能够得到人们的赞同，这只说明物理学中某些

理论不堪一击，因为，尽管物理学本身是健全的，但其中一些理论没有建立在实践的基础上。亚里士多德拒绝原子说，是因为原子说的推论同他对自然界的看法发生矛盾。尽管亚里士多德的看法没有什么具体的事实可以证明，但他可以让他的见解得到社会的普遍认同。

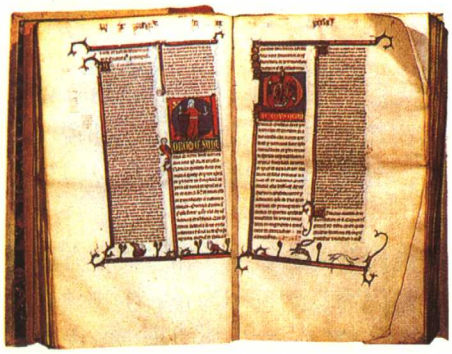
有关亚里士多德的批判方法，我们可以举一个关于落体问题的例子来解释。在论述落体问题时，德谟克利特曾提出：在真空条件下，重的原子的降落速度要比轻的原子的降落速度快。亚里士多德则认为：在真空条件下，物体的降落速度必定是一样快。但在同时，亚里士多德又提出，德谟克利特的结论不可想象，因为，根本就没有真空。

除了否认空无所有的空间外，亚里士多德还拒绝接受与原子说有关的所有概念。亚里士多德认为，如果一切物体都是由同一物质组成的话，按照物质的本性，它们就应该全部都是重的，也就是说，根本就没有什么事物本身是轻的，或者可以自发的上升，大堆的气或火比小堆的土或水重，但土或水不可能在气或火中下沉。可是，摆在我们面前的事实是：土或水在气或火中是要下沉的。

亚里士多德之所以会发生这些错误，是因为他和阿基米得以前的其他哲学家一样，缺乏一种现在所说的密度概念或比重概念。亚里士多德没有认识到，决定物体升降的因素是：这个物体的单位体积重量同它周围的物体重量的比例。亚里士多德沿袭柏拉图的学说，把运动说成是事物自寻其天然归宿的内在本能。亚里士多德的这些错误观点连同他的哲学一道，全部为中世纪晚期的经院派和神学家所接受。这样，在亚里士多德死后，他的错误观点的阴魂仍然阻碍着科学的进步，直到公元 1590 年，史特芬用实验证明：如果将空气阻力所造成的差异忽略不计，物体无论轻重都是按同一速度降落的。后来，物理学家伽利略再次作了相同的实验后，亚里士多德关于物体较重的观点才被彻底摧毁。

在天文学方面，亚里士多德虽然也承认地球是球体，但他坚持地球中心说，他认为，地球是宇宙的中心。他利用他的权威，阻止天文学家接受阿利斯塔克提出的太阳中心说，直到 1700 年以后哥白尼出现，这种局面才发生改变。

亚里士多德由于抛弃了原子说，也就重新回到了毕达哥拉斯学派早期创立的学说中，即物质是由土、水、气、火四种元素构成。后世的理论家把这一学说同希波克拉底的理论糅合成一个新理论，这个新理论认为，人体由四种体液组成，这四种体液分别是血液、黏液、黑胆和黄胆。人的身体构造决定于这四种体液，由此形成多血质、黏液质、忧郁质和胆汁质四种气质。用现代科学的眼光来看，这种理论完全是无稽之谈。但是，如果要了解古代和中古时代的哲学思想，要探索某些词汇的来源，那么，对这些理论的了解则是必不可少的。比如，我们今天在介绍朋友的性格脾气时，仍在使用多血质、黏液质、忧郁质和胆汁质等术语。



亚里士多德的《物理学》

亚里士多德是人类多种学科的创立者。物理学学科的名称是来自亚里士多德这部著作的书名。他在物理学方面的想象与一个近代学者是大不相同的。



《修辞学》原稿

亚里士多德在其撰写的《修辞学》中分析并提出了劝说的艺术。这不仅是指如何构思演说，同时还指出了如何使听众印象深刻。而一个优秀的演说家的技巧就在于此。

除写了多门学科的科学著作外，亚里士多德还写了不少哲学著作，这些作品对当代和后世都产生了深刻的影响。

在哲学方面，亚里士多德从他的老师柏拉图那里接受了许多形而上学的思想，结合自己的自然科学知识，亚里士多德将其中的一些观点进行了修改。柏拉图不能理解实验科学的意义，因为，他的兴趣只在哲学方面。由于这个原因，柏拉图关于自然方面的学说，不能像老一辈自然哲学家的结论那样更接近于真理。但是，在形而上学方面，柏拉图则又比他们深刻得多，而在科学细节问题上，亚里士多德则要比柏拉图等人的知识丰富。



仔细观察事实　壁画

亚里士多德的贡献涉及到生物学和生理学。他的这些理论建立在仔细观察事实的基础上。这幅4世纪的壁画，再现了他带着学生上解剖课的情景。

亚里士多德常常埋头研究某个确定的动物或其他具体对象。因此，在亚里士多德看来，这种彻底的唯心主义并不是一个最好的选择，事实上，亚里士多德也摆脱了唯心主义。但是，柏拉图对他的影响仍然存在。亚里士多德一方面承认个体，即具体感官对象的实在性，另一方面也开始认识到共相或观念是第二性的实在。到晚年，亚里士多德与柏拉图的唯实论的分歧就发展为所谓唯名论。按照这种唯名论，个体是唯一的实在，共相只不过是一个名称或心理概念而已。


IORDANIS



第 2 章

中世纪

中世纪是位于希腊文化高峰和现代科学高山之间的一个低谷。在中世纪，教会对世俗学问采取敌视态度，哲学成了神学的婢女，自然科学从历史舞台上退出。在经院哲学一统天下的时候，罗吉尔·培根提出了实验的科学。

基督受洗　韦罗基奥　蛋彩画　1470—1478 年

中世纪是西方基督教势力最为强大的时期。教会大肆推行愚昧主义，教会和教义成了神圣的权威。特别是在中古前期，由于自然经济和基督教神学占统治地位，使得西方科技文化的发展受到了较大的阻碍和抑制。一切文化和科学活动都不能违背基督教教义，不得越雷池半步。

基督教与神父 JIDUJIAO YU SHENFU

教会神父的出现，使哲学成为神学的婢女，自然科学从此销声匿迹。

要了解欧洲中世纪在自然科学方面不能取得进步的原因，就必须探讨中世纪的思想发展历程。首先，我们必须了解早期基督教神学与伦理学的总体概况。其次，还必须探索后来的基督教同异教或异端斗争而带来的各种变化。只有这样，我们才会明白，为什么早期的基督教要对世俗学问采取敌视态度？为什么哲学会成为神学的婢女？为什么自然科学销声匿迹？



黑死病

1347 年，人称“黑死病”的瘟疫传入欧洲。这种病的主要症状是腺体肿胀，高热头疼等，病人很快会在极度痛苦中死去。在当时的医疗条件下，病情的传播非常之快，有的村庄会全部灭绝，而无法得到有效医治。此图是黑死病“屠杀”民众的寓意画。

早期的希腊哲学是建立在对事物现象进行观察的基础上的，到了苏格拉底和柏拉图时代，希腊哲学开始探讨更深层次的问题，即由对事物现象的观察到对事物本质的研究，从自然哲学走向带有唯心主义和神秘色彩的形而上学。

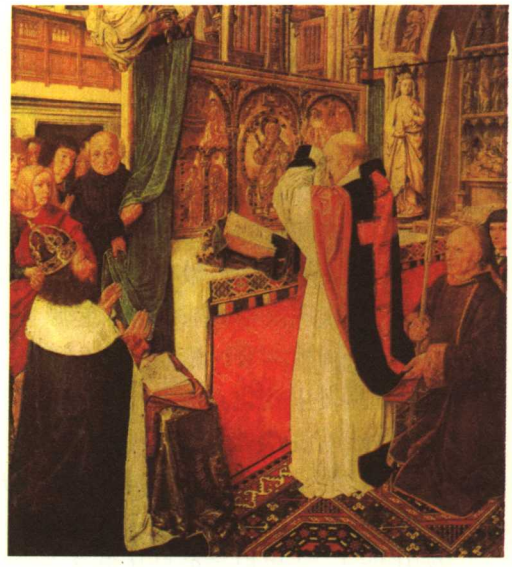
按照柏拉图的说法，客观世界发生的事实，无论是自然界的、人生的还是历史的，只有当它为人的意识所感受时，才能成为一种客观实在，凡是不能感受到的，也都是不存在的。显然，这样的哲学不能对自然或历史作出客观而正确的解释。在这里，宇宙的结构必须与柏拉图的哲学理念相适应，而历史则成了为增加论证的生动性而提供实例的一种工具。

对自然界的观察，亚里士多德显然比柏拉图更感兴趣。即使这样，亚里士多德仍然是在形而上学方面花费的精力多，在逻辑学方面花费的精力少。而在科学方面，他把精力用在生物学方面多，用在物理学方面少。亚里士多德开创了逻辑学学科，在生物学方面也提出了一些观察事物的方法。亚里士多德的物理学不象德谟克利特的物理学那样客观，德谟克利特是在原子及真空中寻找事物的终极本性，亚里士多德则用哲学范畴来解释自然界，这些范畴是

按照人们对于世界的感觉而制订出来的。在黑暗时期刚开始的时候，亚里士多德著作中的那些不完善的撮要，是当时所能看见的希腊资料中最具科学价值的资料。亚里士多德虽然有很大的名气，但随着时间的推移，其影响也逐渐减弱，到公元6世纪，亚里士多德的著作已无人问津。在以后的700年时间中，亚里士多德留给后世的，大概只有别人在他的逻辑学一书中所作的注释。

通过马可·奥里略的著作，我们熟悉了斯多噶派的哲学，这种哲学非常符合罗马人的心理特征。我们在探讨教父派神学家所利用的不同思想潮流时，一定不能忽视斯多噶派的哲学。斯多噶派认为：人的意志就是客观实在的中心，只有在为斯多噶派的哲学服务时，形而上学和自然知识才具有意义。斯多噶主义是一种伦理哲学，它使物理学偏离了正确观察的轨道，以便与道德规范相吻合。

从柏拉图创立的思想学派到新柏拉图派，哲学中的主观思想不断增加。这种哲学是异教的最后产物。从普罗提诺时代到波菲利和杨布利柯时代，哲学同物理与实验的距离越来越远，也越来越接近神秘。普罗提诺完全是为形而上学而活着，他认为，“绝对”的超理性的默想才是最高的善。在波菲利特别是在杨布利柯的著作中，一些神秘主义的思想被带入实际生活中，这些神秘思想在实际生活中的应用，使人们更加相信巫术和邪术。灵魂是需要神、天使与魔鬼来帮助的，在本质上，神灵是不可思议的，而巫术是实现神灵的途径。因此，新柏拉图主义热衷于吸收民间的迷信，如巫术和占星术，并追求一种苦行僧式的病态渴望。



教堂祭坛　油画

中世纪教堂以祭坛为中心，在雕刻的神像中以基督或上帝为主角，这也是当时教会受希腊文化影响，以及偏离反对偶像崇拜的犹太教传统的一种表现。直到宗教改革时期，犹太教传统才得以从基督教的压制中复活。图中描绘的是中世纪教会注重偶像崇拜，设祭坛供奉神像的情景。



《圣经》

中世纪基督教以《圣经》为经典，并认为《圣经》是由上帝的圣灵感动作者写的，具有最高权威，是信仰依据和教义标准。图中就是一本中世纪时期的《圣经》原本。

在新柏拉图主义的神秘哲学中，包含着一些东方的信仰，如祆教和摩尼教。摩尼教主张二元论，他们认为，世上有善与恶两种力量，每隔一定的时间，这两种力量都会重复出现。祆教是从波斯传来的一种祭仪宗教，早在罗马帝国时代，祆教就开始同基督教争夺霸主地位。我们在前面讲过，在古希腊时代，当奥林匹斯神话开始衰退的时候，祭仪宗教就逐渐地变成了人们的信仰。对这些祭仪宗教，我们知道的并不是很多，但我们知道，祭仪宗教中有来自奥菲教义的神秘仪式。作为一种信仰，祭仪宗教是通过每一宗派特有的神话传说来表达的。对这些神话传说，一般的平民百姓都信以为真，但受过教育的人则认为这只不过是生与死的一种象征。这些神秘仪式与神话传说反映了

一种原始的自然崇拜，即对日神和月神的崇拜。

现代社会学揭示了祭仪宗教及其仪式的构成基础和起源。祭仪宗教的仪式来源于一种原始仪式，而这种原始仪式产生于这样一种观念："人们可以用交感巫术或妖术去统治和制约大自然。"由这种原始仪式发展而来的仪式，比任何宗教教义的产生都早，而且生命力更长久。我们知道，自公元元年开始的最初几百年，除宗教和哲学在文学中出现外，社会还存在原始的巫术仪式和信仰。在这些原始仪式中，我们可以发现牺牲献祭，人神合一等观念。在祭仪宗教以及后来的基督教教义中，特别是在天主教的弥撒仪式理论中，这些观念又以更加复杂的形式被表现出来。基督教的起源与原始仪式都与祭仪宗教有关，而基督教的起源一向都是历史学家和神学家讨论的问题。不过，随着时代的发展和社会的进步，这种讨论的形式和内容也不断发生变化。

基督教没有变成即将消亡的犹太教的一个教派，这是圣保罗的功劳。圣保罗把基督教当做一个世界性的宗教来宣传，当基督教刚开始传布的时候，就和希腊哲学发生了接触，在教会的早期阶段，神父们的主要工作就是把希腊哲学同基督教义结合起来。

在中世纪，沃里根是最早从事这一工作的人。沃里根公开宣布：古代学术特别是亚历山大里亚的科学，它们与基督教的信仰是完全一致的。在吸收受过教育的人入教的问题上，他比任何人都尽力。当时还没有统一的教义，因此，被后来者认为是互不相容的不同观点，在沃里根的著作中则能和平共处。

沃里根最重要的思想是：上帝是永远存在的。这种思想与逻辑的世界是永恒的，与灵魂是预先存在的观点非常相近，这种思想减弱了基督教在历史上的重要地位，从而使人们可以用批判的眼光去阅读《旧约》和《新约》，而且还可以采取一个较之于后来的正统观点更为自由的观点。但到后来，沃里根的神学思想渐渐被人们抛弃。公元 553 年，在君士坦丁堡的宗教会议上，沃里根的神学思想最终遭到谴责而被否决。

在拉丁神父中，对基督教思想影响最大的是圣奥古斯丁。圣奥古斯丁生活在公元 354 年到 430 年之间，他的《忏悔录》和《论上帝之城》，是基督教最重要的两大经典著作。圣奥古斯丁最先属于摩尼教派，后加入新柏拉图派，最后，成为了基督教徒。圣奥古斯丁把柏拉图哲学与保罗的《使徒行传》学说结合起来，形成了基督教兼容各种学说的基础。在亚里士多德和托马斯·阿奎思想统治一切的中世纪后期，这种兼容思想依然暗



伊甸园　林堡兄弟　1413—1416 年

中世纪基督教将赎罪视为现世生活的重要目的，而这一观念又出自《圣经》中有关伊甸园的传说。在故事中，正是因为人类的始祖亚当和夏娃偷吃了伊甸园的苹果而违背上帝的旨意，他们被逐出伊甸园，开始另一种艰辛流离的生活。在基督教看来，人类生而有罪，现世的痛苦正是生前罪过带来的报应，因此，人人都该禁欲并默默承受一切的不公。图中描绘的是亚当和夏娃正被逐出伊甸园。

中存在。同圣阿散纳修斯的理论一样，圣奥古斯丁的理论也主要是解释天主教教义的形成过程，圣奥古斯丁还提出，基督教的信条不但是对信仰的一种陈述，而且还是一曲“战胜异端和异教的凯歌”。这正如吉朋所说的那样：异端的帽子总是戴在少数派的头上。

新柏拉图主义与早期的基督教神学一起成长并相互作用，但在发展过程中，双方都指责对方是抄袭。基督教与新柏拉图主义有一个完全相同的假定：即“宇宙的终极实在是灵魂”。在教父时代，基督教接受了新柏拉图主义的超理性学说。在早期的神父著作中，基督教的超理性学说对上帝的爱以及基督复活等问题的认识，是呈下降趋势的。到最后，这种超理性学说变成了一种最低级的迷信，它同异教群众、同新柏拉图派哲学家的信仰已经没有什么区别了。对于占卜和巫术，早期的新柏拉图派和基督教神学家都不重视，拉丁神父希波利塔斯对异教的巫术和愚昧的占星术还进行过无情批评。但 60 年之后，先有波菲利与杨布利柯，后来又有基督教活动家杰罗姆、格雷哥里等人，他们都热衷于谈论妖魔鬼怪。

在新柏拉图主义中，象征主义已经出现，神父们为了调和《旧约》和《新约》，并把《旧约》和《新约》同当时流行的思想流派进行调和，又对象征主义进行了推广和发展。《圣经》中的内容或自然界中所发生的事件，如果与神父所诠释的相合，就把它认定为事实，反之，凡是与基督教义不相合，就认为它只有象征意义。

要了解教父的心理，并通过教父的心理得以了解中世纪的人们的心理，我们就必须认识基督教的罪恶观，那就是对天堂的向往和对地狱的恐惧，人们希望通过神与人的交往而进入天堂，从而避免在地狱遭受火焰的惩罚。

人们对异教世界已丧失信心，人类已经远离希腊人的乐观和罗马人的快乐。祭仪宗教把东方思想带入欧洲，人们对现世和来世的平安感到恐惧。在历史上，这种情形经常出现，在基督降世以前，在巴勒斯坦和有犹太教存在的地方，人们都在等待着末日灾难的降临。基督教的信仰也几乎变成了一个修来世的问题，基督教的生活规则变成了一种暂时的伦理，也许，在教父时代，世界末日来临的时间已经向后推远了一点，但是，距离最后裁判的日子依然很近。每一个人都认为，死亡是通向神秘而恐怖的阴间的唯一途径。死亡的阴影笼罩着古代国家的文明，而一种更大的阴影则笼罩着人类的精



中世纪的医学

中世纪的医药知识非常浅薄，当时的疾病通常用水蛭放血或超自然的办法来进行医治。人们按照迷信的说法，佩带圣物或手持《圣经》者就可消灾祛病。图中描绘了 14 世纪一个病人正在接受原始的脑白质切断手术，而这样的手术在现在看来对人是极大的摧残。



博士来拜　泰梯利　1432 年

中世纪的基督教打破了犹太教反偶像崇拜和三位一体的宗旨，将基督视为神圣的主体让所有人崇拜。图中，刚刚诞生的基督正接受远道而来的众人的膜拜，其地位的尊贵与神圣已不言而喻。



中世纪的巴黎地图

巴黎于公元前3世纪末成为一居民点，当时的居民为高卢部落，称为帕里西人。4世纪初开始，巴黎以其飞速发展而闻名于世。同时期，基督教也已传到这里。在一本10世纪的基督教祈祷书上记载，狄奥尼西曾在公元250年前后任巴黎第一任主教，不过，大概是在第9任主教圣马赛尔的任内，才在岛上建造第一座基督教教堂，教堂为木结构。此图是中世纪的巴黎地图。



基督的许诺

公元3世纪的罗马大理石石棺上，描绘了基督徒约拿从船上被抛入大海的场景。在这则圣经故事中，正是因为基督对其信徒的重生许诺，基督徒约拿才得以在鲸鱼肚里呆了3天，然后安然无恙地走出来。它完整地表现了圣经故事的内容，也是当时基督教盛行的真实写照。基督教在中世纪以赎罪和重生来树立现世生活的目的，人们在毫无自由的精神状态下过着痛苦而压抑的生活。应该说，中世纪的宗教信仰已统治了人类的理性，这样的超越只能带来蒙昧和迷信。

神，这种阴影将基督教宣传的希望与福音光辉，几乎全都遮掩了。

这种悲观的人生观，使神父们对世俗知识失去了兴趣。圣安布罗斯说："讨论地球的性质与位置，并不能帮助我们实现未来的希望。"于是，基督教思想开始排斥世俗学术，把世俗学术看成是基督教不能容忍的异教。公元390年，奥菲罗斯主教摧毁了亚历山大里亚图书馆的一个分馆。此时，愚昧变成了人们恭维的德行，当基督教成为大众化的宗教后，这种现象更加严重。公元415年，天文学家塞翁的女儿希帕西亚被人杀害，希帕西亚是亚历山大里亚的最后一位数学家，可是，这最后的一位数学家竟被基督教暴徒残忍地杀害。据说，这个凶杀案的主谋是西里耳教长。

朱利安皇帝曾准备光复异教的宗教和哲学，但雅典的最后一位哲学大师普罗克拉斯，对新柏拉图主义进行了改造，从而使新柏拉图主义具备了一种可以留传给中世纪基督教和伊斯兰教的形式。这样，普罗克拉斯也就成为了基督教与柏拉图和亚里士多德之间的桥梁，同时，普罗克拉斯也间接地助长了中世纪神秘主义的蔓延。

能够认真探索自然科学的人越来越少了。在希腊人那里，自然科学已经消融在形而上学中，而在罗马的斯多噶派那里，自然科学又变成了支持人类道德意志的必要条件。同样，在早期的基督教，自然科学只是一种工具，只有当它能够为教会的教义和《圣经》的章节作证的时候，才会被人们重视。人们认为，当代自然历史方面的知识，应该以公元2世纪编纂的《生理论》或《动物论》为代表。因为，这些书的题材和内容都来自于基督教教义，书中的寓言最初都是借用动物形象来虚构的。例如，书中一本正经地说，小狮刚出生时是死的，但在第三天，小狮用眼睛呼吸后又苏醒过来了。这个寓言是基督教的救世主即犹大之狮复活的象征。在基督教教徒手中，历史成了护教论的工具，至于中世纪早



死神与守财奴

图中这位行将就木的人曾经有权有势。他的财富是掠夺来的，而就在其走向死亡时，魔鬼仍在诱导他贪图财富而走向地狱。中世纪的人类灵魂往往充斥着罪恶，只有上帝才是唯一能拯救灵魂，并将其带入天堂的神。

期的特殊文学形式以及圣徒的传记，那也不过是一个启蒙的工具。因此，无论什么题材，只要符合基督教的神圣性，这些人都会毫不迟疑地把它接受过来。

由于有教会组织的支持，教父的力量也越来越强大，到了罗马帝国时代，教父已成为罗马的统治力量。罗马帝国灭亡后，教父的灵魂仍在天主教中继续活跃，天主教不但继承了教会的组织结构，并且还承袭了它们的大一统理想。罗马主教认为，同以前相比，现在要取得世界大主教的位置是一件相当容易的事，因为，即使那些野蛮民族也得把罗马尊为圣城和首都，并把恺撒奉为他们的神化君主。从哲学上说，天主教会是希腊文明的最后成果，从政治和组织上说，天主教会是罗马专制帝国的继承者。

科学的黑暗时期 KEXUE DE HEIAN SHIQI

中世纪之后是科学的一个黑暗时期。但是，新的文明是从野蛮中演化出来的，当古代文明的光明还没有完全熄灭的时候，西方的学术复兴运动就已经开始了。

当古代文明的夕阳余晖从六七世纪的黑夜中消逝的时候，欧洲的学术情况就是如此，后来几个时代所回顾的理想性质也是如此。那时，人们以为他们所回顾的时代是一个光明的日子，这个光明日子的中午就是上帝通过他的儿子给世人的最高启示，而这个光明日子的黄昏则由神父们秉承神意而写的著作照亮。因此，对黑暗时期传下来的事物，新时代的人不是用批判的眼光去看待，而是把它们全部看成是超自然的法典。

公元7世纪，古代学术在西方几乎消失殆尽，博埃修斯的著作是唯一残存的作品。博埃修斯出身于罗马贵族，于公元524年被人处死。多年之后，人们重新对他进行评价，现在，有人承认博埃修斯是基督教徒，甚至是基督教的殉道者。不管人们对他如何评价，博埃修斯肯定是古代哲学精神的最后一个代表者。博埃修斯著有《亚里士多德哲学纲要》和《柏拉图哲学纲要》，并对亚里士多德和柏拉图的哲学进行注释，博埃修斯还根据希腊人著作中的有关资料，写成了算术、几何、音乐、天文4部专著，在中世纪，这些专著被学校作为教科书。事实上，在中世纪初期，凡是与亚里士多德有关的书，几乎全是由博埃修斯注释的。

中世纪的医院

中世纪的医学同其他科学一样，完全被过去的古典权威理论统治着。医生只能作为观察者，而不是寻求新知识的实验者去主动进行研究。由于宗教约束，医学失去了其他学科，如物理学和天文学理论的补充，其发展在中世纪相当缓慢。图中是一所中世纪医院，它描绘了医生正在给病人进行治疗的场面。



为博埃修斯作传的斯特沃特博士，曾给了我一段有关博埃修斯的记载：

博埃修斯是中世纪最后一位

罗马学者，从他提供的关于科学分类来的材料看，博埃修斯也是第一个经院哲学家。博埃修斯提出，应该将知识均匀地分配到自然科学、数学与神学中去，这个观点被后来者一致采用。博埃修斯对人作过这样一个定义，即“人是自然界中有理性的个体”，在经院哲学时期，这个定义一直为人们所推崇。

自博埃修斯以及比博埃修斯更年轻的卡西多拉斯去世之后，古典精神就不复存在了。柏拉图当年在雅典建立的哲学学校，此时教授的是一种神秘的、半基督教的新柏拉图主义。公元 529 年，这个学校被查士丁尼皇帝查封关闭。查封的原因：一是要毁灭异教哲学的最后残余思想，二是避免官立基督教学校遭遇竞争。

在西欧蛮族最猖獗的时代，拜占庭帝国把一个文明社会保存并延续下来。拜占庭的军队赶走了意大利哥特人，在查士丁尼学院，拜占庭的律师把罗马法定为法典。这个法典后来成为建立一个秩序社会的理想，在长期的动乱中，这个理想不但被保存下来，而且还帮助罗马帝国的继承者形成了一个大一统主义的法典，后来，这个理想还成为了经院哲学思想的一个组成部分。从古典时代开始，经过拜占庭帝国而保留下来的这些思想文化知识，即使在科学最衰微的时候，它也像火炬一样照耀在欧洲黑夜的上空，它照亮了西方学术复兴的道路。事实上，当这一线光明还没有完全熄灭的时候，西方的学术复兴运动就已经开始了。



瘟疫的起因

中世纪的占星学对瘟疫的起因有个特别的解释，那就是上帝运用天体的运行机制来惩罚人类。在中世纪，上帝被看作宇宙的主宰，但在占星家看来，上帝也是通过自然界来统治宇宙，行使他对人类的管理，而这一时期的科学也将其目标变为理解并理解这些进程。由于瘟疫源自星星的想法提高了占星学的声望，占星学在中世纪科学中也就牢牢树立了自己的稳固地位。图中描绘的是中世纪意大利瘟疫流行的城市图景，死亡成为每个人都摆脱不了的厄运。



古罗马的圆形剧场

图中的古罗马圆形剧场坐落于安曼城堡山脚下的老城区，建于公元 2 世纪，其设计风格与约旦杰拉什的古罗马剧场极其相似。该剧场呈圆形，可容纳 6000 人，建造者在修建过程中充分利用了声学原理，不论坐在剧场何处，都能清楚听见表演者的声音。

但是，在这一时期，西方彻底断绝了同过去的联系，这种断绝并不仅仅局限于希腊和罗马帝国的灭亡，不光作为政治国家和社会组织的雅典和罗马灭亡了，就连代表艺术家和哲学家的希腊民族、代表法律家与行政官的罗马民族，也都不复存在了。

人们知道，罗马的衰败有许多原因，但有一个重要的原因却被人们忽视了。据历史学家艾利生的研究，这个重要原因就是因为货币缺乏而造成的。罗马时期，西班牙和希腊的金矿、银矿已开始枯竭，罗马国库中收藏的可用来造货币的贵金属，在奥古斯都时代，估计价值大约三亿八千万英镑，到了查士丁尼时代，其价值已减少到八千万英镑。虽然金属货币时常贬



古罗马城

古罗马哲学家卢克莱修所生活的时期，罗马城有其统一的格式。如图，它们一般有方正的城墙，道路十字交叉，在交叉点上还建有神庙。这种城市的布局，很像起源于古代伊达拉里亚人的城市花园。全城主要由街坊组成，公共建筑有时用2至4个街坊作基地，神庙则建在城外山头上。因城市很小，有些房屋也只好造在城外。欧洲的许多城市就是从这种城的结构发展而来的。



古罗马饰物

在图中这一古罗马饰物上，金制的圆盘下缀以各色宝石，饰物正中还镶嵌着主人的侧面头像。制作之精美体现出工艺水平的纯熟。

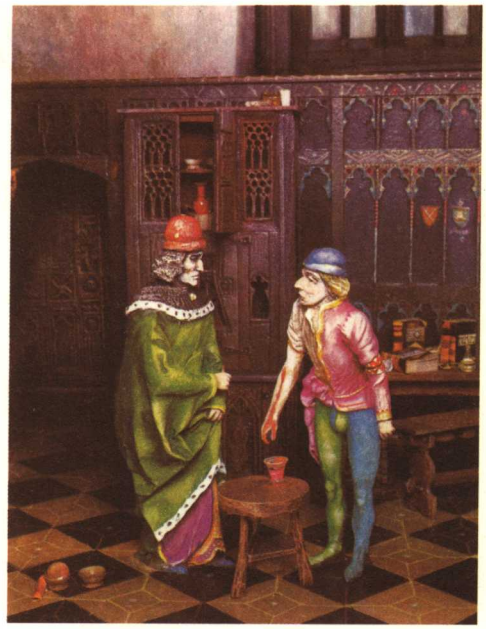
值，但我们可以断定，当时国内的物价不断下跌，换句话说，用货物与劳务来衡量，金属货币的价值则应该是上升，而经济紊乱带来的各种恶劣影响也就必然随之而来。农业和工业均无利可图，而捐税之重已经到了人们不可忍受的地步。那些没有受到货币紊乱影响的国家如埃及、利比亚等，则不断加大对罗马的货物输入，而罗马的土地却因无人耕种以致荒芜，这同英国在1873到1900年、1921到1928年期间，土地荒芜的原因完全一样。

土地无人耕种，城乡的道路又严重失修，以至沟壑纵横。于是，大片地带竟因疟疾猖獗而使人无法生存，具有高尚血统的人的出生率大大降低，加上不断的战争，使每一代都有许多最优秀的人死于非命，并且是优者死亡劣者生存，因此，国民的平均素质下降。人们通常所说的战争原因和其他原因无疑都与灾难有很大关系，但经济的混乱和外族的骚扰也是一个不可忽视的因素。我们可以这样说，罗马被北方民族推翻，与其说是文明被人摧毁，倒不如说是把已经破败的废墟打扫清楚，以便将来建筑更好的大厦。

新的文明必须从野蛮中演化出来，具有一定理想的民族必须从腐败的专制帝国的多民族中发展出来。而这些民族也必须首先在改造社会秩序和发展文化方面取得很大进展后，才能成为科学与哲学萌芽和成长的温床。

在欧洲的某些地方，透过黑暗时期的一片朦胧，我们隐约可见知识的小草在阳光下挣扎。经过动荡和混乱，在意大利的一些大城市中，一些世俗的学校还在继续教学。而修道院的兴起，使人们有可能第一次过上稳定安闲的生活，因为，只有在寺院中才能发现学术新生的迹象。

由于福音故事的缘故，教会的神父们不能像蔑视世俗知识那样蔑视医术。救治病人是基督教的义务，因此，医学便成了最早复兴的一门学科。寺院医学起源于巫术，但其中渗入了一些古代的科学。在公元6世纪，本笃会教士开始对希波克拉底和盖伦的著作纲要进行研究，以后，他们逐渐把这些著作中的知识传播到西方。这时的僧侣实际上也是农夫，他们仍然保



罗马的放血疗法

放血疗法从罗马医生盖仑那里得到了最强有力的推动。在早期希腊医学研究中，四元素平衡论很快便衍生出一个似乎能够更好地解释疾病与健康的理论，即四体液论。人们相信，热和干燥是血液的属性，所以人有上述症状是因为血液过多，需要减少。因此在静脉上开个口子任血液流出，或用水蛭吸血成为后来以至罗马时期的一种重要医疗手段。

留着一定的农业知识。

位于佩斯东海湾那不勒斯南面萨勒诺城的学校，是最早的非宗教的新学术思想的发源中心。从这个中心发出的书籍，几乎全部都是根据希波克拉底和盖伦的著作编纂的。在公元9世纪时，萨勒诺的医生已经很有名气。到公元11世纪，他们又开始研究阿拉伯书籍的译本，萨勒诺城的学校非常兴盛，直到公元12世纪，它才被已在欧洲普及的阿拉伯医学代替。在历史上，萨勒诺最初是希腊的殖民地，以后又成为罗马的疗养场。由于意大利南部的希腊医学传统始终没有完全中断，因此，在萨勒诺，古代学术与现代学术的连接通道也始终没有中断。

阿拉伯科学的发展 ALABO KEXUE DE FAZHAN

当基督教国家的科学走向衰落时，阿拉伯国家的科学则出现蓬勃发展之势。在炼丹的过程中，阿拉伯人掌握了许多化学知识。



最初的炼金术与宇宙体系

最早的炼金术著述提出了一些十分有趣的问题。在这些古老的手抄本中都可以看到如乌鸦、蛇、玫瑰花和鹰之类的象征性图形，它们所描绘的指向同一个宇宙体系。在古埃及，希腊、阿拉伯、美索不达米亚和印度等众多重要文明中都存在，它们促使了严格意义上的炼金术学说的形成。

当欧洲学术陷入低谷的时候，在君士坦丁堡东罗马帝国的宫庭中，在叙利亚和波斯海湾地区，却依然保存着许多来源于希腊和罗马以及犹太的混合文化。在早期，这个混合文化的中心是荣迪沙帕尔的波斯学校，公元489年，这所学校变成了景教派基督徒的避难所。公元529年，柏拉图学园被查封，新柏拉图派被迫离开雅典后，这所学校又成为新柏拉图派的避难所。在这里，新柏拉图派翻译了许多希腊书籍，特别是柏拉图和亚里士多德的著作，这不但将希腊哲学与印度、叙利亚和波斯的哲学联系起来，还帮助了一个医学学派的成长。虽然这个学派长期处于一个孤立的环境中，但它却一直坚持到第10世纪。

在公元620年至公元650年之间，阿拉伯人在穆罕默德的鼓舞下，相继征服了阿拉伯、叙利亚、波斯、埃及等国家。150年后，最著名的阿拔斯王朝哈里对翻译希腊著作的作家进行奖励，由此促进了阿拉伯学术大时代的开始。在这个大时代的初期，发展较缓慢，因为，要创立阿拉伯学术，必须把一些适合于表达哲学和科学思想的新名词，融合在叙利亚和阿拉伯的语言之中。阿拉伯人的任务，与欧洲中世纪后期学术复兴时代相同，一是要发掘已经被人遗忘的希腊知识宝藏，二是要把发掘的宝藏融合在自己的语言文化中，三是要在学术方面作出自己的贡献。

在穆罕默德死后的 200 年时间里，伊斯兰教的神学活动非常活跃。伊壁鸠鲁的原子理论体系和芝诺有关时间和空间的疑难问题，极大地刺激了穆斯林人的大脑，另外，印度佛教的原子论问题也对他们产生了一定的影响。

根据伊斯兰教可兰经教义，安拉是世界的唯一主宰，而世界是属于第二性的存在。伊斯兰教的这个正统观点，被希腊哲学以及另一个伊斯兰思想学派加以修改。这个伊斯兰思想学派把新柏拉图派的存在论和亚里士多德的宇宙观念，加入到穆罕默德的片面泛神论中，由此得出一个“宇宙即神”的观点。伊斯兰思想学派用穆罕默德的理论解释自然，从而得出一个关于时间的理论，从内容上看，这个时间理论即使不是来自于印度佛教的原子哲学，也同它相似。这个时间理论认为，宇宙是由一些完全相同的原子构成，而安拉则随时对宇宙进行重新创造。空间也是由原子构成，时间则是由无数不可分的“此时”组成。原子由安拉所创造并不断进行再创造。如果安拉不经常进行再创造，宇宙就会像梦一样消逝。物质只为安拉的连续意志而存在，人不过是像动画一样的机器。由于有了这个时间理论，伊壁鸠鲁那所谓的无神论体系，就摇身一变成为了至高无上的神教。

除重视这些具有神学意义的题材以外，当时的阿拉伯人还有一种好奇心，那就是他们想研究被神学家认为不具有客观实在性的大自然。当基督教国家的科学走向衰落时，伊斯兰教国家的科学则正在蓬勃发展。到公元 8 世纪中叶，世界科学的领导者已由欧洲转移到了近东。到了公元 9 世纪，由于对盖伦译著的研究取得了重大成果，阿拉伯的医学也有了很大的进步，同时，在与炼金术有关的原始化学方面也取得了显著成就。

化学的产生，一方面与冶炼有关，另一方面也与制药相联系。古典时期，希腊人远离观察和实验，因此，他们对物质本性的认识，包括对原子和基本元素的认识，都是不可能归入化学之中的。公元一世纪，亚历山大里亚的炼金家可以算作是最早认识和探讨化学问题的人。



阿拉伯学者群像

7 世纪，随着伊斯兰教的诞生和传播，萌生了阿拉伯 – 伊斯兰文化。经过阿拉伯人的倭马亚、阿拔斯、法特梅和西班牙后倭马亚诸王朝连续的发展，阿拉伯文化趋于成熟，并走在了世界的前列。此后，阿拉伯文化通过西班牙和西西里岛传入欧洲，对 14 世纪欧洲掀起的文艺复兴运动产生了有益的影响。



物质四元素

阿拉伯时期的元素理论与亚里士多德的理论一致，包含了土、气、水、火四种元素，并将这四元素视为世界所有物质和精神的基本组成。图中，阿拉伯学者将四元素形象地描绘出来，并配以各种自然现象，以体现四元素的自然中心地位。



阿拉伯炼金大师阿尔·拉兹

图中是阿拉伯炼金大师阿尔·拉兹正在刻苦研读时的情形。阿尔·拉兹继承了札比尔的炼金传统，注重化学实验，少谈神秘之术。在此基础上，他还发展了札比尔的组分理论，增加盐为第三种组分。而汞、硫和盐的三组分理论一直流行到 17 世纪。



炼金者的实验

阿拉伯炼金术士往往有两种实验方法，分别是干法和湿法。有文字记载，一位阿拉伯炼金术士曾提到，干法和湿法这两种方法最令人担忧的问题是脱水。其结果要么就是烧干，要么就是毁灭或腐烂。在这种情况下，炼金者都认为，大自然并未将物质还原，而是制造出了另一种不是点金石的物质。图为当时的术士在潜心研究炼金方法。

但自那以后，与化学有关的工作就无人过问，直到600年后，阿拉伯人才重新拾起他们的工作。

由于对亚历山大里亚技术的起源产生误解，因此，后来的炼金家为自己树立了两个永远都不能实现的目标，一个目标是要把贱金属变成黄金，另一个目标是要炼成包医百病的仙丹。他们的钻研是注定要失败的，不过，在炼丹的过程中，他们掌握了许多可靠的化学知识，还发现了许多有用的药物。

阿拉伯炼金家的冶炼知识来源于两个方面：一个是前面提到的波斯学派，另一个是希腊人的著作。这些知识的获取，一部分是由叙利亚人传授，另一部分是通过自己直接翻译希腊原著。使用阿拉伯语言的民族，对炼金术的研究已有700 年的历史，他们的工作中心，最早是在伊拉克，后来转移到西班牙。在阿拉伯人和西班牙人的手中，炼金术不断发展，最后演变成为化学。当一些阿拉伯学者以及他们的欧洲弟子由炼金术进步到化学的时候，另外有一些人却因为不能了解希腊炼金家的专业知识和哲学观点，由此而堕落到贪得无厌地追求黄金和玩弄骗人巫术的地步。

在阿拉伯，最著名的炼金家和化学家有阿布、穆萨、札比尔、伊本、哈扬。后来，一位署名杰伯尔的作家，用拉丁语写了许多有关炼金的著作。有人认为，杰伯尔就是札比尔，但这种说法遭到人们反对，因此，这些著作的作者到底是何人，至今没有定论。公元 1893 年，一位名叫拜特洛的学者在研究了阿拉伯原稿的新译本之后，断定杰伯尔不是札比尔，因为，杰伯尔的成就要比札比尔大得多。但霍姆亚德和萨尔顿持却认为，札比尔是一位超过拜特洛想象的知识渊博的化学家。札比尔曾经制造过碳酸铅，并从砷和锑的硫化物中分解出砷与锑，札比尔对金属的提炼、钢的制造、布与皮的染色、以及从蒸馏醋中获取醋酸等方法都作过详细介绍。札比尔认为，人们所知的6 种金属之所以不同，是因为这些金属所

含的硫和汞的比例不同。但是，在没有考证杰伯尔的拉丁语著作之前，札比尔的历史地位是无法确定的。

在化学史上，以硫和汞作为基本元素的观点非常重要。在炼金过程中人们发现，硫与汞化合后会形成鲜明的红色硫化物，于是，便形成了这一观点。人们认为，银是白色的，金是黄色的，而红色一定是用比金更贵重的东西制成的。除硫和汞之外，人们还用食盐来代表土或固体。食盐、硫和汞是物体基本元素的说法，代替了恩培多克勒和亚里士多德的四元素说，这种说法一直流行到公元1661年，直到波义耳《怀疑的化学家》一书发表。

作为一门科学，化学的重要性越来越明显。这种重要性，在公元9世纪进行的一场关于炼金术价值的辩论会上得到充分体现。当时，欧几里得的《几何原理》与托勒密的天文著作已被翻译成阿拉伯语，于是，希腊的几何学和天文学便传到了穆斯林世界。据传，印度的数字也是由希腊人发明后传入印度的，然后再从印度传给阿拉伯人。阿拉伯人把这些数字修改为所谓的古巴尔字体，这种字体与我们现今所用的字体非常相似。由于当时穆斯林人的贸易四通八达，因此，这些数字就被世界认为是阿拉伯数字，几个世纪之后，阿拉伯数字便取代了累赘的罗马数字。在拉丁语中，最早使用阿拉伯数字的，是公元976年在西班牙出现的一部手稿，但用零来记数则是后来的事。



阿拉伯时期宇宙观

图中描绘的是阿拉伯时期人们的宇宙观。在当时的天文学家看来，宇宙跟人有着很多的相似性，如宇宙有两盏灯，即太阳和月亮，而人有双眼；宇宙有山脉和冈峦，而人有骨骼和肌肉；宇宙有天空和星星，人有头颅和双耳；宇宙还有着黄道十二宫，人也同样拥有从耳廓到双足的所谓双鱼宫。



点金石的运用

阿拉伯的炼金术士认为，点金石是把贱金属转化为完美金属的关键。固态的点金石在与最纯的金和银直接熔化状态下沸腾时，便可成为雾状的半透明块，而这样的状态就能用在金属衍变的过程中，具有改变其本质并实施转化的功能。图为阿拉伯炼金术士对点金石的形象描绘。

当时，一些阿拉伯作家为了推广自己的著作，就用自己的著作来冒充希腊人的著作。例如，有一部由阿拉伯人或叙利亚人编纂的名叫《秘密的秘密》的文集，这部文集主要是介绍民间传说和巫术。在中世纪的欧洲，这部文集十分流行，当时就有人称它是亚里士多德著作的译本。大约在公元817年，埃德萨的约布用自己在巴格达讲课的资料，写了一部关于哲学与自然科学的百科词典。现在，这部词典的叙利亚语版本已被明加纳翻译成英语。

在翻译托勒密著作的过程中，穆斯林的天文学也得到很大发展。穆罕默德·阿尔在安提沃奇的天文台，重新计算了春分和秋分两点的岁差。经过计算，他创制了一套新的天文表。公元1000年左右，三角学也取得了很大进步，伊本·荣尼斯在开罗观测日食和月食，并把观测情况作了记录。伊本·荣尼斯可以称得上是穆斯林最伟大的天文学家，伊本·荣尼斯的工作得到了埃及国王阿尔哈金的奖励。埃及国王阿尔哈金还在开罗设立了天文学院。



阿尔·哈曾《论视觉》原稿插图

阿拉伯著名物理学家阿尔·哈曾留下了许多光学和天文学著作，其成就主要集中在7卷本的《论视觉》一书中。阿尔·哈曾指出，人的眼睛并不发生光线，所有光线都来自太阳。在《论视觉》一书中，他研究了透镜的成像原理，他还广泛研究了光在各种情形中折射和反射现象，特别探讨了大气中的光学现象。



阿尔·拉兹的《秘密的秘密》

阿拉伯的著名炼金大师阿尔·拉兹撰写了伟大的著作《秘密的秘密》。该书记录下了不少当时的化学配方和化学方法，而现在我们所用的许多化学名词如碱、酒精和糖等，也都是在类似这样的著作中得以记录下来，又从阿拉伯文翻译为各种语言后得以流传的。

第10世纪是阿拉伯科学的古典时期，这个时期应该从波斯人阿布·巴克·阿尔算起。波斯人阿布·巴克·阿尔在巴格达行过医，编辑过许多具有百科全书内容的教科书，其中有一本书是专门研究麻疹和天花的。因此，他被公认为是伊斯兰最伟大的医生。事实上，在中世纪，他也是全世界最伟大的医生，因为，他把化学应用于医学，并首先使用流体静力天平秤来测量物体的比重。

在物理学方面，最杰出的穆斯林物理学家是伊本·阿尔·黑森。他的主要成绩是在光学方面。他使用球面和抛物面反光镜来研究球面像差、透镜的放大率和大气的折射。他用数学方法解决了几何光学问题。他的著作被罗吉尔·培根和开普勒翻译成拉丁语，这对西方科学的发展产生了很大的影响。阿维森纳是与伊本·阿尔·黑森同时代的医学家兼哲学家。阿维森纳是布哈拉城人，曾对中央亚细亚各国的宫廷作过访问。他希望得到一个稳定的工作，使他能够安心地从事他的文学与科学研究，但他一直没有如愿。他在许多方面都有论著。据萨尔顿介绍，他不相信炼金术可以使金属发生突变，他认为金属的变化有其根本的原因，并不是改变它的颜色就能取得成功。他的《医典》一书代表着阿拉伯文化的最高成就，因此，《医典》被称为是“古代和穆斯林全部知识的总汇”。后来，这部书成了欧洲各国的医学教科书，一直到公元1650年，卢万和蒙特佩里耶的学校还在使用《医典》。据说，《医典》至今都是穆斯林国家的主要医学典籍。

与阿维森纳同时代的阿尔·比路尼是一位哲学家、天文学家和地理学家，阿尔·比路尼名声虽然没有阿维森纳大，但成就并不比阿维森纳小。阿尔·比路尼曾作过地理测量，他所测定的经纬度在当时就已经达到了相当准确的程度。他还测量过宝石的比重，他对印度某些地区的民风民俗了解得十分透彻，他还写过一篇被认为是中世纪最好的关于印度数字的论著。

在这个时期，阿拉伯语已经成为研究学术的经典语言，所以，凡是用阿拉伯语写成的著作都是权威的作品，这就像早期的希腊语著作一样。最早把阿拉伯书籍译成拉丁语的是非洲人康斯坦太因。康斯坦太因曾在蒙特卡西诺寺工作，他去过萨勒诺，他翻译

的阿拉伯著作对萨勒诺学校产生了很大影响。在康斯坦太因的带动下，拉丁国家才开始吸收阿拉伯人的学术思想。不过，在这个时期，阿拉伯学术的最高潮已经过去了。公元 11 世纪末，阿拉伯和穆斯林的学术开始衰退，此后不久，科学活动的中心便转移到欧洲了。

从政治方面看，由于伊斯兰王室的内讧，原来人才辈出的阿拉伯贵族逐渐解体，所以，此时的阿拉伯不可能再造一个强大的帝国。只有边远的省份不断宣告独立，随后，一个接一个地从这个衰老的帝国中分离出去。



潜心创作的比鲁尼

古阿拉伯著名物理学家比鲁尼曾精确地测定过 18 种宝石和金属的密度，发现水的密度和温度有关。他还设计过一种奇妙的“智慧秤”，这种秤在没有砝码的情况下，也能测量物质的重量和密度。为此，比鲁尼还专为此发明写了一本名为《智慧秤的故事》的书。图中，比鲁尼正在潜心撰写该书。

穆罕默德征服的最远地区是西班牙，阿拉伯文明、犹太文明与基督教文明相互融合的成果也出现在西班牙。从公元 418 年到公元 711 年的 300 年时间中，一个西哥特国在西班牙建立起来。那些从巴勒斯坦放逐到西班牙的塞法迪姆犹太人，在继承亚历山大里亚学术传统的同时，还保持着与东方交往。在公元 711 年伊斯兰教征服西班牙后，这种情况依然没有发生变化。在统治地位没有遭到威胁的情况下，阿拉伯人对各种思想都是宽容的，因而许多学校能够得以成立，但这并不是因为人民大众的拥护，而是个别统治者有时也提倡思想自由。

西班牙和阿拉伯的哲学发展过程，同 100 年后基督教学校所经历的过程大致相同。他们都希望将本国的神圣文献与希腊哲学糅合在一起。

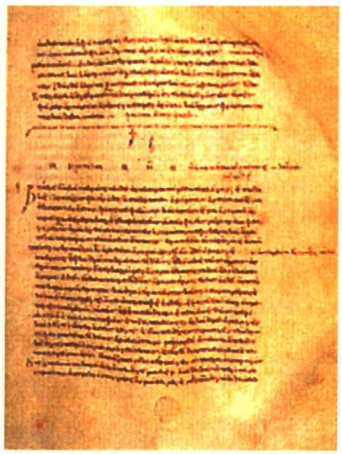
正统的穆斯林经院哲学和哲理神学，是由生活在巴格达的波斯人阿尔·加扎利创立的，但西班牙流行这种理论，就应该归功于科多瓦的阿维罗伊。阿维罗伊对亚里士多德的学说非常崇拜，他给宗教和哲学注入了一种新观念。阿维罗伊认为，宗教不是教条体系的分支，而是人的一种精神力量。宗教同实证的或实验的科学是有区别的，神学则是两者的混合。对宗教和科学而言，神学是祸害的根源。一方面，神学给人造成宗教和哲学互不相容的错误印象，另一方面，神学以一种假科学的面目败坏了宗教的名声。

阿维罗伊的理论与正统的基督教神学产生了严重分歧。尽管有人对阿维罗伊的理论表示反对，但阿维罗伊的语言却极具感染力，许多人都愿意听他的演讲。因此，到公元 13 世纪，阿维罗伊便成了意大利、巴黎、牛津等大学公认的权威。按照罗吉尔·培根和邓斯·司各脱的看法，阿维罗伊可以与亚里士多德并列为实证科学大师。

迈蒙尼德是科多瓦的另外一位重要人物。迈蒙尼德是犹太人，他是医学家、也是数学家、还是天文学家和哲学家。他的主要成就是建立了犹太经院哲学体系，这个犹太经院哲学体系可与伊斯兰经院哲学以及基督教经院哲学媲美。迈蒙尼德力图把犹太神学与希腊哲学，特别是亚里士多德的哲学糅合为一体。中世纪后期，迈蒙尼德的著作在社会上产生了很大的影响，此时，他的门徒任意引申他的观点，甚至把《圣经》中所记载的历史全部说成是象征性的。这种说法自然会引起争论。

欧洲学术的复兴 OUZHOU XUESHU DE FUXING

一块耕地如果几年不去耕种，就会变成杂草丛生的荒地，思想园地的耕作也同样如此。





柏拉图手稿（左）

在印刷术发明之前，抄写手稿是古希腊人传播其著述的唯一途径，中世纪时期发现的大量古希腊著作，都是以手稿形式得以保留，如图中所示。

星 盘（右）

在中世纪，最成熟的天文仪器，就是将天球坐标投影在平面上的星盘。在使用时，利用顶部的环将星盘竖直悬挂，以观测条瞄准一个天体，然后读出圆盘最外圈刻度所示的角度，测量出该天体的地平高度。

欧洲自吸收阿拉伯文化后，在学术研究方面就有了很大的进步。公元9、10世纪时，在东罗马帝国的君士坦丁堡，文化开始复兴。当时的国王君士坦丁七世在大力提倡学术与艺术的同时，还下令编纂百科全书式的著作。此时，经基辅公爵弗拉基米尔的劝诱，俄罗斯也变成了基督教国家，公元10世纪末，起源于东罗马拜占庭帝国的俄罗斯艺术开始形成。由于拜占庭帝国的文艺复兴，希腊的许多手稿才被人复制并得以保存下来。

我们在前面说过，萨勒诺在很早的时候就有一个世俗学问研究中心，其中，影响较大的是医学研究中心。而在北欧，查理大帝和阿尔弗烈德大帝经常奖励学者，这为学术活动的发展起到了极大的推动作用。公元999年，知识渊博的法国教育家和数学家盖尔贝特被选为教皇，这就是西尔维斯特二世。在盖尔贝特的著作中，记载着印度数字，算盘和星盘（一种测天仪器）。公元10世纪初，阿拉伯学术经列日和洛林传到法国、德国和英国。大约在公元1180年，在罗吉尔的领导下，北欧出现了一个阿拉伯学术中心。

随着教育的发展，原来的寺院和教堂学校已经不能满足人们的需要，于是，新的世俗学

校开始陆续出现，这些世俗学校后来发展成为现代大学。公元 1000 年左右，波伦亚已经恢复了对法律的研究，到了公元 12 世纪，除法律学校以外，波伦亚还建立了医学院和哲学学校。学校建立之初，一些外国学生为了免遭本地人的歧视就在学校成立了学生会。不久，学生会这种组织就被推广到所有的外国学生中去，到后来，本地学生也全部建立了学生会。这些学生会自己聘请教师，在很长的时间里，波伦亚大学一直都是学生的天下，因为，它的管理权一直操纵在学生手中。

在公元 12 世纪的最初 10 年，教师中有一些人在巴黎成立了一个加强教学管理的组织机构，不久，巴黎的这个教师组织便成为北欧以及英国大多数大学效仿的模式。因此，与波伦亚大学学生行使管理权相反，牛津大学和剑侨大学的管理权始终掌握在教师手中，但在苏格兰，大学校长还是通过选举产生，实际上，这也是学生行使管理权的一种变相形式。

早在加洛林王朝时代，学校的课程就已经有明确规定，即初等学校为文法、修词、辩论 3 科，高等学校为音乐、算术、几何学、天文学 4 科。音乐中包含着带有神秘性质的数的理论，几何学中只有欧几里得的一些没有经过证明的命题。算术和天文学能够受到重视，是因为它们可以教人计算复活节的日期，而这些全都是为研究神圣的神学作准备，在整个中世纪，这种学科分类法对各门学术都适用。后来，人们对哲学又产生了兴趣，因此又在学科分类中增加了哲学一科，但此时的哲学也只是逻辑辩论术中的一门高级课程而已。

柏拉图和亚里士多德之间关于“理式”或“共相”问题的论争，再一次出现在波菲利的著作和博埃修斯的注释中。不过，在中世纪，这些论争已经变成关于分类的问题了。怎样对事物进行分类呢？我们认为：个体是唯一的客观实在，而理念或共相只是人心中的一个概念。唯名论认为，理念或共相



索邦神学院

西欧中世纪大学基本上经由两条途径形成：一条途径是以学生团体为中心，吸引学者名家前来讲学，因而也发展成为大学；另一条是主教学校由于拥有著名的学者做教师，各地青年慕名而来，逐步发展成为大学。索邦神学院由罗贝尔·索邦在 1257 年建立，不久成为巴黎大学的中心机构。



彼特拉克的《胜利》

彼特拉克是“文艺复兴”的著名人物，人文主义的代表。他用人的眼光、世俗的眼光、现世的眼光去看待当时的社会，人们称他为“人文主义之父”。彼特拉克的寓意长诗《胜利》描写了诗人走向智慧的精神道路。

具有相当的独立实在性。亚里士多德认为，理念或共相依附于感官对象而存在。而柏拉图在他的唯实论中提出，理念或共相是脱离于个别事物的一种独立的实在。按照这些说法，我们可以举一个例子来分析，比如说，德谟克利特和苏格拉底，他们究竟是活生生的人呢，还是仅仅是一个名称呢？或者说，人本身是人的实在性的一个种类，只是在某个地方遇见某种形式，从而成为了德谟克利特或者苏格拉底。我们究竟应该相信哪一种说法呢？是柏拉图的“共相在物先”呢？还是亚里士多德的“共相在物里”呢？或者是柏拉图的“共相在物后”呢？

从科学的角度讲，我们比较认可阿基米得而不喜欢亚里士多德和柏拉图，亚里士多德和柏拉图的争论既愚蠢又令人讨厌，但要发掘那些久已尘封的，直到文艺复兴时期才萌芽的现代科学的种子，就不能不对他们的论争进行研究。若论这场论争对认识论的影响，即使是希腊人，也会认为它是非常重要的，而中世纪的人也在这里找到了与基督教义有关的所有问题。但唯一不能确定的是，当时的正统派究竟站在哪一边？

公元9世纪，沃里根的门徒伊里吉纳和约翰·斯科特提出了一个神秘主义的学说，他们认为，神是唯一的实在。在中古时代，这个学说是基督教信仰与希腊新柏拉图派哲学的相结合的产物。伊里吉纳提出：真哲学就是真宗教，真宗教也就是真哲学。伊里吉纳是一个实在论者，但他的唯实论融合了柏拉图和亚里士多德的观点。公元11世纪，唯实论与唯名论的争论日趋激烈。唯名论最早出现在柏朗加里斯土尔的著作中，稍后，唯名论也在洛色林的著作中出现。在威廉和安瑟伦时期，唯实论已成为正统观点，此后，一直流行了几百年。

但唯实论自身存在的缺陷，引起了许多派别无休止的辩论，最后造成经院辩论家在哲学上斗争了200年。法国人阿伯拉尔攻击他的老师威廉，并把威廉的学说修改成为与唯名论相似的一种学说。阿伯拉尔的唯名论没有洛色林的唯名论完整，但阿伯拉尔的哲学已经开始突破中世纪思想的教条框框。他主张对科学进行实证研究，比如，他提出“怀疑是走向研究的必经之路”，“只有通过研究才能接近真理”，“要树立信仰必须先了解信仰”。阿伯拉尔的这些话可以与教父哲学家德尔图良的“正因其荒谬而信仰”，以及安瑟伦的“为求知而信仰”相提并论。公元12世纪中叶，逻辑与哲学的辩论终于平息。50年后，人们又对古典文献发生了兴趣。



阿伯拉尔与埃罗伊兹

阿伯拉尔在哲学上既反对极端的实在论，又反对极端的唯名论，认为共相是存在于人心之中表示事物共性的概念。同时，阿伯拉尔无疑是中世纪哲学家中颇具传奇色彩的人物之一。他与埃罗伊兹不为当时的人们所认可的爱情，如今被人们广为称颂。

一些现代形而上学哲学家，他们对中世纪的哲学讨论依然抱有浓厚的兴趣，但他们关于物质和宇宙的一些基本观点，实在是荒谬而混乱。简单地说，他们把自然事件、道德真理和精神经验混为一谈，他们认为，终极的实在包含着这三个方面的内容。然而事实告诉我们，如果要想更加清楚地认识事物与事物之间的相互关系，就必须对自然事物进行单独的观察。

在解释世界的本质时，中世纪的哲学家把整个世界假想为大小两个宇宙。大宇宙就是天文学意义上的宇宙，小宇宙则是生活在社会中的人。他们认为，世界之外有一个活的灵魂，这个灵魂

就是新柏拉图主义所说的世界精神，这个世界精神存在于整个宇宙中并被神所操纵与控制。因此，世界物质基本元素的新陈代谢，也被神所控制。

宇宙假想说最早是在柏拉图的《蒂迈欧篇》中提出的，但也有个别的中世纪作家认为是亚历山大里亚的赫米斯提出的，但人们对这种说法表示怀疑。在中世纪的一些艺术作品中，宇宙假想说通常是以寓言的形式来表现。

在反映大宇宙的作品中，我们可以看见以下画面：地球是位于宇宙中央的球体，和谐而有秩序的物质的四元素，自亚当堕落以后便变得混乱无序了。地球分别被空气、以太和火等几层同心圈包围着，恒星、太阳与行星则分别位于不同的同心圈中。这些同心圈被4种天风挟持着运行，而这 4 种天风又分别与物质的 4 种元素和人的 4 种体液有关。宇宙中还有天堂和地狱，天堂就在最高的苍穹中，而地狱则在我们脚下的地球里。



将宇宙图表化

这是中世纪一幅关于宇宙的全景图。它将宇宙限定为一系列球体的组合，由上天的圣体加以保护。

在整个中世纪，宇宙假想说以及与宇宙假想说相类似的观点非常流行，经过文艺复兴运动后，这种观点依然存在，甚至，在现代的文学作品中还可以发现它的踪影。宇宙是由同心圈构成的观点，在中世纪已经变成了古典主义思想，经过但丁形象描绘后则流行更广。哥白尼虽然摧毁了它的理论基础，但不能铲除在民间流行的那些传说。即使今天，在某些历书的封面上，我们依然可以看见与此有关的一些图画。

我们还可以在犹太人的神智学中，发现与宇宙假想说大致相同的观点。犹太神智学宣称，自己发现了上帝启示亚当的秘传真理，并通过传说把秘传真理传给了后代，这种说法对后来的基督教产生了很大的影响。

在这里，需要解释的是，我们对中世纪的占星术、炼金术、巫术和神智学等的介绍，连十分之一的内容都不到，这使我们对中世纪的科学发展状况很难作出全面的认识。但应该知道，在当时，科学思想非常罕见，而且一般人也难以接受，零星的科学树苗，只能在条件恶劣的旷野密菁中生长，而不是像某些历史学家所想象的那样，生长在健康而安全的草原中。一块耕地如果几年不去耕种，就会变成杂草丛生的荒地，思想园地的耕作也同样如此，科学家要用 300 年的劳动，才能将杂草清除使之成为熟土。但是，如果毁灭哪怕很少的一部分人口，就会毁灭整个科学知识，使我们重新回到普遍信仰巫术、妖术和占星术的愚昧时代中去。

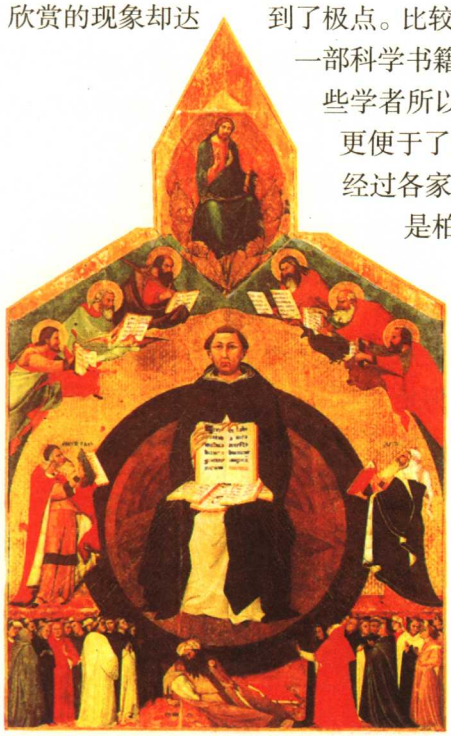
13世纪科学的任务

SHISAN SHIJI KEXUE DE RENWU

格罗塞特与罗吉尔·培根向人们介绍希腊书籍，其目的不在文学而在神学和哲学，他们希望以此作为打开圣经和亚里士多德原著宝库的钥匙。

黑暗时期的学术任务是把濒于灭绝的古代学术尽可能地挽救出来，以后几个世纪的任务则是熟习与吸收所重新发现的学术。中世纪初期在学术方面的主要成就，是把拉丁纲要的作者所保存下来的残存古代古典知识与早期教父们依照新柏拉图主义诠释的基督教信仰融合为一。我们可以看到，自公元9世纪以来，这个过程就在进行。可以说从那时起，中世纪的建设时期就开始了。

到12世纪时，从过去得来的双重遗产已经由中世纪的思想界加以考察、清理、吸收与改造了。此后哲学性的神学工作就暂时停顿下来，可是这个时期里，把古典书籍当做文学来欣赏的现象却达到了极点。比较高深的亚里士多德著作，没有一部是完整的，因此没有一部科学书籍落到当时学者手中，来打扰他们偏重于文学的观点。这些学者所以留心典籍，本来只是一种治学的别径，或者只是为了更便于了解圣经的语言和神父的著作。虽然亚里士多德的著作，经过各家注释未尝没有间接的影响，但当时流行的神学态度仍然是柏拉图派或新柏拉图与奥古斯丁派的态度，是唯心主义的和神秘的，而不是理性的和哲学的。



但在13世纪，人们的思想发生了一个重大的变化，这个变化是与当时的人道运动同时发生的，也许这二者之间具有一定的联系。为了满足人们不断增长的对世俗知识的需求，希腊书籍被大量地翻译成拉丁语，最初是翻译阿拉伯语著作，后来直接翻译希腊语著作。不过，有许多情况我们至今还没有完全弄清

圣托马斯·阿奎那

圣托马斯·阿奎那被认为是最伟大的经院哲学家。他是最早将亚里士多德的理论引进基督教思想的哲学家之一。在所有教授哲学的天主教文教机关中，他的体系是作为必须的、唯一正确的体系来讲授的。

楚，因为，我们对阿拉伯科学文献的了解非常片面，哪怕就是现存这极少的一部分科学文献，我们也知之甚少，因此，在这些翻译作品中，我们还分辨不出哪些科学内容是阿拉伯人增加进去的。

在西班牙，人们认为，把阿拉伯语翻译成拉丁语是一件有意义的事。从公元 1125 年到公元 1280 年，许多人都参与了这项翻译工作，并乐此不疲。正是因为他们的辛勤劳动，后来的人才能够了解和认识亚里士多德、托勒密、欧几里得等希腊哲学家，才能够阅读阿拉伯的天文学著作和数学著作，当然，还有一大堆的有关占星术的书籍。

除西班牙之外，在翻译希腊著作方面发挥出重要作用的是意大利南部与西西里。在这两个地区，有不少著作是直接用阿拉伯语和希腊语翻译过来的，因这两个地区一直与君士坦丁堡有外交和商务关系，许多阿拉伯人和希腊人也长期居住在此。在这里，人们发现了几本医学书籍，一本地理著作和地图，还发现了托勒密的《光学》，亚里士多德的《动物学》、《形而上学》和《物理学》。

当时的科学文献通用语言是阿拉伯语，从阿拉伯语翻译的书籍，即使作者是希腊人，也能受到足够的尊重。在那个时期，说阿拉伯语的民族以及杂居其间的犹太人对科学都非常感兴趣。在中世纪，正是欧洲与伊斯兰教国家的接触，才改变了西方人过去对阿拉伯人的看法。

最大的变化发生在亚里士多德的著作被人们重新发现的那个时期。大约在公元 1200 年到公元 1225 年之间，人们发现了亚里士多德的全集，与其他希腊著作一样，亚里士多德的著作最先是被翻译成阿拉伯语，然后再翻译成希腊语。在用希腊语进行翻译时，最出色的一个学者是格罗塞特。格罗塞特是牛津的校董、林肯区的主教。他曾写过一篇有关彗星以及有关彗星形成原因的论文。格罗塞特邀请希腊人到英国来讲学，格罗塞特的门徒、方济各会修士罗吉尔·培根还写了一部希腊语法。格罗塞特与罗吉尔·培根向人们介绍希腊书籍，其目的不在文学而在神学和哲学，他们希望以此作为打开圣经和亚里士多德原著宝库的钥匙。

但没有多久，这些新知识便对当时的争论产生了很大影响。此时，唯实论依然存在，但同以前相比已经发生了一些变化。人们发现，经过亚里士多德修改后的唯实论，可以用心理学的术语来加以表述，使其接近于唯名论。亚里士多德为中世纪的思想界打开了一个新窗口。他的一般观点不但更加富于理性，而且更科学，与历来充任古代哲学代表的新柏拉图主义有很大的区别。他知识非常广泛，不管是在哲学方面还







中世纪的修士们

柏拉图的认知理论中，充斥着亚里士多德没有的强烈的感情色彩，他的著作突出对感官和知觉的介绍与描述。在柏拉图主义中，依靠哲学力量使灵魂得以解脱的论述，极大地影响了基督神学体系，并以此教诲着教会的修士们。



阿尔伯特

有人认为阿尔伯特是中世纪时期德国最伟大的哲学家和神学家。他提倡神学与科学和平并存，也是首位将亚里士多德的学说与基督教哲学综合到一起的中世纪学者。但其著作偏重于哲学，对神学的理论比较少。



托勒密

托勒密于公元2世纪，提出了自己的宇宙结构学说，即“地心说”。他一生主要有两部巨著，《天文学大成》与八卷本的《地理学指南》。

是自然科学方面，都是无人企及的。

要吸收这些新知识并使其合于中世纪的基督教思想，是一件很不容易的工作，人们在从事这个工作时也不可能没有疑惧。当时，人们已经深信教会作为上天的接受者与解释者，教会是至高无上的，而代表世俗学问的神秘的新柏拉图主义则是与天象相符合的。因此，要接受新发现的亚里士多德的著作以及这些著作里包含的科学的或准科学的知识，并且把这些知识与基督教教义结合起来，就必须在学术上进行大胆创新。在刚开始研究亚里士多德的时候，一时发生惊慌，是不足为奇的。起初，亚里士多德的著作，是经过阿拉伯的途径传到西方的。在这个途径中，他的哲学和阿维罗伊派的倾向混合起来，结果成了神秘的异端。公元1209年，巴黎的大主教管区会议禁止亚里士多德的著作，事隔不久，又再一次加以禁止。但是，在公元1225年，巴黎大学就正式把亚里士多德的著作列到必读书籍的目录里去了。

这个时期，全力介绍亚里士多德著作的学者是科隆的阿尔伯特。阿尔伯特也是中世纪里最富有科学思想的学者。他把亚里士多德、阿拉伯和犹太诸要素组成一个整体，这个整体包括了当时的天文学、地理学、植物学、动物学、医学等各种知识。

从阿尔伯特讲授胚胎学的情况，可以发现当时的思想倾向。亚里士多德认为，一个生物胚胎的形成，是母体给它形，父体给它质。中世纪的心理注重事物的价值，因而断定男质特别贵重，后来竟将胚胎学看成是一种神学，于是，灵魂何时进入胎中，就成了头等重要的问题。

阿尔伯特的工作，一方面表现出他与那些方济各会的修士、格罗塞特斯以及培根有着密切的关系，另一方面也引导他的门徒圣托马斯·阿奎那形成系统的哲学。虽然阿奎那的头脑不像阿尔伯特那样富于科学精神，可是在哲学史及科学起源方面他却十分重要。他继承阿尔伯特的工作，把当时知识的宝藏，不管是神圣的还是世俗的，一律加以理性的解释，这样的解释激发了人们对知识的兴趣，并使人们感觉宇宙似乎是可以理解的。

阿尔伯特与阿奎那共同促成了一场思想革命，特别是宗教思想的革命。从柏拉图经过新柏拉图主义再到奥古斯丁，人们一向认为，人是思想着的灵魂与活着的肉体的混合物，其中两者各自形成一个完整的实体。上帝在每个灵魂里植上一些天赋的观念，其中便有神的观念。这种说法很容易使人相信个人灵魂是不死的，人是可以直接与上帝交往的。

但是，关于人的认识问题，亚里士多德则提出了一种与众不同的理论。亚里士多德认为，肉体或灵魂都不能单独成为一个完整的实体，人只能看做是两者的复合体。观念也不是天赋



神与数学逻辑的关系
戈雅　油画　18 世纪

柏拉图在阐述神如何创作灵魂的结构时，使用了他所喜爱的数理理论。他认为，神把做成的灵魂体系按照长度分割。画面描绘的是上帝对人类死亡后的灵魂进行审判的场景。

的，而是按照几个不证自明的原则如因果原则，根据感官材料建立起来的。对于上帝的认识，不是天赋的，必须通过理性的和辛苦的推理方能达到。亚里士多德的体系，虽然在解释宗教问题的时候有种种困难，可是对于外部世界却作出了比较好的解释，因此阿尔伯特与阿奎那接受了它，托马斯更是巧妙地将它与基督教教义结合在一起。

不过，亚里士多德的哲学，虽然同柏拉图的哲学比起来要合乎科学一些，可是与文艺复兴时代的新知识仍然是抵触的，因此当他的著作被人接受、成为权威的时候，它们就在许多年代中阻挡了科学思想从神学桎梏下解放出来，而学院的世俗学术和罗马教会之所以都对初期的现代科学抱着敌视态度，其原因就是圣托马斯推行亚里士多德主义。

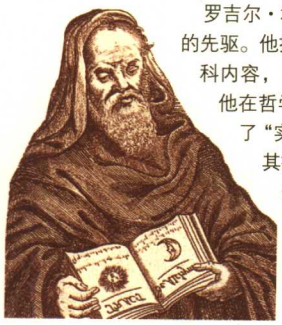
罗吉尔·培根 LUOJIER PEIGEN

发生在13世纪末的哲学界革命，使经院哲学的时代一去不复返，历史掀开了新的一页。



希波克拉底

罗吉尔·培根主张观察和实验才是获得真知的唯一方法，因此他的科学研究具有朴素的唯物主义色彩。在其之前，古希腊科学家希波克拉底也提出过以观察为主要依据的研究方法。



罗吉尔·培根

罗吉尔·培根是近代实验科学的先驱。他提出要改革哲学的学科内容，以适应现实的需要。他在哲学的学科组成中提出了“实验科学”的新学科。其提出的新学科由五部分组成，即数学、语言学、透视学、实验科学和伦理学，体现了他提倡的科学理性精神。

13世纪既产生了成果辉煌的经院哲学大师托马斯·阿奎，也产生了悲剧人物罗吉尔·培根。据资料记载，在13世纪的欧洲哲学家中，只有罗吉尔·培根一个人的思想与阿拉伯文化和文艺复兴思想最为相似。罗吉尔·培根的悲剧，一方面是因为他的学术思想受当时的环境局限所致，另一方面则是因为教会权威对他的迫害而造成。

公元1210年，罗吉尔·培根出生于英国伊尔彻斯特的一个富裕家庭。在牛津大学学习期间，有两个安格鲁人对罗吉尔·培根影响很大。这两个安格鲁人，一个是数学家亚当·马什，一个是当时的牛津大学校长、后来任林肯郡主教的罗伯特·格罗塞特。培根曾这样说过：“如果世上只有一个人了解科学，那么，这个人一定就是林肯郡的主教”。培根还说过：“在我们这个时代，林肯郡前任主教罗伯特爵士和修士亚当·马尔什，他们都是无所不知的人”。

在13世纪的英国以及西欧，格罗塞特是从东方邀请来教授希腊古文的第一个希腊人。当时的君士坦丁堡，仍然有人在阅读希腊古文著作。培根也知道，希腊古文在研究亚里士多德原著和《新约》中具有非常重要的作用，因此，培根编辑了一部希腊语语法。他经常这样说：当代的博士之所以在神学和哲学上经常遭受失败，其原因就是他们不懂希腊原文。培根还指出，神父们改动他们的译文，是为了迎合当时的社会偏见，由于对原作进行窜改，加上粗疏无知，原著被改得面目全非。实际上，这就是最早的翻译批评理论。值得注意的是，培根本人还是

方济各会的一名修士。

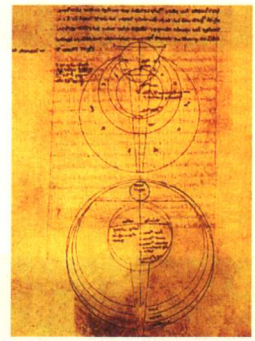
培根的成就远远高于与他同时代的哲学家，也远远高于整个中世纪的欧洲哲学家，这是因为，培根知道，只有用实验的方法才能增加科学的确实性。这是认识论上具有革命性意义的一次变革，只有在详细研究当代其他著作之后，才能充分领会这种革命性变革的意义。培根博览群书，阿拉伯书籍、希腊书籍无所不读，但他并不是从圣经、神父、阿拉伯人或亚里士多德那里把自然知识照搬过来就算完事。他还谆谆告诫人们：证明前人的说法是否正确，唯一的方法是，对这个事物进行观察与实验。在这里，罗吉尔·培根的理论又成为另一个培根的理论的先声，这一个培根的名气比罗吉尔·培根的名气更大，这人就是英国的国务大臣弗兰西斯·培根。弗兰西斯·培根比罗吉尔·培根晚出生350年，弗兰西斯·培根好像继承了他的前辈罗吉尔·培根的某些观点。例如，罗吉尔·培根认为，产生错误的原因有4个方面，即过度崇拜权威、习惯、偏见、自负，这个说法同弗兰西斯·培根的四偶像说非常相似，这难道是巧合？



培根的研究　镶嵌画

作为中世纪时期最著名的科学家和哲学家，培根长期在牛津大学从事科学研究，其最重要的贡献是对实验科学的研究，这些成果已经达到近代科学的要求。这幅镶嵌画把罗吉尔·培根的所有研究和涉猎对象都囊括起来了，包括天象、闪电、炼金术、火药、显微观察等等。

虽然在著作中竭力主张观察和实验，但除了在光学方面外，罗吉尔·培根本人并没有做过更多实验。他在光学实验上花费了很多财力和精力，但收效甚微。他在巴黎学习了几年，取得博士学位后他又回到了牛津。但没多久，因他的理论遭到教会的反对他又被遣回巴黎。在巴黎，他所在的教会对他严加看管，并严格禁止他写作或发表言论。但在这个时候，有一个人的出现，给罗吉尔·培根的生活带来了转机。



光在眼中的折射图

罗吉尔·培根通过研究光在眼睛中的折射规律，发现了凸透镜对恢复人的视力有着重要作用，他的这项成果促进了眼镜的诞生。

这个人名叫吉·德·富克，是一位开明的法律家和政治家，他对培根在巴黎的生活状况很感兴趣。后来，吉·德·富克被推举为教皇，并改名叫克力门四世。培根向克力门教皇写信，要求他准许自己写作。克力门教皇不顾教会的禁令和章程，答应了培根的请求，并要求培根把他的研究成果写出来。但不知什么原因，克力门教皇还命令培根保守秘密。由于不能公开写作，增加了培根的困难。作为一名修士，罗吉尔·培根自然没有钱，于是，他只好向朋友借贷，通过努力，最后终于凑足了购买写作材料的费用。经过18个月的辛勤工作，在公元1267年，罗吉尔·培根将他已经完稿的3部著作送给了克力门教皇。这3部著作，分别叫《大著作》、《小著作》和《第三著作》。在《大著作》中，罗吉尔·培根将自己的理论学说作了详细阐述，《小著作》是一种概要，《第三著作》是前两部著作的合集，这是培根担心前两部著作遗失而补送的。据我们所知，培根的主要成就也就是这几部著作，虽然他还有一些其他著作，但那

些始终是手稿。

但事隔不久，克力门教皇就死了，于是，培根也失去了保护。公元1277年，原任方济各会会督杰罗姆被推任为教皇，这就是尼古拉斯四世。尼古拉斯四世将培根定罪并投进监禁，并不许培根申诉。直到公元1292年尼古拉斯死后，培根才重新获得自由。在出狱那年，培根写了一本名叫《神学概要》的小册子，但自此之后，这位伟大修士就失去踪影。

培根虽然比同时代的人眼光敏锐，但他毕竟生活在中世纪，因此，他的大部分思想意识还是中世纪的。不管培根愿意不愿意，他总是当时思想理论队伍中的一分子，只不过，他可能比这支理论队伍走得稍微远一点。同中世纪的其他思想家一样，培根也认为宇宙四周围绕着天球，大地是宇宙的中心。培根接受了基督教神学的整个体系，承认圣经的绝对权威。尤为严重的是，虽然在某些方面对经院哲学进行猛烈地攻击，但他却赞同经院哲学这样的一个观点，即：所有科学和哲学的目的，都是为了解释与装饰至高无上的神学，培根著作中的某些逻辑错误就是由此产生的。培根虽然竭力挣扎，但怎么也摆脱不了中世纪的思维习惯。

彩 虹

罗吉尔·培根在物理学方面，特别是对于光学的研究极为深刻，他通过实验研究了凸透镜的放大效果以及光的反向和折射规律，证明了彩虹是太阳光照射空气中的水珠而形成的自然现象。



新事物的发现 油画

早期科学所显现的新动力吸引了人们的注意，这对科学、文化的发展起到了极大的推动作用，画面中的人物似乎被科学所展示出的魔力所吸引。而培根更是在其著作中大胆设想了众多的科学产物。



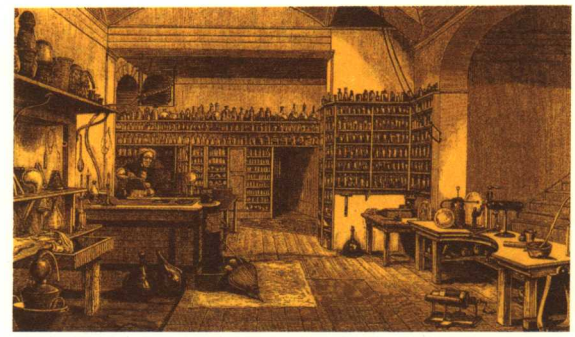
培根的远见之一，就是他提出了学习数学的重要性。当时，社会上已经出现了阿拉伯数学论著的译作，在这些阿拉伯数学论著中，有许多将数学应用于占星术的例子。占星术是宿命论的一种表现形式，它与基督教的自由意志论是不相容的，并且，研究数学和占星术的大多都是伊斯兰教徒或犹太人，因此，数学和占星术这两种学科的名声都不好，通常被人同“黑术”相联系。但培根凭着他的自信和勇气，宣告数学和光学是其他学科的基础。培根说，这两种科学都是林肯郡主教罗伯特·格罗塞特所了解的。培根认为当时的历法有误差，因为，使用这个历法，每隔130年就会多出一天。培根还把当时已经知道的世界各国作了详细介绍，并估量过世界的大小。培根赞成大地是球体的说法，这个观点对后来的哥伦布影响很大。

培根对光学特别感兴趣，这也许是受阿拉伯物理学家伊本·阿尔·黑森

影响的缘故。在光学中，他提出了光的反射定律并对光的折射现象作了解释。培根对反射镜、透镜非常熟悉并以此推广到望远镜，但他并没有亲自制造出望远镜。培根还对当时医学上的一些荒谬观点进行了批驳。

培根对机械发明也有许多介绍，这些机械发明，有些是他亲眼见过的，有些是将来可能发明的，如用机械作动力的车船和可以飞行的机器等。培根还提到了魔术镜、取火镜、火药、希腊火、磁石、人造金、点金石等，在这些介绍中，既有真实的事实，也有预言，还有来自于道听途说的故事。在《炼金术之镜》一文中，培根仍坚持亚历山大里亚派的学说，认为任何事物都是不断地走向完善。

我们在评价培根的成就时，有一个问题必须注意，如果克力门教皇不准培根著书，培根的事迹就只能通过民间的传说来知晓了。我们可以断定，在当时除培根而外，还有其他的人也对同样的问题感兴趣，只是他们没有留下相关的著作我们无从知道罢了。事实上，培根在自己的著作中对此类事情已经有所反映。培根曾这样说过："当代只有两位优秀的数学家，一位是伦敦的约翰先生，另一位是皮卡人彼得先生"。培根在讨论实验科学时，还多次提到彼得先生。



科学实验

罗吉尔·培根积极主张并且从事科学实验活动，认为观察和实验才是获得真知的唯一方法。从他开始，实验科学开始逐渐发展起来，并很快成为科学研究的重要方面。图中是正在专注于实验的科学家。



占星术

在西方，中世纪时期的一些君王把占星学家视为高参，往往请他们根据星象占卜来确定重大政治事件的决策。随后，占星术逐渐发展到对个人命运与日常事物的预卜。由于占星术是依据天象来进行，因此对古代天文学的发展也有一定的促进作用。

培根说，有一门科学，它比其他任何一门科学都完善，如果要证明其他科学，就必须用这门科学，这门科学就是实验科学。实验科学胜过任何一门依靠论证的科学，因为，无论推理多么有力，单凭论证是不可能为科学提供真实依据的，除非用实验来证明它们的结论。只有实验科学才能告诉我们；自然可以形成什么结局、人工可以造成什么效果、欺骗又可以造成什么后果。实验科学可以教会我们，如何去识别魔术家的障眼法，这正如可以用逻辑来检验论证一样。不过，这种实验方法，除了彼得先生以外其他人都不会运用，因此，彼得先生称得上是真正的实验大师，但彼得先生不愿发表他的研究成果，也不在乎由此带来的名誉与财富。

不管培根所说的是否确有其事或确有其人，但有一个问题是清楚的，即培根本人是一位科学家和哲学家。由于他的思想超前，因而常常同时代的局限性发生冲突，这就像他常常与外界障碍发生冲突一样。培根是实验科学的先锋，索默塞特、牛津甚至英国可以因为培育了培根而自豪。

经院哲学的衰落 JINGYUAN ZHEXUE DE SHUAILUO

发生在13世纪末的哲学界革命，使经院哲学的时代一去不复返，历史掀开了新的一页。

以现代人的观点看，罗吉尔·培根对经院哲学的批评，无疑是具有一定积极意义的，但由于它同当时的时代精神格格不入，因此没有引起人们的足够注意。

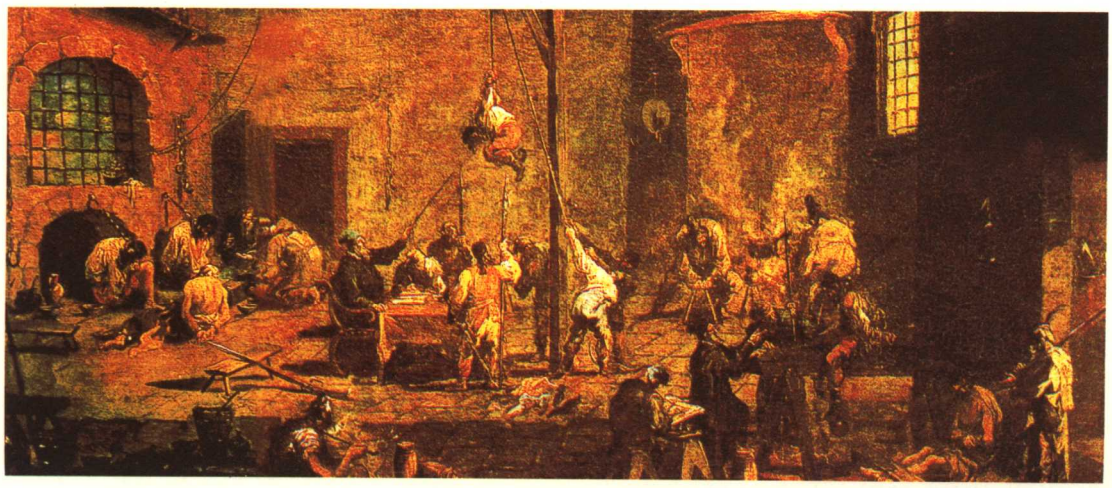
给予经院哲学毁灭性打击的是哲学界的革命。这场革命开始于13世纪末期，其代表人物有邓斯·司各脱，威廉·奥卡姆。邓斯·司各脱曾在伦敦和巴黎教书，他是最早对经院哲学提出批评的哲学家。邓斯·司各脱认为，自由意志是人的基本属性，其地位应该高于理性。后来，人们把邓斯·司各脱的学说看成是哲学与宗教融合的产物。要想将哲学从“神学的婢女”中解放出来，并使之与实验结合而形成科学，这种融合就是一个必须经历的阶段。13世纪末14世纪初，托马斯派和司各脱派分别控制了哲学与神学，在神学方面，一个反抗权威的运动也开始在意大利出现。

萨里人威廉·奥卡姆否认神学教义可以用理性来证明，他将教会教义中不合理的地方一一列举并逐条批驳，他抨击教皇至高无上的权利，并领导方济各会的修士集体反抗教皇

挑战宗教的方济各会

方济各会广泛活跃于13世纪法国巴黎社会，他们挑战宗教正统权威，遭到经院哲学家的痛恨。

这幅绘画表现了方济各会的成员因为思想异端而被投入监狱、遭受迫害的情景。



约翰二十二世，他著文反对经院哲学，教会认为是异端邪说而把他监禁在法国阿维尼翁监狱。后来，他逃出监狱，在巴瓦里亚路易皇帝的庇护下，一直坚持同教皇进行斗争。

当时，经院哲学推行唯实论，唯实论派为了从普遍引出个别，他们不断地在抽象概念中绕圈子。对这种把简单问题复杂化的做法，奥卡姆发表论著并用他的有名警句即“奥卡姆的剃刀”对唯实论进行批判。公元 1350 年，巴黎的让·布里丹提出新唯名论。新唯名论认为，个体是唯一的实在，而普遍概念只不过是一种名称而已，新唯名论使人们开始重视直接的感官知觉对象，它打破了人们对抽象观念的信仰，也促进了人们对事物进行直接的观察和实验，在此基础上，形成了归纳研究。

新唯名论一出现，便遭到了教会的反对与禁止，巴黎大学对奥卡姆的论著进行批驳，直到公元 1473 年，教会还在强制推行唯实论。但是，唯名论以不可阻挡之势四处蔓延。几年以后，那些反对言论便销声匿迹了，许多大学校长、包括教会主教都成了唯名论者，马丁·路德的宗教改革理论有很多内容也都来自奥卡姆的论著。不过，在经历了长期的斗争后，罗马还是推行修改后的亚里士多德的唯实论。公元 1879 年，教皇列奥十三世发布命令，将圣托马斯·阿奎那的学说定为罗马的法定哲学。

奥卡姆论著的出现，标志着经院哲学独霸中世纪的局面已经结束。自此之后，哲学就可以在一种自由而宽松的气氛下进行探讨，不一定非要达到神学所指定的结论。同时，宗教也暂时摆脱了唯理论，开始向情感和神秘方面发展。因此，在公元 14、15 世纪，一种新神秘主义和各种类型的宗教经验便开始出现。至今，这些宗教经验仍然具有一定的价值。



女士与独角兽

12 世纪，英国威廉·奥卡姆主张唯名论，只承认确实存在的东西，认为那些空洞无物的普遍性概念都是无用的累赘，应当被无情地“剃除”。这一思想被称为“奥卡姆剃刀”。但正如图中的独角兽，如果不存在的话，又怎么可能有意义？这个微不足道的例子，揭示出困扰着哲学家们的一个基本问题，即本质与存在的关系。



经院里的地理学家

经院哲学固定在正统教义范围内。一个经院哲学家，当他的观点受到宗教会议的谴责，常常会撤回其观点。

在推翻经院哲学的斗争中还有一位著名教士，这就是库萨的尼古拉主教。尼古拉认为，人类的一切知识都不过是一种猜测而已，人们可以凭着自己的直觉去领会神的意图，而神也存在于一切事物中。尼古拉主教的这种观点后来演变成了一种泛神论并为布鲁诺所采纳。

不管尼古拉主教对知识的看法是否正确，他在数学和物理学方面的贡献则非常显著。他用天平证明了植物可以从空气里吸取灰尘。他还提议修改历法，并努力尝试把圆化为面积相等的正方形。他抛弃了托勒密体系，赞同地球自转的学说，成为了哥白尼的先驱。尼古拉、布鲁诺以及天文学家诺瓦腊都一致认为，运动是相对的，而数是绝对的，这个理论在哲学上为哥白尼铺平了道路。公元13世纪，威尼斯的马可·波罗在亚洲内陆的旅行，也给人们带来了许多地理知识。

中世纪的历史任务已经完成，这为以人文主义、艺术、自然科学为中心的文艺复兴运动铺平了发展的道路，经院哲学的时代已是一去不复返，历史掀开了新的一页。

在历史学家眼中，中世纪孕育了现代社会，而阿拉伯学派在保存希腊文化的基础上，在自然知识方面还作出了不少独创性的贡献。在阿拉伯和西欧，实用技术有了缓慢发展，12世纪之后，有人开始使用蒸馏。公元1300年，用于制造眼镜的凸透镜问世，200年后又有了凹透镜。工业方面，发明了化学试剂如硫酸和硝酸，但系统的实验科学却没有实质性的进展。可以这样说，在罗吉尔·培根提出实验科学以前，西方学术界根本就没有自己的实验科学。中世纪晚期涌现出了几位数学家，其中著名的有斯杯因谢德和霍耳布鲁克。研究欧洲中世纪的思想史是一件非常有趣的事，它可以追溯人类的心理态度怎样从一种状态转到另外一个状态，以致科学从哲学中自然而然地产生出来。

航海大发现

15到16世纪的航海大发现，对整个世界的发展起到了推动作用，使科学和技术取得了长足的进步。



马可·波罗旅行队

图为1375年的罗尼亚语地图，图中描绘了马可·波罗的“丝绸之路”旅行队。马可·波罗的东方游记在西方世界引起轰动，激起了欧洲人对东方的热烈向往，对以后新航路的开辟产生了巨大的影响。同时，西方地理学家还根据书中的描述，绘制了早期的“世界地图”。



经院哲学主要是解释世界，创造性的实验和研究与他们的观念不合。但他们有着理性唯知主义的特点，提出并发展了对逻辑的分析。他们的神与世界是可知的假设，增强了西欧学者认识自然界的信心，如果没有这种信心，也就没有人去从事科学研究了。文艺复兴时期的人，一旦摆脱了经院哲学权威的桎梏，就能够吸取经院哲学的方法和教训。这些人本着自然界是可以认知的信念，他们对世界进行观察，用归纳的方法作出假设来解释他们的观察结果，用逻辑推理演绎出推论，然后用实验去进行检验。经院哲学造就了他们，但经院哲学也毁于这

些人之手。

从某种意义说，我们只分析了基督教中世纪的消极方面，而科学研究必须分析特殊的思想领域。我们只是对欧洲各国在中世纪的形成和巩固作了粗略的考察，但对中世纪在文学和艺术上的惊人成就根本就没有进行分析。在我们看来，《罗兰之歌》只是文学的民族化，后来的骑士文学和浪漫文学我们则只字未提。但丁的《神曲》，除了诗句中隐藏着托马斯·阿奎那的思想外，在其他方面则没有什么新内容。对我们而言，教堂在建筑方面所取得的成就，只不过是建筑技术高超的一个实例。即使是中世纪的宗教，虽然与哲学比较接近，但在本质上，它同我们的研究也是毫不相干的。中世纪宗教对上帝的信仰，以及它给全人类的受苦人群带来的福音，都不在我们的考察之列。还有，猜疑的裁判官圣伯纳德，但阿西西的圣方济各会，以及那些可爱、欢乐而单纯的人物，都不会在我们的篇幅中出现。





《罗兰之歌》插页（左）

作为中世纪的文学作品，《罗兰之歌》的传说成分较大，宗教色彩较浓。其内容讴歌了骑士的勋业和真诚的爱情，以悲壮的情节，感动了当时的欧洲人。

但 丁（右）　油画　18 世纪

但丁是中世纪后期最重要的诗人。他对亚里士多德评价很高，认为在基督教未涉及的问题上，亚里士多德是最终的权威。长篇叙事诗《神曲》，是但丁在流亡中写成的一部不朽名著。作品中充满隐喻性、象征性，同时又洋溢着鲜明的现实性、倾向性。体现出文艺复兴时期的思想特征。

MER DE FRAN CE:
MER DESPAIGNE:
MER OCCIANE:
DE CANCER
AMERI QVE
MER DES ENTILES:
LA LIGNE:
LA ZONA TORRIDA:
RIQVE
TROPI QVE
DE:
MER AVSTRALLE:
LA TERRE:



第 3 章

文艺复兴

文艺复兴不仅仅局限于文学，它是由各种因素组合而成的一次前所未有的知识发酵，而文学是其中最早的并且是最重要的一个因素。在文艺复兴的先驱者身上，我们看到了一种与中世纪经院哲学迥然不同的精神。事实上，文艺复兴力图要恢复的是古典思想中理想自由的真精神。

美洲大西洋海岸图

中古时期西方的科学技术与世界其他地区相比，显得黯淡无光。蔑视众生的基督教会傲慢地自信拥有无所不包的真理，也敌视一切凭藉理性之光来探索自然知识的人。但是，由于重新研究古籍，16、17 世纪的人们逐渐产生了独立观察的兴趣，并取代了习惯上对权威和书本的信赖。这一时期，西方地理学和航海术、探险术方面也取得了重大突破，地球上一些未知的地方被发现，文明的版图扩展了许多。图为 1550 年法国出版的《航海指南图集》中的大西洋海岸图，新的知识让欧洲人从全新的角度来看待他们与世界的关系。

文艺复兴的起源 WENYI FUXING DE QIYUAN

经院哲学的衰退，使西欧的学术运动陷入了一个停滞时期。但各种思想的涓涓细流依然在流淌，当人类这些思想的涓涓细流汇聚在一起的时候，就形成了汹涌澎湃的文艺复兴洪流。

13世纪以后，西欧的学术运动陷入了一个停滞时期。黑死病、百年战争带来的社会动乱和经济萧条，使人们在失去安定生活的同时，也失去了从事学术研究的条件。此时，一度把经院哲学推向巅峰的思想运动，也呈现出衰竭之势。

虽然社会出现动乱，但人类的学术思想仍处于一个不断发展变化的过程中。在这个过渡时期，我们可以发现各种思想的涓涓细流依然在流淌，当人类这些涓涓细流汇聚在一起的时候，就形成了汹涌澎湃的文艺复兴洪流。我们在前面讲过，由于受邓斯·司各脱和威廉·奥卡姆哲学的冲击，经院哲学已开始逐渐解体，而奥卡姆从教皇的监狱出逃，投奔在巴瓦里亚路易皇帝麾下，这意味着教会的权力已受到严重的挑战，同时，民族的权力也已经冲破了教会大一统主义的藩篱而逐渐确立起来。

彼特拉克

著名诗人和学者彼特拉克（1304–1374年），是人文主义的奠基者。他是最早建立个人图书馆并努力接触古典哲学和科学的人之一。



文艺复兴运动首先出现在意大利，也许，这是因为在罗马古建筑遗迹中生活的人容易对古籍产生感情。在意大利北部，一个强悍的北方部族在此建立了殖民地后变成了上层阶级。在意大利城邦内战时期，这个阶级的贵族虽然元气大伤，但它并没有因为内战而消亡。可能在其他城邦，北方种族更加纯正，因此，如果要分析意大利在学术上先进的原因，我们就应该到另外的地方去寻找。公元13世纪，方济各会的修士塞利姆本为我们提供了一条线索。塞利姆本说，意大利与其他国家有一个非常重要的区别，那就是：在阿尔卑斯山以北的地区，贵族都住在他们自己的庄园里，只有城市的平民才在城里居住。但在意大利，上层阶级却住在城里，他们的大部分时间也是在城里度过的。

庄园的主人常住在他们自己的领地上，这虽然有利于乡村的发展，但在交通不便的时代，乡居生活不能为人们提供更多的交流思想的机会，也不利于智慧的发展与创造。但在



文艺复兴时期的佛罗伦萨

14 世纪，以大商人、工场主和银行家为首的新兴资产阶级掌握了佛罗伦萨的政权，这里逐渐成为新文化运动的中心，出现了但丁、彼特拉克等文艺复兴的先驱，从而揭开了欧洲文艺复兴的序幕。

意大利北部，由于有闲的智识阶级都生活在城市，这就为文艺复兴运动的诞生提供了一个理想的环境。

文艺复兴不仅仅局限于文学，它是由各种因素组合而成的一次前所未有的知识发酵，但文学是最早并且是最重要的一个因素。在文艺复兴的先驱者彼特拉克身上，我们看见了一种与中世纪经院哲学迥然不同的精神。彼特拉克主张恢复古典拉丁语，并用古典拉丁语来代替经院哲学派的非正规拉丁语。事实上，彼特拉克力图要恢复的是古典思想中理想自由的真精神。

黑死病

在 14 世纪中期，欧洲受到一场毁灭性的瘟疫侵袭，即一般人所称的“黑死病”。它所带来的灾难和引起的恐慌充分暴露出教会的无能，这对基督教造成了极大的冲击。



彼特拉克的思想走在了时代的前面。公元 15 世纪初，人们对古典文献的兴趣越来越浓厚。许多希腊人从东方来到意大利，这些希腊人能用现代语教授古语。公元 1453 年，土耳其人占领君士坦丁堡后，学习古籍已经蔚然成风，许多优秀的希腊教师带着手稿，来到他们在意大利的新家。此时，搜集古籍手稿已成为一种时尚，在意大利和北欧，礼拜堂与修道院的图书馆已被搜掠一空。一些富商贵族责令他们的代理人，不惜花重金来收购那些藏在东方或从君士坦丁堡流失出去的希腊书籍。就这样，古代的哲学和科学，在经过八九百年的沉寂之后，又重新热闹起来。

实际上，比古典语言更重要的是这种语言中所蕴含着的自由探讨的精神，以及在以后的几百年时间中，这种精神给欧洲带来的从事各种科学研究的动力。在当时，虽然人们仍习惯于在宗教的权威下进行思维，在世俗文化方面也比较容易服从权威，但人文主义者毕竟为后来的科学发展铺平了道路，并且在很大程度上开扩了人们的眼界。只有视野开阔了，才有可能建立新的科学。如果没有这些人文主义者的努力探索，后来的人就很难摆脱神学思想的束缚，没有他们，也许就无法克服来自外界的阻力。

人文主义思想是通过那些在意大利学习的人带到北欧的。最早把人文主义思想带到北欧的是约翰·弥勒，约翰·弥勒是哥尼斯堡人，他生活在公元1436到公元1476年之间，后来人们称他为雷纪奥蒙塔拉斯。是约翰·弥勒首先把科学与人文主义相结合，他把托勒密以及其他的希腊著作翻译成拉丁语。公元1471年，他在纽伦堡建了一座观象台，另外，他还制造了用简单机械作动力的计时钟和几台天文仪器。他制作的天文年历后来发展演变成为现代的航海年鉴，西班牙和葡萄牙的探险家曾把约翰·弥勒制作的天文年历作为探险的必备工具。在英国威尔斯和奥特里·圣马利的教堂里，至今还保存着几台中世纪的计时钟。

德国的文艺复兴通过研究《圣经》，促成了宗教的改革。在学术上，德国有自己的情趣和追求，他们既没有接受意大利人的自我修养理想，也没有采纳意大利人那高雅的异教精神。而法国与意大利的精神比较一致，因此，那里的文艺复兴运动比条顿国家更富于人文主义色彩。

在北欧，文艺复兴的重要人物是爱拉斯谟。爱拉斯谟生于鹿特丹。爱拉斯谟认为，人文主义是一种用知识去同当代恶习进行斗争的手段。所谓恶习，包括修道院的文盲、教会的不法行为、经院派的玄学以及公共道德和私人道德的堕落等。经院派的神学家把经文肢解得支离破碎并任意曲解，而爱拉斯谟却把《圣经》的真义和早期的教父思想传授给人们。



爱拉斯摩

爱拉斯摩（1466—1536年），文艺复兴运动的典型代表。他认为真正的宗教信仰不是因学习有关知识而建立的，而是发乎于情，从人的本性中产生出来的。

在一个很短的时间里，梵蒂冈竟成了古代文化的研究中心。教皇列奥十世时期（公元1513—1521年），是研究古代文化的高峰时期。但自公元1527年帝国军队攻占罗马后，这个学术中心和艺术中心便遭到毁坏。不久，教廷也改变以前的开明政策，它对不能理解的事物一律加以反对，这样，教廷就变成了现代科学发展的障碍。



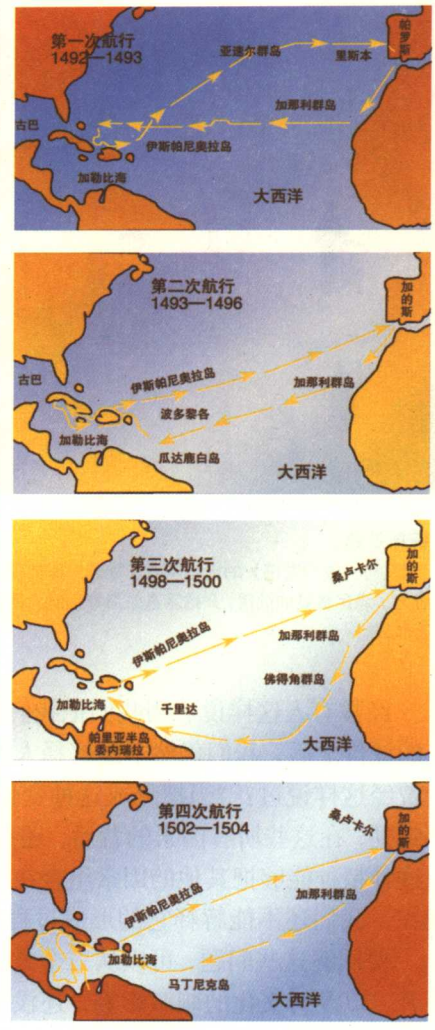
《愚神颂赞》 插图

《愚神颂赞》是爱拉斯摩主要的著作。在这部书中，爱拉斯摩对中世纪教会进行了无情的嘲弄和批判。他称教士们是“精神错乱的蠢物”，嘲笑他们的全部信仰都在琐碎的礼仪上。

大概在公元1世纪，中国发明了纸，据说，这是蔡伦的功绩。公元8世纪，中国又发明了木板印刷。随着十字军的东征，造纸术也传入欧洲，一百年以后，活字印刷的发明使书籍取代了手抄羊皮纸，自此，书籍开始广泛流传。

在这个时期，由于地理上的新发现使人们又一次对地理产生浓厚兴趣。15世纪中叶，一位名叫达·丰塔纳的军事工程师在《自然界的万物》一书中，向人们介绍了许多地理知识和异域奇谈。尽管当时的航海技术还处于一种萌芽状态，但欧洲人对地球的了解则不断地增加。此时，人们已能够使用十字标杆或圆形星盘来测量太阳中天的高度，并能粗略地算出观测地点的纬度。据说，英国的第一幅海上地图，就是在公元1489年绘制的。

15世纪，在阿拉伯天文学和犹太天文学的指导下，葡萄牙人开始了探险活动。在航海家亨利王子的率领下，公元1419年，葡萄牙人首先发现了亚迪尔岛，随后又发现了非洲西边的海洋。葡萄牙人进行探险活动的目的，最早是为了感化异教徒，并寻找一条不受穆斯林干扰可以通往印度的道路，到后来则是为了掠夺非洲的黄金和猎取奴隶。公元1497年，葡萄牙人达·伽马绕过好望角首先到达了印度，随后，为了编制精确的太阳赤纬表，亨利王子在圣·维森提角附近的萨格雷斯建立了一所观象台。葡萄牙人航海探险获得成功后，其他国家也都纷纷效仿。希腊人提出的大地是球形的观点，几百年来一直在天文学家口中流传，现在更是被人们所公认。根据这个观点，欧洲人很自然地推测出：如果在大西洋一直向西航行，就可以到达亚洲东岸，这样，印度和中国的丰富商品，便可以通过海上通道直接输送到欧洲。事实上，希腊人很早就提出过这样的想法，但经过多次尝试都未取得成功。而现在，条件成熟了，成功人物也终于出现了，这个成功人物就是克里斯托弗尔·哥伦布。哥伦布是一个水手，他生于意大利北部利古里亚海岸的科戈勒托港。公元1492年7月，在西班牙国王斐迪南二世的资助下，哥伦布从安达卢西亚的帕洛斯港出发，经过70多天的艰苦航行，终于在公元1492年10月12日到达了巴哈马群岛。24年之后，葡萄牙人麦哲伦率领5艘帆船沿大西洋南下，在海上历时3年，绕地球航行一周，从而证明了大地确实是圆形的。



哥伦布四次远航路线图

随着科学技术的发展，人们逐渐对教会“天圆地方”的说法产生质疑。1492至1504年，在西班牙王室的支持下，哥伦布带领船队先后进行了4次横跨大西洋的远航。在寻找西欧到亚洲西行的路上无意中发现了美洲大陆等地方。

新航路的发现，开扩了人们的心胸和视野。随着商业贸易的不断扩张，欧洲的工商业有了很大的发展，物资和财富也得以大幅度增加。这种增加来自于两个方面：一是开辟新市场所带来的直接的财富增长；二是货币的因素。货币本身不是财富，它只是一种筹码，但在流通过程中，货币数量的变化会给物价带来一定的影响。欧洲人进入新大陆后，由于新大陆盛产黄金和白银，而黄金、白银作为货币其数量远远超过扩大贸易所必需的程度，由此造成货币多而商品少，于是物价呈上升趋势，这样，工业和商业就能从中获利。随着财富的不断增加，研究学问的闲暇时间也不断地增多。

值得注意的是，在人类历史上，有3个时期的学术发展情况非常惊人。这3个时期是：希腊强盛时期、文艺复兴时期和19世纪。回顾历史，这3个时期都是经济上高度发展的时期，因此也是财富增多和闲暇时间增多的时期。在希腊时期，这种生活是建立在奴隶制度的基础上；在文艺复兴时期，这种生活是通过获得了来自印度群岛的资源；而在19世纪，这



开辟新航路

《马可·波罗游记》的出版刺激了欧洲人探询东方的兴趣。欧洲各国的统治者为了满足贪婪的欲望，开始派遣航海家远航大西洋去开辟从欧洲到达东方的新航线。

种生活是因为进行了工业革命。在希腊，学术全盛时期出现后不久，国家就发生了政治解体，而且，这个民族中从事学术事业的人也不多。自文艺复兴之后，400年来，欧洲各国不断发展，人口也不断增加，许多知识渊博的学者参加到学术研究中来，因此，这个时期研究科学的人要比古希腊的哲学家多得多。我们在肯定现代科学的成就时，应该记住这个事实。但我们很难断定，这个知识的增进过程是否能够持续不断地继续下去。事实上，我们也很难预测，在社会经济条件可能发生变化的情况下，是否还能够涌现出大量的学者，使这个知识的增进过程继续下去。

经常有人这样说：当我们把我们所知道的、文艺复兴产生的几种原因找出来，并给予应有的评价之后，我们仍然不能解释人的心理状态在极短的时间内发生的惊人变化。克雷顿主教曾经这样说过："当把形成这种变化的所有因素汇聚在一起的时候，观察者还是会隐约地感觉到，在这些所有因素的背后，还有一种生气勃勃的精神。对这种精神，我们了解得很少，但这种精神能够把其他的因素组合在一起而形成一个整体。这种现代精神以惊人的速度形成，现在，我们还不能解释它的形成过程。"

要回答这些问题，可以从三个方面来解释：第一，随着黄金流入市场而造成的物价不断上升，以及对文化的刺激影响，还没有被人们充分了解。第二，我们所掌握的记录，只是当时学术活动中的极少一部分。当时能够把自己的思想写在纸上的人非常少，而他们的著作能够流传到我们手中的则更是少之又少。在意大利各城市，知识的传授手段主要是口授，而不是来之于书籍，因此，影响最大的是人与人之间直接的交往。第三，当几个因素共同产生作用的时候，各个因素的组合最初可以产生一个总效果，但到后来，各个因素的效果就会互相重叠而产生作用和反作用。16世纪社会的物质、道德、学术等各种因素的变化就是如此。社会财富的增加可以为社会增添新知识，而新知识的增加又可以转化为财富的增加。整个过程就这样不断地循环并以一种加速度前进，最终形成了一股不可抗拒的文艺复兴洪流。

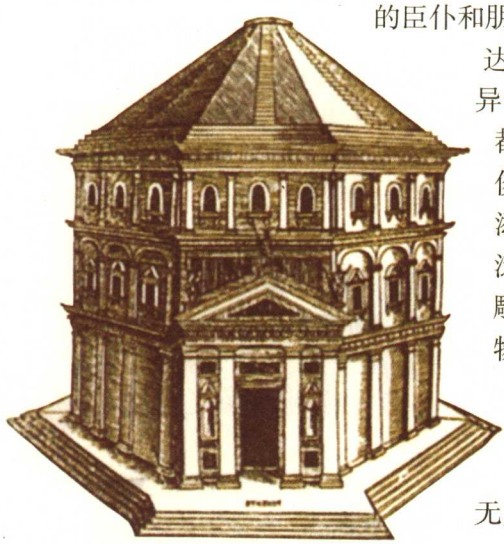
列奥纳多·达·芬奇

LIEAONADUO DA FENQI

他既是画家、雕塑家和工程师，又是建筑师、物理学家、生物学家和哲学家，在他所涉及的每一个领域里，他的成就都达到登峰造极的地步。

在意大利的城市生活中，人格的影响无疑是最大的，但要从历史上对此进行探讨却非常困难，因为，我们对那些杰出人物只有一些零星片断的了解。但是，有关多才多艺的列奥纳多·达·芬奇的札记已有一部分公开出版，这样，一位天才巨人的才华就全部展现在我们面前了。也许，列奥纳多曾打算把他的札记全部收集起来汇编成书，不过即使有这个愿望，他有限的生命也使他不能实现这个愿望。因此，直到近年，他在哲学上的成就一直被他的艺术家名声所掩盖。

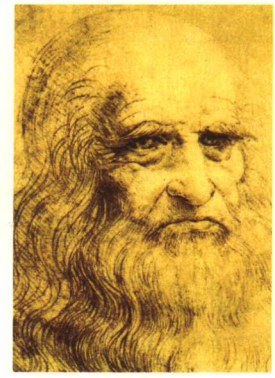
达·芬奇是律师塞尔·皮埃罗·达·芬奇和一位名叫卡塔琳娜的农家女的私生子。公元1452年，达·芬奇出生于佛罗伦萨和比萨之间的芬奇。自幼受父亲的教育，长大后，他先后在佛罗伦萨、米兰和罗马的宫廷服务。公元1519年，他作为法国国王弗朗西斯一世的臣仆和朋友在法国去世。



佛罗伦萨圣洗堂

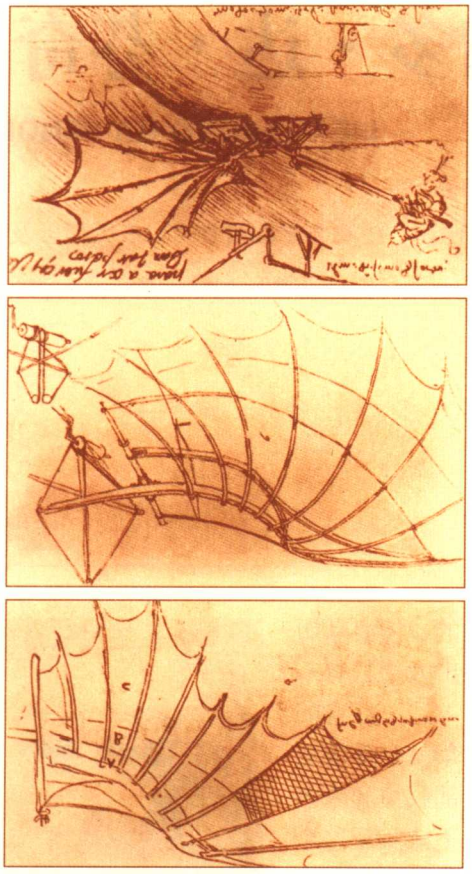
佛罗伦萨大教堂是佛罗伦萨城市空间的最高点，其分支建筑佛罗伦萨圣洗堂，被世人公认是完美建筑的典范。15世纪，在对圣洗堂进行加高工作时，达·芬奇为这项工程作了设计。

达·芬奇在幼年时就已经表现出异于常人的才智，他的同辈和后辈都认为他是一个出类拔萃的人。俊美的人材、优雅的风度，更增添了他的人格魅力。他爱好广泛，擅长各种艺术。他既是画家、雕塑家和工程师，又是建筑师、物理学家、生物学家和哲学家，在他所涉及的每一个领域里，他的成就都达到登峰造极的地步。在世界发展史上，大概无人有过这样的纪录。这些成就



达·芬奇　素描

达·芬奇是文艺复兴盛期著名的画家，也是个多才的科学巨匠、大哲学家、大发明家。他的绘画是古典艺术的瑰宝，他所设计的一些机器装置影响了后世的科学创造，他在几乎每个领域中都做出了贡献，因此被后人赞誉为“文艺复兴时代最完美的代表”。



飞行器设计图
达·芬奇　素描　15 世纪

这是达·芬奇的飞行器设计图以及根据其复原的飞行器模型。尽管达·芬奇在设计上对能量的传输进行了非常完美的分析，却由于飞行器自重过大，人力所能提供的能量又过小，而无法飞行。

虽然已不同凡响，但与他开拓的新领域，与他把握基本原理的准确性，以及他研究科学的洞察力相比，却显得微不足道了。如果说，彼特拉克是文艺复兴时期文学方面的先驱，达·芬奇就是其他学科的开路先锋。他与文艺复兴时期的其他人不一样，他既不是经院哲学家，也不盲目追随古典作家。达·芬奇认为，对自然界进行观察和实验，这才是独一无二的科学方法。那些古代作家的著作，对于研究是有益的，但绝不能把它们作为最后的定论。

达·芬奇是从实用方面从事科学研究的，正是这个原因，他的治学态度才那样富于现代精神。为了满足各种技艺的需要，他才去做实验。到晚年，达·芬奇对知识的渴求竟胜过对艺术的爱好。作为画家，他不能不研究光学的定律、眼睛的构造、人体的解剖以及雀鸟的飞翔。作为工程师，他必须掌握动力学和静力学原理才能解决具体的工程问题。亚里士多德的理论对修改一幅不合画法的绘画，对引水灌溉或攻占城市等具体问题是没有多大帮助的。因为现实社会对实际问题的处理，要比无所不知的希腊理论重要得多。

但是，达·芬奇既然也是一个哲学家，我们就有必要把他的思想方式与前人作一个比较。通过比较我们发现，作为哲学家的达·芬奇与他的前辈有着显著的区别，那就是达·芬奇几乎完全摆脱了神学的偏见。罗吉尔·培根虽然爱好科学研究，但他仍然以神学为所有知识的顶点和归宿，并且认为，只要是正确的学术观点，就必定不会同当时的教义发生抵触。而达·芬奇则不带任何偏见去研究问题。当他偶然谈到神学的时候，他也会对教会中的恶习与不合理的地方进行公正的批评。达·芬奇的哲学属于唯心主义的泛神论，因此，他心中的宇宙，到处都充满着活生生的精神。但他有着一个伟大思想家的公允态度，他能够看见恶下面的善。他把基督教的基本教义，作为他内在精神生活的外在表现形式。他说："我之所以把圣经放在手边，因为，《圣经》是最高的真理。"达·芬奇是君子，也是伟人，他没有去破坏人们心中的那些偶像。他生活在教廷既开明又讲人道的那个短暂时期中，当时的迹象预示，一个无所不包的、崭新的天主教就要诞生了。这个天主教既准许人们虔诚地信仰基督教的基本教义，也允许人们思想自由。但这个梦想很快便成为泡影，由于罗马教会日益反动，思想自由不得不通过马丁·路德采取不足取的粗暴方法艰难地争夺回来。达·芬奇死后 50 年，如果再有人要保持他那样的态度，则就不大可能了。

列奥纳多·达·芬奇虽然伟大，但并不是说在他身上所表现出来的科学精神就是他一个人开创的。在达·芬奇以前，阿尔贝提也研究过数学，并作过物理实验。在佛罗伦萨，达·

芬奇曾受过鼓励哥伦布航行的天文学家托斯堪内里的指点；数学家亚美利果·韦斯普西曾送给达·芬奇一本几何学；在研究解剖学的时候，达·芬奇受过安东尼奥·德拉·托尔的帮助。在透视学和解剖学中，也有布伦内希、波提舍里和迪雷尔等人的研究成果，达·芬奇同这些人一起，共同创立了艺术上的自然主义。从达·芬奇的札记和其他一些记载中可以发现，在伽利略出生前一个世纪，意大利已经出现了一群志同道合的人。他们对具体事物的兴趣大于书本的兴趣，把实验研究看得比亚里士多德的意见更重要。经院哲学告诉人们，宇宙是可以了解的，这为人们认识宇宙做了思想上的准备。但当人们真正去观察和实验时，经院哲学所提出的解决方法就行不通了，这时，必须要有一个新的基础理论，亚里士多德和托马斯·阿奎那的演绎推理，必须被从自然界得来的归纳推理所取代。事实上，这个新的基础理论最初是在意大利的数学家、天文学家和解剖学家那里找到的。

实际上，这些基础理论依然与希腊思想有联系，也就是说与阿基米得有联系。当时，阿基米得的著作还没有印刷出版，完整的手抄本也十分罕见。达·芬奇曾在札记里提到过几个朋友的名字，这几个朋友可以给他找阿基米得的手抄本。由于达·芬奇对阿基米得的天才非常钦佩，因此，人们也开始对阿基米得的学说产生兴趣。公元1543年，数学家塔尔塔利亚用拉丁文翻译了阿基米得的一部分著作，不久，阿基米得著作的其他版本也相继出版。因此，到了伽利略时代，阿基米得的著作已经广为人知，而伽利略则更是对它进行过认真研究。可以这样说，近代物理学的真正希腊鼻祖并不是百科全书式的哲学家亚里士多德，而是几何学家和实验家的阿基米得。在我们现在所能看见的古典时代的思想家著作中，只有阿基米得的著作表现出了一种真正的科学精神。

当弗兰西斯·培根用不完整的哲学来解释实验方法的时候，在伽利略提出科学的实验方法的前一个世纪，列奥纳多·达·芬奇凭着他的直觉，已经开始有意识地运用实验这种方法了。达·芬奇没有写过方法论方面的论文，但从他的札记中，可以知道他对类似问题的看法。达·芬奇认为，数学、算术和几何学，它们在各自的领域都具有绝对的准确性，但是，真正的科学应该从观察开始。尽管在那个时代，运用数学推理也可以达到一定的准确性，但是，如果科学不是从实验中产生并用实验验证，就会因充满谬误而毫无用处，因为，实验才是科学的源泉。科学可以带



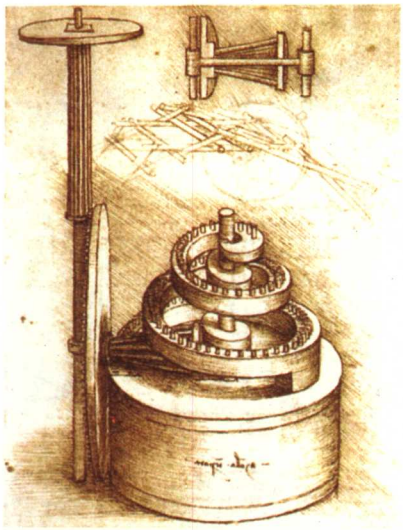
关于鸟儿飞翔的手稿（局部）
达·芬奇　素描　15 世纪

达·芬奇盼望着像鸟儿一样扇动起翅膀，飞向蓝天。他研究自然，并完成了图中《关于鸟儿飞翔的手稿》。



多面体
达·芬奇
素描　15 世纪

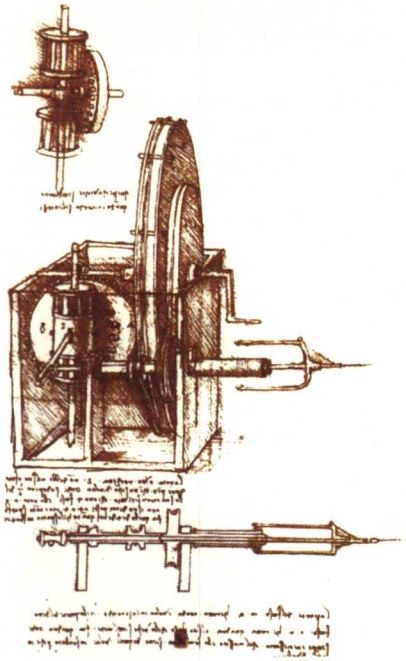
达·芬奇在数学领域也颇有造诣，这个多面体是达芬奇给数学家帕西奥利的数学论文所绘制的。它为人们研究几何形体的构造提供了一个直观的显示平台。



织布机设计图

达·芬奇　素描　15 世纪

在关于科技，尤其是机械和自动化系统，达·芬奇格外关心，认为它们能够节约时间和能量，可以给最广泛的人类活动层面带来革新。同时，达·芬奇也可以称得上是文艺复兴时期第一个投身“工业进步”研究的工程师，上图是他所作的织布机设计图。



钟表发条的速写

达·芬奇　素描　15 世纪

在对运动的研究中，达·芬奇曾从最小的细节入手，他研究钟表的推动系统和传动系统，并绘制了大量的图画。

来真理，也可以给人带来力量。当然，只重实践而不重科学的人，就好比在水上行船不用舵和罗盘一样。

当我们从达·芬奇的实验方法中，了解到他所取得的研究成果时，我们不得不佩服他的学识。在实验过程中，达·芬奇提出了关于物体运动的惯性原理，这个惯性原理后来被伽利略用实验进行了论证。达·芬奇在他的札记中写到：“凡是感官可以察觉的事物，一般都不能自己运动……。而每一物体在自己运动的方向上，都有一个重量。”达·芬奇已经认识到落体的速度会随时间而增加，尽管他还没有发现落体与时间和空间之间的关系。

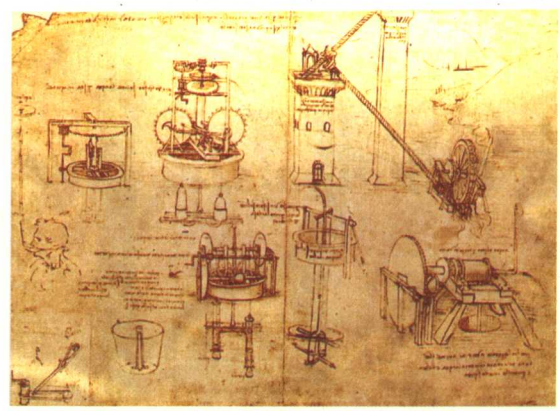
达·芬奇知道，在实验中，如果把“永恒运动”作为动力的来源是不可能的。在这个问题上，他走在了史特维纳斯的前面。世上根本就没有什么永恒运动，根据这个结论，达·芬奇用虚速度的方法证明了杠杆定律，早期的亚里士多德证明过这个定律，后来的乌巴迪和伽利略也应用过这个定律。达·芬奇提出，杠杆是机械的基础，其他机械都是在杠杆的基础上进行发展和变化的结果。

达·芬奇还发现了阿基米得的液体压力理论。通过实验，达·芬奇证明了，在连通器中液体高度相同的情况下，如果把不同的液体分别装入两个管子中，那么，管子的高度和液体的密度将成反比。达·芬奇还对流体力学作过研究，如水通过注孔的射流，沟道内的水流，以及波浪在水面的传播等。他根据水上的波、空气中的波以及声音的定律，推出光的原理与波类似，因此，波的理论对光也适用。而像的反射与声音的反射类似，因此，反射角就等于入射角，这就像把球掷向墙壁，球立即反弹回来一样。

达·芬奇对天文学也有研究。达·芬奇认为，天体是一架听命于自然法则的机器。与当时盛行的亚里士多德学说相比，这种说法前进了一大步。亚里士多德认为：天体是神圣而永恒的，天体与我们的生活的世界有着本质的区别。达·芬奇把地球叫做星，地球这个星与其他的星完全一样，达·芬奇还准备在他的著作中说明，地球和月球一样，都可以反射日光。达·芬奇的天文学理论虽然在细节上还存在着一些错误，但在整体方面则是正确的。

达·芬奇认为，在文字出现以前，客观世界早已存在。因此，在书籍记载还没有开始出现的时候，地球已

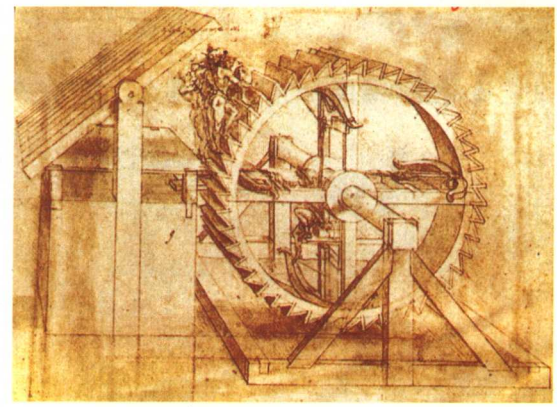
经有着多年的历史了。比如说，我们近年在内陆高山上发现的那些化石，它们原本是生长在大海中，它们不可能在诺亚洪水泛滥的 40 天时间中一下子就跑到现在的高山上去，事实上，就是把全世界的海水集中起来，也不可能淹没地球上的高山。于是，达·芬奇说，在此以前，地壳一定发生过变动，这样，就形成了大海和高山。但这并不是灾难性的变化。时间长了，地壳的运动就会在亚得里亚海中造出新的陆地，这就像它过去淀积了伦巴第的大部分土地一样。在达·芬奇的天文学理论中，我们发现了地质学中的天律不变学说的要点。也就是说，在赫顿提出这个观点以前，达·芬奇在 300 年前就已经提出了。



达·芬奇设计的机器草图

这是达·芬奇设计的各种机器的手稿的草图。这些出自天才艺术家笔下的设计图，画得十分精准。从这些图中我们可以看出，达·芬奇在 15 世纪设计的机器装置就已经具有了非常高的水平。

作为画家和雕塑师的列奥纳多·达·芬奇，出于绘画和雕塑的需要，他认为自己应该掌握人体的构造知识。于是，他冲破教会思想的束缚，找来许多尸体并亲自进行了解剖。他画的解剖图不但精细正确，而且可以归为真正的美术作品，这些达·芬奇的手稿，至今还有许多张解剖图保存在温莎尔宫。达·芬奇曾这样说过："你们说你们宁肯看解剖表演也不愿看解剖图。如果你们能在一个人体上，看到由几幅解剖图所提供的人体知识的话，那你们是正确的。但事实上，哪怕你们对一个人体用尽全力去观察，也只能看到寥寥几条血管，或仅仅得到这几条血管的知识。你们应该知道，为了得到有关血管的准确而完备的知识，我最少解剖过十个以上的尸体。"



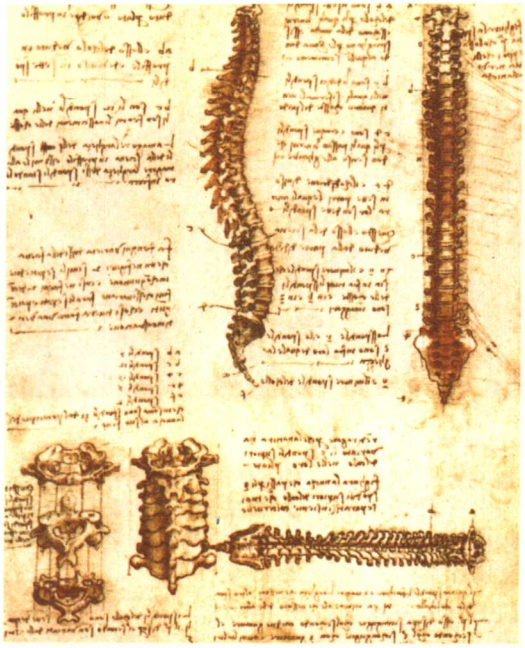
达·芬奇设计的机械转动装置

在科学领域，达·芬奇涉足的范围非常广。如医学、机械学、建筑学等。仅就机械而言，达·芬奇研究设计的机械装置就非常多，如：飞机、战车、土木用机械、汽车、自行车等等。图为他设计的齿轮传动装置。

与解剖学关系密切的是生理学。在生理学方面，达·芬奇也走在了他那个时代的前面。达·芬奇详细介绍了血液在人体中的作用：血液怎样把人所需要的元素带入人体各部分，又怎样把人体不需要的废料带走，这就像烧火炉必须要添柴除灰一样。达·芬奇还对心脏进行过研究并画出了心脏瓣膜图，说明他对心脏瓣膜的功能有一定的了解。他用水的循环来比喻血的运行：水从高山流到江河，再由江河流到大海，再由海水变成云，然后又由云变成雨水而回到山上。可以说，达·芬奇比哈维早 100 多年发现血液循环的原理。

达·芬奇对炼金术、占星术和降神术等愚昧行为非常鄙视。达·芬奇认为，自然有着自己的规律性，它不受魔术的支配和改变。

前面的介绍，已经足以说明列奥纳多·达·芬奇在科学史上的地位。假如达·芬奇能够在当时就发表他的著作，那么，科学就会提前 100 年发展。当然，这种假设对人类的学术发



人体肩部、背部、脊椎部的习作

达·芬奇的人体素描造型非常精准，这和他对人体的精确研究分不开。他为了要把人体体形正确而忠实地表现出来，曾亲自进行解剖工作，并试图用实验的方法来研究人体各部分和器官的功能。

展与社会进步是没有什么实质意义的，但是，如果这种假设在当时成为现实的话，人类的学术研究和社会的发展演变情况一定同现在大不一样。

达·芬奇虽然没有按照他的原定计划把他的研究成果整理成书，但他个人对社会的影响极其深远。达·芬奇是当时王公贵族的朋友，也认识当时学术界的主要人物，因此，达·芬奇的许多思想学说就被这些人保留并传播下来，这对后来的科学发展起到了极大的促进作用。如果我们要在古代和现代的思想家中，选择出文艺复兴精神的代表性人物，那么，我们一定选择列奥纳多·达·芬奇这位时代巨人。

GEBAINI 哥白尼

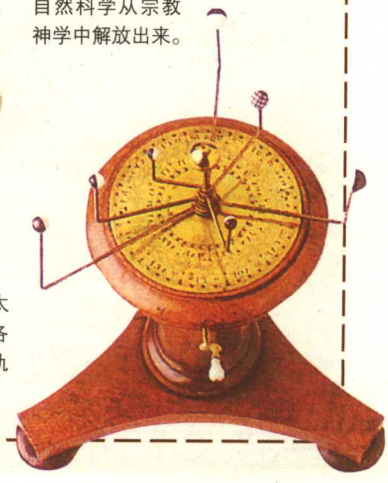
哥白尼的天文学不但摧毁了体现着经院派哲学思想的托勒密理论，更重要的是，它还对人们的思想和信仰产生了极大的影响。

自文艺复兴之后，在科学发展史上的第一次重大变化，是由尼古拉·哥白尼来完成的。尼古拉·哥白尼是一位数学家和天文学家，他的父亲是波兰人、母亲是德国人。15世纪，希帕克和托勒密对天体进行观察后，提出了地球中心说。应该说，根据当时的科学技术条件，相对于神学家对宇宙的解释，地球中心说还是具有一定进步意义的。但用几何学来分析，这个学说就会暴露出它的缺陷。可在当时，有两大理论支柱支撑着这个学说。这两大理论支柱：一是人们的感觉，自古以来，人们一直认为大地是牢固不动的。二是亚里士多德也认为，大地在我们的足下静止不动。虽然也有人把地球想象为一个浮在宇宙中心的球，但这种说法很难被人们接受，因为亚里士多德的学说具有绝对的权威。但是，哥白尼在采纳另外两种学说的基础上提出了自己的宇宙理论。这两种学说，一是埃克番达斯提出的地球围绕着自己的轴自转；二是阿利斯塔克提出的地球围绕着太阳公转。哥白尼的宇宙理论，遭到了来自科学和宗教两方面的反对。这些反对者向哥白尼发出质问：如果说地球围绕着自己的轴旋转，那么，站在地面向上抛出的物体岂不是要落在抛出点的西面？而地上没有被固定的那些物体不会飞出地面吗？地球本身不会产生分裂吗？如果说地球围绕着太阳运行，那么，只要恒星不是遥远到人们看不见的地步，恒星之间的位置不就是变动不定的吗？



尼古拉·哥白尼

哥白尼提出“太阳中心说”，从根本上改变了旧有的宇宙观，使自然科学从宗教神学中解放出来。



太阳系模型

图为19世纪早期的太阳系模型，展示了太阳系各行星在距太阳远近不同的轨道上的运行。

要回答这些当时被认为是完全合理的观点，并提出一个与之相反的理论，不但要有独创精神和过人的才能，而且还需要有一种哲学思想作为理论

依据。当时，亚里士多德的经院哲学已在思想界统治了一个世纪，在阿尔卑斯山以北地区，只有奥卡姆的唯名论可以同它抗衡。而柏拉图的唯心主义唯实论，经圣奥古斯丁解释后一直存留在意大利。新柏拉图主义中，掺杂着浓厚的毕达哥拉斯成分，他们喜欢用数的神秘性和空间几何学去解释宇宙。因此，新柏拉图主义总是力图在自然界中寻找数学关系。从数学意义上讲，关系越简单越好，也就越接近于自然。在当时流传下来的著作中，只有毕达哥拉斯提出：地球是围绕着一团火旋转的。可以这样说，文艺复兴时期的科学，虽然主要是依靠欧几里得和其他希腊数学家的方法发展起来的，但与此同时，在它身上还存在着形而上学的成分。

15世纪和16世纪，正当人们被那些新旧思潮所吸引而陷入狂热的时候，包含着毕达哥拉斯思想的柏拉图主义在意大利复活了。米兰多拉的约翰·皮科指导人们用数学去解释世界，波伦亚大学的数学教授和天文学教授马利亚·德·诺瓦腊则公开批评托勒密的理论过于烦琐和复杂，与和谐的数学原理不相符合。

哥白尼曾在意大利生活了6年，他是诺瓦腊的学生。哥白尼说："我仔细研究过当时能够找到的所有哲学著作，从中发现了许多有关宇宙的学说。比如，希塞塔斯提出，大地是运动的，除希塞塔斯外，还有其他人也持有相同的看法。当从书中了解到大地可能是在不断运动时，我就开始思考大地运动的问题了。经过长期的观察，我发现，除地球自转外，其他行星也在运动，如果能够计算出其他行星以及地球的公转，由此不但可以推出其他行星的现象，而且还可以把所有的行星和天球按一定次序排列起来。这样，如果要在任何一个地方作任何改变，就必然会在其他部分或者整个宇宙中造成混乱。"



天 盘

文艺复兴之前，科学家们通常使用天盘来测量天体的位置；而航海家们则利用天盘进行航海定位。天盘上有一个刻着角度的圆盘和可移动的指针。



星 座 油画

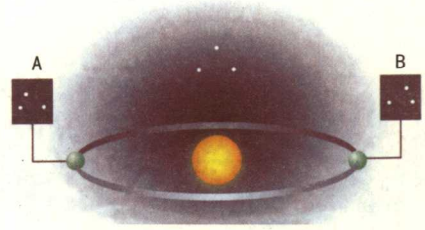
哥白尼的革命性思想的提出引发了人们关于恒星的新问题：恒星是什么？它们在哪里？人类怎么理解自己在这个新宇宙中的位置等等。图为人们根据哥白尼的学说描绘的宇宙星象图。

哥白尼对他的宇宙理论作了这样的描述：

首先，天球由恒星组成，恒星是不动的，但它是宇宙的框架，所有星星的位置和运动都是相对恒星而言的。虽然有人认为恒星也以某种方式在运动，但我们认为，恒星之所以看起来好像在运动，其原因在于我们的地动说。在天体运动中，土星围绕着太阳，30年旋转一周，木星12年旋转一周，火星2年一周，地球和月球沿着一定的轨道每年旋转一周，金星是9个月旋转一周，而水星80天旋转

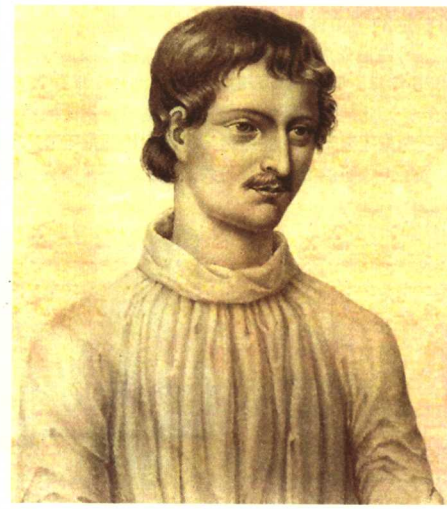
一周。太阳位于行星中间。在这美丽的庙堂中，要使太阳的光明同时照亮整个体系，还能把这个火炬放在哪个更好的位置呢？有人说，太阳是宇宙的灯，有人把太阳说成是宇宙的心，还有人把太阳称做宇宙的统治者，都没有什么不恰当。特里斯梅季塔斯把太阳说成是可以看见的神，索福克勒斯把太阳叫做“埃勒克特腊”即万物的心。我们说，这些称呼都是正确的，因为，太阳就像皇帝一样，它管理着周围的恒星家庭。这样，我们就可以发现宇宙中有一种奇妙的对称，轨道的大小和运动也具有一定的和谐关系。

在这段描述中，哥白尼提出了一个非常重要的问题，即行星以什么方式运动，才会产生既简单又和谐的天体几何学。显然，哥白尼是受了古人“恒星是固定在一个天球上”思想的影响。哥白尼也意识到，在解释天体的运动时，他把行星的运动坐标参照系从地球搬到恒星上去了。这会在物理学和数学上引起一次革命，这次革命的威力将足以摧毁亚里士多德的物理学和天文学。针对哥白尼的宇宙理论，托勒密提出，如果地球进行运动就会分裂成碎片，哥白尼回答说，如果天球进行运动，分裂的危险则更大，因为，天球的周边比地球更大。另外，天球如果进行运动，那么，它的速度一定比地球更快。这是用物理学作出的一个推论，但哥白尼强调的是数学的和谐。他希望数学家们接受他的观点，因为，他的理论比托勒密的均轮和本轮更加严谨。



星体偏移

在一年的不同时间里，在地球上观察同样的星群会发现其位置的微小变化（图中的 A 和 B）。这种由于地球围绕太阳运行所引起的明显偏移称为周年视差。哥白尼正确地指出这种周年视差用当时的天文仪器是观察不到的，因为星体离我们实在太遥远。



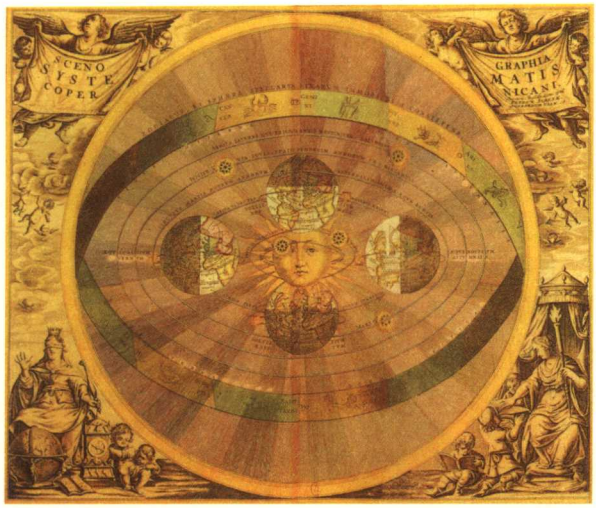
布鲁诺

哥白尼的“日心说”并没有放弃宇宙中心论以及宇宙有限论的思想，布鲁诺发展了哥白尼的“日心说”，提出太阳并不是宇宙的中心，只不过是一个恒星系统的中心。

公元 1530 年，为了阐述自己的研究成果，哥白尼写了一篇论文，同年，哥白尼把这篇论文的主要内容写成一篇通俗的提要并发表。教皇克力门七世对这篇论文非常欣赏，他要求哥白尼把这篇论文全文发表。但是，一直到公元 1540 年，哥白尼才同意全文发表这篇论文。公元 1543 年，当把这篇论文的印刷本送到哥白尼面前的时候，哥白尼已处于弥留之中了。

哥白尼的胜利来得很晚。哥白尼去世后，只有约翰·菲尔德、约翰·迪伊、雷科德和夫里希斯等少数几个数学家接受了哥白尼的理论。此后，英国第一个接受哥白尼理论的数学家迪杰斯，还对哥白尼的理论体系作了一个较大改动，他用布有恒星的无限空间取代了不动的恒星天球。但是，直到伽利略用他发明的天文望远镜，发现木星和卫星就像一个缩小了的太阳系的时候，哥白尼的理论才广为人知。

哥白尼教导人们，要用发展的眼光去观察世界。地球从宇宙的中心下降到与行星并列这样一个较低的地位，这并不是说要把人类从万物之灵的高傲地位上拉下来，但是，这肯定会



哥白尼的宇宙体系 插图

哥白尼先后在克拉科夫大学和帕多瓦大学进行学习和研究，从1506年起，他就认为太阳是静止不动的，地球和其他行星围绕太阳运行。因此他在《天体运行论》中提出，恒星的位移只是表面现象，真正的原因在于地球的自转。哥白尼因此而确立了自己的宇宙体系，这个宇宙体系的提出，成为天文学史上一个重大的转折点。



《天体运行论》书影

1543年，哥白尼所发表的《天体运行论》，书中阐述了他所建立的“日心说”。

使人们对过去的权威理论产生怀疑。因此，哥白尼的天文学不但摧毁了体现着经院派哲学思想的托勒密理论，更重要的是，它还对人们的思想和信仰产生了极大的影响。

毫不奇怪，哥白尼的理论会给社会带来惊恐和不安。因为，当时欧洲正为宗教问题进行争论，不过，争论的问题并不深奥。最后，争论的双方都接受了一种宗教哲学。这种哲学认为，人处于一种至高无上的地位，人生活在这个世界是非常幸福的，因为，这个世界本来就是为他们的根本利益而创造的。在当时，最统一的思想，就是反对哥白尼的新思想。被罗马和日内瓦认为是异端的布鲁诺等激进知识分子或许赞成哥白尼的观点，但那些谨慎的哲学家对哥白尼是敬而远之。布鲁诺也相信宇宙是无限的，而星星则散布于无尽的空间里。布鲁诺是坚定的泛神论者，他公开地抨击那些所谓的正统信仰。由于布鲁诺坚持提倡宗教改革，教会法庭对他进行了审判。公元1600年，布鲁诺被教廷活活烧死。

在当时的历史条件下，欧洲那些循规蹈矩的学者，不敢接受哥白尼的宇宙理论，是完全可以理解的，因为，哥白尼的理论可能会动摇他们的最高信念。所以，当伽利略满腔热忱地在教廷宣传哥白尼理论的时候，冲突也就不可避免。当时在学术界占统治地位的是亚里士多德派，他们迫使教士对哥白尼的理论采取行动。这样，原来还对哥白尼理论比较开明的教廷，从公元1616年开始，就逐渐禁止伽利略发表言论了。红衣主教柏拉明还宣布哥白尼的学说是“错误而荒谬的，是完全与《圣经》背道而驰的”。于是，在未经修改以前，哥白尼的书不许发行，但在数学上，哥白尼的观点仍然可以作为一个假设来举例。公元1620年，盖塔尼主教按照教廷的要求对哥白尼的书作了一些细小的改动。公元1822年，教廷正式裁定，太阳是行星系的中心。

惠威尔对此曾作过公正的评述，但近代一些作家在说到伽利略为维护哥白尼学说而受到迫害一事时有些过分夸张。这就像怀德海所说的：在荷兰发生阿尔发事件的那30年时间中，科学家所遭遇的最坏结局应该是这样，即伽利略在平安地死去以前，只是受到有限度的软禁和轻微的斥责。

FULANXISI PEIGEN 弗兰西斯·培根

当经院哲学穷途末路的时候，培根的归纳科学给人们指出了一条正确认识自然界的康庄大道。

弗兰西斯·培根，英国国务大臣，生于公元1561年，卒于公元1626年。16世纪末，培根已经意识到，经院哲学对人类认识自然、支配自然根本就不可能带来什么帮助，而亚里士多德的理论与科学也是毫不相干。于是，培根就自己动手去研究一种新的实验方法。为了提高人类改造自然的能力，培根规划了一条征服自然的道路。培根认为：只要将能够观察和实验的事物记录下来，然后按照一定的规律把观察的结果汇编成表格，从中就可以发现这些事物与现象之间的关系，同时，还可以找出这些关系显示的规律。



弗兰西斯·培根

在历史上，弗兰西斯·培根作为一个科学哲学家所做出的贡献是不可忽视的。他是以新唯物主义哲学指导科学发展的主要代表人物，是最早认识到科学的历史意义以及它在人类生活中的重要地位的人。

培根这个实验方法存在着明显的缺点，要指出它的缺陷也非常容易。因为，人类社会要观察的现象数不胜数，要做的实验也是无计其数，而科学所取得的进步却很少是用培根这个实验方法来完成的。事实上，在人们认识事物的初期，最先产生作用的是人。这样不断循环，直到实验的结果与假说完全相符。这样，这个假说便可上升到理论的高度，理论一旦形成就可以将知识连贯起来并能在一个较长的时间内发生作用。但一个理论的形成通常都不是事物实验的唯一结果。事实上，随着新知识的不断出现，事实本身也会越来越多，越来越复杂，这样，理论就必须不断地修改，或者被一种更新的理论所取代。

除波义耳外，培根对那些从事实验科学的人几乎没有什么影响，或影响很小。但是，学术界开始重视当代科学，则是培根的功劳。世界上曾出现过相当多的哲学，但一直没有相应的记录来进行验证。因此，在培根的心目中，找出那些真实的事实依据是当时最迫切的需要。这无疑是正确的，因为，培根在他的实验领域并没有什么显著的成绩，他的理论和科学方法所涉及的范围也太广泛了，而在实践方面，也缺乏足够的证据。但是，培根是归纳科学的奠基人，培根对18世纪法国百科全书派学者有很大的影响。培根以一个政治家的敏锐眼光所提出的理论远远超越了他的时代。经院哲学已经非常陈腐了，思想界也在震动并期待着一场变化的来临，就在这个时候，培根向人们指出了一条正确认识自然界的康庄大道。

开普勒 KAIPULE

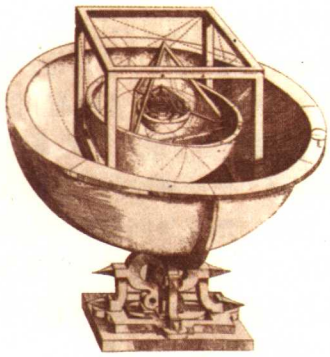
开普勒所追求的是：蕴藏在造物主心中的那种数学的和谐。

哥白尼的宇宙理论不光在天文学上引起了一场革命，就是在其他科学方面，也引起了一场不小的震动。不过，哥白尼是一个数学家，他的研究成果主要体现在数学方面，而在自然科学方面则除天文学外没有什么新的内容。在天文学上，把行星的运动情况记录得最详细、最准确的第一位天文学家，应该是哥本哈根的第谷·布拉埃。在天文学方面，第谷·布拉埃并没有完全接受哥白尼的理论体系。第谷·布拉埃提出：太阳围绕着地球转动，而行星则围绕着太阳转动。第谷·布拉埃一生经历过几次迁徙，最后在布拉格定居。在布拉格，约翰·开普勒加入了第谷·布拉埃的研究工作中，后来，第谷·布拉埃把他那些极其珍贵的资料遗留给了开普勒。人们认为，开普勒在天文学方面的成就主要是归纳和证明了行星运动的三个定律，牛顿的天文学就是以这三个定律为基础的。但是，如果我们只研究体现在牛顿科学中的开普勒理论，就会赋予开普勒过多的现代色彩，同时，也会忽视他理论形成的历史渊源。在哥白尼的理论中，可以发现毕达哥拉斯和柏拉图的思想，而开普勒在他的天文学著作中，明显地使用了毕达哥拉斯和柏拉图的数学方法。



开普勒

开普勒是德国近代著名的天文学家、数学家、物理学家和哲学家。他以数学的和谐性探索宇宙，在天文学方面做出了巨大的贡献。他是继哥白尼之后第一个站出来捍卫太阳中心说、并在天文学方面有突破性成就的人物。

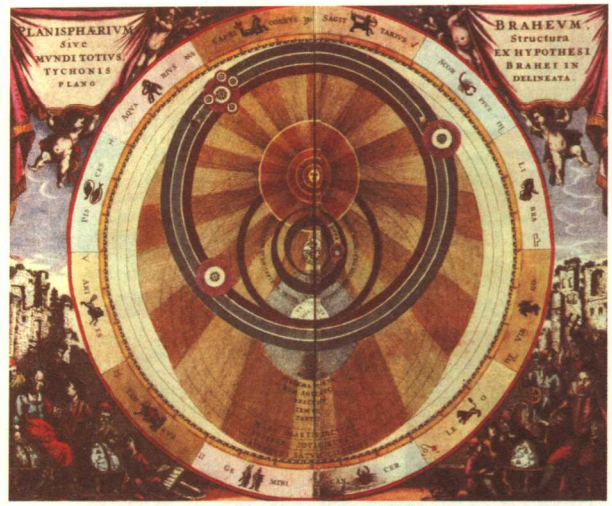


开普勒的模型

在这个模型中，最外层行星（土星）在大到能内切一个立方体的球体上运转；第二个（木星）在大到能内切一个四面体的球体上运转；依次类推，太阳处于开普勒模型的中央。

开普勒的正式职业是编辑，他编辑的大多都是当时流行的星象学方面的书。开普勒曾自嘲地说，这个利润丰厚的职业对天文学家有一定的价值。事实上，开普勒也确实是占星术的虔诚信徒。但他同时也

是一位杰出的数学家。他之所以相信哥白尼的宇宙理论体系，其原因就是哥白尼的宇宙理论体现了数学的简单性与和谐性。开普勒说："我发自内心地说，哥白尼的宇宙理论是真实的，对于它的美，我是用一种无法形容的愉悦心情去欣赏的。"哥白尼对太阳赞美有加，开普勒对太阳的崇拜更是到了无以复加的地步。他说，太阳就是圣父，恒星是圣子，而位于宇宙中的以太则是圣灵。开普勒认为，行星在轨道上的运动，就是通过以太来推动的。



第谷宇宙结构图

第谷在天文学领域的研究成果影响了天文学界，开普勒建立开创性的行星运动规律也是受到第谷的影响。图为第谷宇宙结构示意图，不过他坚持的是行星围绕地球而不是太阳运行。

开普勒深信，上帝是按照数的完美原则来创造世界的。所以，和谐的数学，即人们所说的天体音乐，这才是行星运动的真正的原因。同时，它也是推动开普勒不断努力工作的真正动力。开普勒并不像大多数人所想象的那样，只是一味地寻找天球运动的那些经验与规则，开普勒所追求的是：蕴藏在造物主心中的那种数学的和谐。

亚里士多德认为，不能进行多次分解是物质的本质特征，例如，观察者在观察一棵树的时候，眼睛会看见一种绿色的事物，绿就是树的本质特性。而开普勒认为，知识的特性应该是一种定量，因此，数和量才是事物的最基本特征，与其他范畴相比，这个特征出现的时间更早，也更重要。

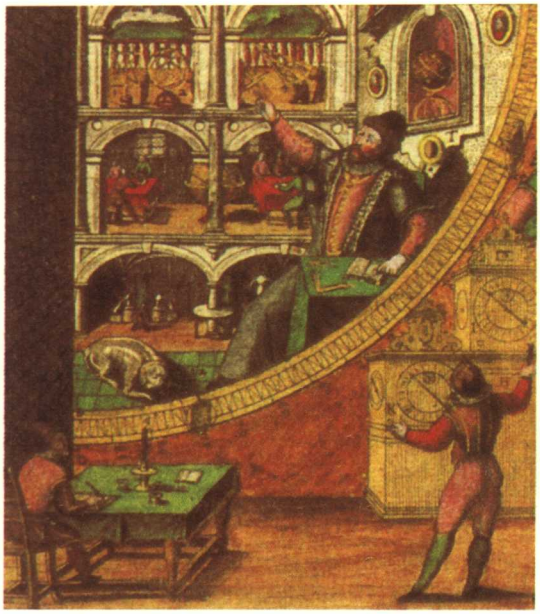


第谷向皇帝展示天文仪器

第谷是天文观测革命的先驱，他精确地将天空中的多种星体进行分类，他花了将近 20 年的时间记录和观测了 777 颗星体的位置，这个测量活动一直持续到 1596 年他离开丹麦。

在天文学上，以开普勒的名字命名的定律有三条：一、行星的运行轨道是一个椭圆形，太阳就位于这个椭圆的某一个焦点上。二、太阳与行星的中心连线在轨道上，所运行的面积与时间成正比。三、行星在轨道上的运行时间与行星到太阳的距离成正比。在这三条定律中，开普勒把历代天文学家关于行星运动的各种说法，进行了系统的归纳和总结。

在这三个定律中，开普勒最满意的是第二个定律。因为，按照亚里士多德 "不动的原动者" 原则，行星是不动的。但事实上，行星是在轨道中作匀速运动，就是说，亚里士多德的原则应该被抛弃。但开普勒把线段的均匀改为面积的均匀后，从另外一个角度对亚里士多德这个原则重新作了解释，从而使亚里士多德这个原则得以保存。开普勒认为，这三个定律



开普勒对行星的说明

开普勒对天体运行定律的得出，是建立在严谨的科学实验观测和数学数据分析上的。他在研究第谷遗留下来的火星运行轨迹的资料基础上，发现了行星运行规律。

只是哥白尼学说中众多数学关系中的三个。

开普勒在天文学方面最大的收获，是发现了行星运动的关系即距离方面的关系。就是说，如果在土星的轨道中内接一个正六面体，那么，木星就外切于这个六面体。如果把一个正四面体内接于木星中，那么，火星就外切于这个正四面体，这样，以此类推，就会出现五个正多面体和六个行星。在开普勒看来，行星距离方面的关系就是天体音乐的新和声，这就像柏拉图认为上帝一直在运用几何学一样。

数学真是神秘，它竟然使哥白尼和开普勒都建立了这样一个相同的体系，通过伽利略和牛顿，这个体系直接把我们带入到18世纪法国百科全书派和19世纪德国唯物主义机械哲学中，这可以说是历史给我们开了一个玩笑。

JIALILUE 伽利略

伽利略认为，局部的地球运动也是以数学方式运动的。但伽利略要研究的不是物体为什么降落，而是物体怎样降落，即物体是依照什么样的数学关系降落。

自文艺复兴之后，在人们心中就一直酝酿着一场伟大的思想变革，终于，在17世纪，这场思想变革在伽利略身上得到了实现。列奥纳多·达·芬奇曾在他的一些未来设想中，对现代科学的产生作过预言，而哥白尼的宇宙理论则给思想界带来了极大的震动，吉尔伯特详细阐述了通过实验的方法可以从中获得更多的知识，而在伽利略身上体现出来的创新精神，则是史无前例的。在青年时代，伽利略非常信奉亚里士多德，但到成年以后，伽利略对亚里士多德的学说就逐渐失去了兴趣，因为，他已经找到了一种更加科学的研究方法。在进行科学研究的过程中，伽利略发现，对现代科学的研究必须要有重点，因此，他把他的研究范围局限在某一方面的内容上，而不是像天才画家列奥纳多·达·芬奇那样，把一生精力分散在许多不同的学科上。哥白尼的天文学是建立在数学的简单性原则基础上的，而伽利略却是用他自己创制的望远镜去进行实际的检验。更重要的是，伽利略把吉尔伯特的实验归纳法与数学演绎法结合起来，并以此建立了物理科学。

伽利略

伽利略开创了以实验事实为基础，具有严密逻辑体系和数学表述形式的近代科学。他为推翻经院哲学对科学的禁锢、畸变，加深人类对物质运动和宇宙的科学认识而奋斗终生，因此被誉为“近代科学之父”。



伽利略是近代第一位伟大人物，当我们阅读他的著作时，一种欢快的感觉就会油然而生。我们发现，他的物理学已经达到了当代科学的水平。过去，人们在提出某种学说以前，总是会先接受某种完整的知识体系。例如，中世纪的新柏拉图主义和经院哲学就是如此，而伽利略完全摒弃了这种方法。在伽利略的物理学中，研究的结果不是从权威的理论中推演出来的，也用不着去符合权威的理论。尽管人们希望把整个自然界都纳入一种理论范畴，但许多互不相联的事物最初都是在一个窄小的范围，通过不断的接触后，才逐渐融合的。因此，如果要把所有的科学知识融合成一个包罗万象的统一体，虽然不能说它绝对不可

能，但可以肯定地说，它只能在遥远的将来才能实现。中世纪的经院哲学是一种理性哲学，而现代科学在本质上是一种经验科学。经院哲学对人的理性顶礼膜拜，并在权威规定的范围内活动，而现代科学则强调客观事实，它并不在乎这个事实是否合于理性。

最早的温度计是伽利略发明的。这种温度计非常简单，实际上就是一根玻璃管，在这根玻璃管的顶端，有一个空气瓶，瓶口浸在水中。公元1609年，伽利略听人说，有一位荷兰人发明了一种镜子，这种镜子可以将远处的物体放大。伽利略根据自己掌握的光学知识，很快就制造出了望远镜，这种望远镜可以把物体放大30倍。自此之后，伽利略的发明就不断出现。自有了望远镜后，过去用肉眼无法看见的那些星星，现在可以十分清楚地闪烁在人们眼前。以前的哲学家认为，月球的表面是光滑而无瑕疵的，现在通过望远镜观察，可以发现月球的表面有许多斑点，这说明月球上有高山和低谷。长期以来，人们一直无法了解银河系，但自从有了望远镜，一切问题都迎刃而解。现在，人们已经观察到，在木星周围有四个卫星，卫星围绕木星周转，就像哥白尼所说的地球围绕太阳周转一样，所不同的是，卫星的周转更加复杂而已。帕多瓦的哲学教授不敢认可伽利略的望远镜，而其他哲学家则在大公爵面前竭力贬低伽利略，说伽利略是利用巫术咒语把新行星从天空中咒出来的。

通过望远镜的帮助，伽利略用人人都可以看见的事实证明了天文学的新发现，而在望远镜出现以前，天文学理论还只能建立在先验的和数学简单性的基础上。在这个时期，与伽利略同时代的英国数学家哈里奥特，也曾用一架望远镜对月球和木星以及卫星作过观察。遗憾的是，哈里奥特在生前没有把他的发现向人们公布。

伽利略最具独创性的贡献是奠定了动力学的基础。当时，静力学已经取得了一些成就，其中，影响最大的是布鲁日的史特维纳斯。在力的合成、流体静力学以及水压方面，史特维纳斯都作出了许多贡献。但在当时，人们对于运动的认识，仍然是受未经实际观察的亚里士多德理论的影响。比如，亚里士多德认为，物体存在着本质上的轻或重，物体下降的速度与自身的轻重成比例。史特芬与德·格鲁特对这种说法表示怀疑，公元1590年，他们在德尔夫特作了一个试验。试验结果证明：不管是轻物体还是重物体，它们同时坠落，也同时到达地面。后来，伽利略在比萨斜塔上，也作过同样的试验。因为，伽利略很早就说过，炮弹下落的速度并不比枪弹下落的速度快。



伽利略手制的折射望远镜

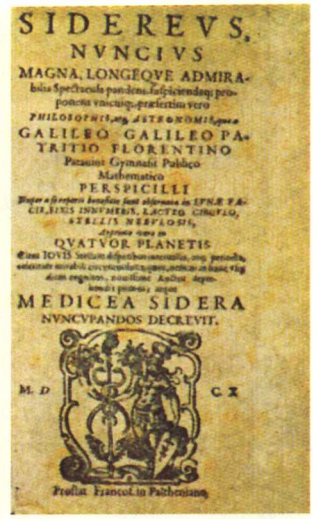
利用入射光穿过物镜时弯曲聚焦成像的原理，伽利略手制了第一架折射望远镜，也是西方第一架天文望远镜。

在证明地球以及行星的运动时，哥白尼和开普勒用的是数学方式。伽利略认为，局部的地球运动也是以数学方式运动的。但伽利略要研究的不是物体为什么降落，而是物体怎样降落，即物体是依照什么样的数学关系降落，在科学方法上，这是一个大大的进步。

物体下落时是以一种加速度降落，这种加速度的定律是什么？伽利略关于物体降落所作的第一个假设，从形式上看具有一定的合理性，这个假设认为，物体下落的速度与物体降落的距离成比例。但是，这个假设存在着一个矛盾，于是，伽利略提出了另外一个假设，即物体下落的速度与物体降落的时间成比例。通过检验，这个假设是可以证明的，于是，伽利略

把这个假设的结论演绎出来，并和实验的结果进行比较。

由于物体在自由降落时速度太快，使用当时的仪器很难进行测量，更不用说得到准确的结果了，因此，要对物体的自由降落进行测量，必须将物体下落的速度降到能够进行测量的限度内。伽利略发现，在距离相同的条件下，物体沿着斜坡降落的速度与垂直降落的速度一样。于是，他在斜坡上进行试验，经过测量，伽利略发现，试验的结果与他所作的假设以及同他用数学推论计算出的结果相符。在实验中，伽利略还发现：摩擦力如果小到可以忽略不计时，物体滚下一个斜坡之后，还可以沿着另一个斜坡向上滚动，一直滚到同出发点一样高的位置，这时，球的滚动与斜坡的倾斜度无关。如果球从斜坡滚下后进入一个水平面，那么，这个球将以一种均匀的速度在这个水平面上不断地向前滚动。


SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRA-
GALILEO GALILEO PA-
TRITIO FLORENTINO
PERSPICILLI
QVATVOR PLANETIS
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.
M. D C X

《星空信使》书影

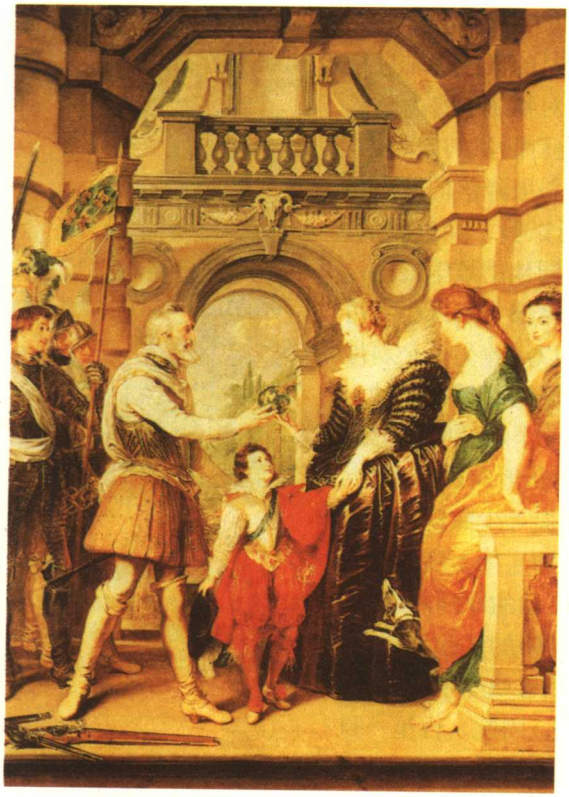
《星空信使》是伽利略的另一部著名作品，该著作发表于1611年。在书中，伽利略公布了他采用望远镜观察天体后所得到的各种新发现。

除了希腊的原子论者和列奥纳多、邦内德提等少数现代学者以外，大多数人都认为，任何运动都需要有一种连续不断的力去推动它。比如，行星的运动有亚里士多德的“不动的原动者”，太阳的运动有开普勒所说的以太。但是，通过伽利略的试验和研究，人们才知道，运动是不需要外力的，外力只能让运动产生或中止，或者改变运动的方向。由于物质具有惯性作用，因此，行星一旦开始运动，就不需要什么外力去推动。但我们必须解释：为什么在运动中，行星会不断地离开直线路径，去围绕着太阳周转。在伽利略以前，人们是不可能提出这个问题的；现在，不但可以提出这个问题，就连解决这个问题的大门都已打开。因为，解决这个问题的人已经出现在我们眼前，这个人就是牛顿。牛顿出生在公元1642年，也就是伽利略去世的那一年。

在动力学方面，伽利略还有一个重大发现。在伽利略以前，人们对物体的抛射路线一直都争论不休。经过长期的观察，伽利略发现，抛射物的运动方向有两个：一个是沿着水平方向作匀速运动，另一个依照自由落体定律作垂直运动，从这两个方向运动所形成的路线就是抛物线。

在哲学的许多观点上，伽利略与开普勒和牛顿比较接近。伽利略在自然现象中努力寻找数学关系，这不是故弄玄虚，而是为了解和认识自然变化的客观规律。我们从中可以发现，伽利略已经超越了经院派以人为中心的哲学。经院派哲学认为，整个自然界都是因为人类而存在。但伽利略认为：上帝把严谨的数学赋予自然，然后通过自然创造出人类的理解力，从而使人类在付出艰辛的努力之后，可以探寻出自然界的一些奥秘。

欧几里得及其早期数学家把几何学列入数学领域，希帕克、哥白尼和开普勒把天文学归类为几何学，而伽利略则把动力学作为数学的一个部门。要从一团混乱模糊的概念中建立一种新学科，必须首先对新学科进行科学合理的解释，并且，这种解释应该在一个较长的时间内经得起推敲，同时，如果可能的话，这种解释还可以在数学上进行量化分析。为了有利于研究自由落体的加速度问题，伽利略将自古以来有关距离和时间的概念用确定的数学形式来表现。其他数学家的研究兴趣主要体现在结果方面。他们认为，地上的运动和天体运动完全不同，地上运动是形而上学的一个分支。他们对运动的分析，是借助于作用、动因、目的、自然位置等模糊概念，而对于运动本身，则几乎没有涉及。即使有所涉及，也只是列举了几种运动的区别，如自然运动与剧烈运动的区别、直线运动与圆周运动的区别等。伽利略认为，



伽利略的献礼

伽利略（1564—1642年），意大利物理学家，主张研究自然界必须进行系统的观察和实验。通过反复实验，他推翻了亚里士多德关于“物体下落的速度与重量成比例”的学说，建立了自由落体定律。他还发现了惯性定律、摆振动的等时性、抛物体运动定律。他使用望远镜证明了哥白尼的日心说。1632年发表《关于两种世界体系的对话》，次年遭到罗马教廷的判罪。伽利略对自然界的这些发现，不是在沉思中得到的，而是在不断的实验中找到的。一切真理，都依赖于不断的实验行动，而非沉思。图为伽利略向意大利的梅迪契家族献上他所制作的地球仪。

仅仅用几种运动的区别来解释运动，是没有说服力的，伽利略要研究的不是为什么产生运动而是怎样产生运动。提出的时间和空间，成为了物理学中最重要的内容。从此之后，时间和空间的概念就一直是物理科学中的最基本内容。伽利略还提出，在惯性中，除了重量之外还应该有另外一个量。不过，第一个对质量作出准确定义的是牛顿，而能量这个概念的定义，则是19世纪中叶后逐步形成的。

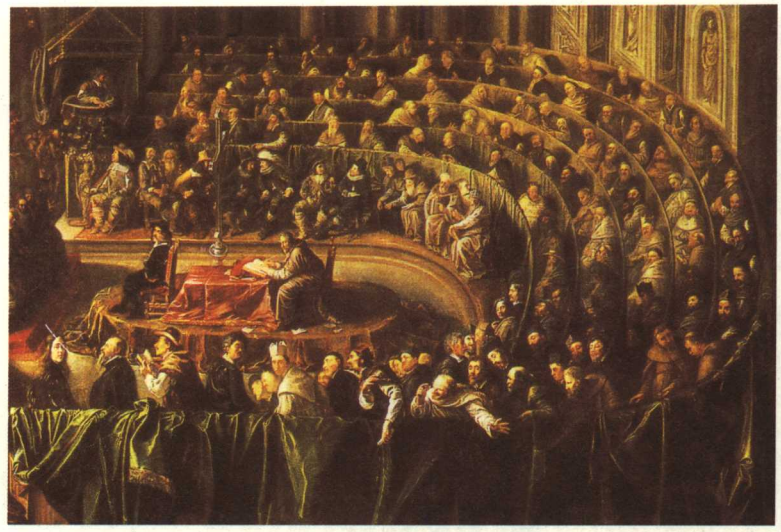
伽利略在动力学方面迈出了最艰难的第一步，即从经院哲学分析运动变化时所采用的模糊，进入到用确定的数学形式来表现时间和空间的概念。贝尔特教授认为，我们现在遇到许多哲学难题都是由此带来的。如果没有伽利略的努力探索，动力科学不可能有那么大的发展；如果伽利略的继任者把这门学科和形而上学的某些问题估计得过高，这并不是伽利略的过错。事实上，对于那些只需通过推测就能解答的问题，伽利略宁愿让人认为自己无知也不愿信口开河。伽利略坦率地承认，自己对力的本性、重力原因和宇宙的起源等问题知之甚少。他认为，与其不懂装懂地胡言乱语，不如坦然地宣布：我不知道。

在物理学方面的其他问题上，伽利略的认识也与前人不同。开普勒承认物质的第一性和第二性存在着差别，而伽利略进一步提出，物质的第二性不过是人的一种主观反映，它与物质的第一性存在着本质的区别。在这个问题上，伽利略与古代原子论者的观点一致，因为，在不久以前，原子论者的哲学已经复活了。伽利略说：当我在想象一个有形的物质时，我马上就会想到，这个物质应该是具体的；与其他事物相比，它是大还是小；它在什么时间位于什么地方；它是运动的还是静止的；它是单个的还是多个的。总之，我不能想象，会有哪一种物体不具备这些条件。但是，我不承认白与红、苦与甜、有声与无声、香与臭等与物体有必然联系。如果不是通过感觉的反映，光用推理是无法想象的。表面上看，味、臭、色等好象一直存在于物体中，其实，它们只是一个名称而已。它们只能存在于有生命的物体中，如果去掉有生命的物体，那么，这个事物的本质特征也就不复存在了。

顺着这个思路，伽利略再次发现了德谟克利特的原子学说。在接受物质原子说的同时，伽利略还对原子在数目、重量、形状以及速度方面的差别，作了详细的分析。

伽利略对自然界的认识与他的同代人完全不同。大多数人都认为，色、声、味、臭、热、

冷等是事物的固有特性，而伽利略认为，这些特性不过是观察者的一种感觉而已，所谓的事物特性是由原子的运动而形成的，而原子运动的本身又必须服从于数学的必然性。因此，伽利略提出，尽管原子是大自然的产物，但它也是一种客观实在，而事物的第二性只是人的一种幻觉。100年之后，英国的贝克莱主教也提出，从本质上讲，事物的第一性也是建立在人的感觉基础上的一种思想观念而已。



审判伽利略

宗教裁判所的设定就是为了审判与正统教义相违背的异端思想，而科学正是在与宗教迷信思想的对抗中确立起来的。伽利略《关于两个世界体系的对话》，站在“日心说”的角度为哥白尼辩论，其异端思想触犯了《圣经》和教皇，遭到罗马教廷的控诉和审判。

伽利略的这些说法当时遭到了人们的批评。但有一点可以肯定，一些二元论以及唯物主义的哲学则由此产生出来。这些批评者犯了法国百科全书派同样的错误，他们把一门科学与整个科学、把整个科学同形而上学混为一谈。对此，我们将在本书的后面几章中，对这些问题进行专门的讨论。





第 4 章

以牛顿命名的17世纪

牛顿生活的17世纪，是现代科学发展的一个重要时期。在这一时期，产生了现代物理学，涌现出了伽利略、开普勒、牛顿等科学大师。而伽利略的自由落体实验、牛顿的万有引力定律更是现代物理学的基石。

伟大的理性主义者

17世纪是新兴的资产阶级思想文化体系形成、发展和普及的时期。这一时期的思想家们依据一种新的理性思维和科学方法来全面考察和批判封建专制社会和宗教思想，鼓吹社会变革，高举自由、平等的旗帜，以理性为尺度，肯定个人的权利和利益，强调天赋人权、自由平等和人们创造力的至关重要性，探讨未来社会的发展道路和模式，创造新的思想体系。

17 世纪的科学状况

SHIQI SHIJI DE KEXUE ZHUANGKUANG

伽利略用实验证明，保持物体连续不停地运动，用不着不断地添加动力。因为，物体的运动一旦开始之后，由于物体自身重量的惯性作用会使物体继续运动。



关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话　插图

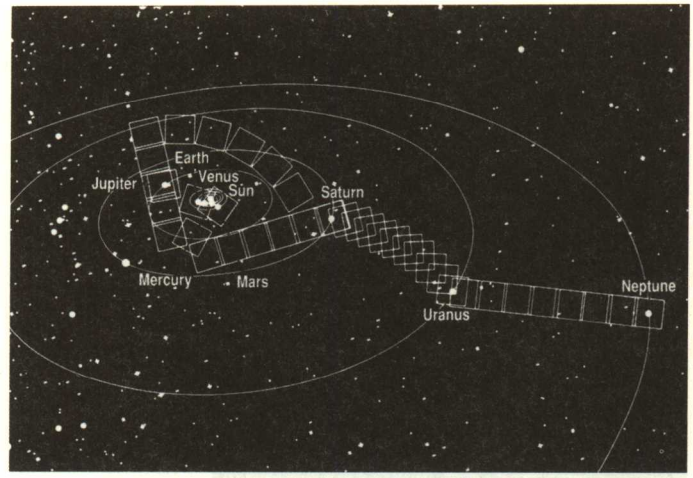
伽利略在《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》一书中，以确凿的证据证明了哥白尼的“日心说”，动摇了宗教教会的统治基础。图中将两个不同时代的人托勒密（中）和哥白尼（右）放在一起交流，天文学的理论就是在这种氛围中逐渐科学化、系统化的。

现在，我们来到现代科学早期的一个重要发展阶段。由于牛顿在物理学上的杰出贡献，伽利略和开普勒的研究成果已经和牛顿的研究成果融为一体，成为了现代物理学中的一个重要组成部分。我们在前几章所介绍的有关欧洲的科学和哲学状况，可作如下描述：

包罗万象的经院哲学大厦，尽管在唯理论的训练方面还具有一定的作用，但随着科学的发展，它的作用也越来越小。邓斯·司各脱与奥卡姆重新提出唯名论，新柏拉图主义的产生，由此构成了哥白尼和开普勒的哲学基础。伽利略、吉尔伯特及其门徒用数学方法和实验方法所取得的成果，动摇了经院哲学这座大厦。吉尔伯特和哈维向人们介绍，怎样用经验的方法来进行实验。伽利略则证明了哥白尼和开普勒所说的在天体运动中有着重要意义的和谐数学，其实也存在于地面运动中。经院哲学用“本质”、“原因”来解释物体的运动时，既不清楚也不准确。现在，“本质”、“原因”这些模糊概念已经被时间、空间、物质和力等物理基本概念所取代。现在，这些基本概念第一次有了明确的定义，同时，人们借助这些概念并运用数学的方法，发现了物体的运动形式并测定出了物体运动的实际速度和加速度。

伽利略用实验证明，保持物体连续不停地运动，用不着不断地添加动力。因为，物体的运

动一旦开始之后，由于物体自身重量的惯性作用会使物体继续运动。在这个实验中，伽利略的研究已经涉及到质量和惯性的问题了。虽然他还没有对质量和惯性作出明确的定义，但他对自由落体的研究结果，已经足以说明惯性与重量之间的本质关系。经院哲学家把亚里士多德的本质与性质提高到一个至高无上的地位，现在，它必须让位给物质与运动。哥白尼和开普勒对和谐数学所作的神秘解释，正在转变成这样一种观念：当事物的某一个变化可以通过数学公式用物质和运动来表示的时候，这个变化也就可以用机械学来解释，或者用伽利略的力学来解释，或者用笛卡儿所想象的旋涡法来解释。公元 1661 年，波义耳还在化学中驳斥经院哲学的思想。在物理学中，经院哲学虽然已经死去，但还没有被埋葬，在牛顿及其同代人的著作中，我们还可以听到昔日的争论声。在公元 1673 年，当惠更斯发表了他对重力、摆、离心力和振动中心的研究结果时，新的数学方法在动力学中的作用就更加突出了。



宇宙中的“以太”

“以太”是古希腊哲学家所设想的一种宇宙媒介。17 世纪时为解释光的传播，以及电磁和引力现象又重新提出。但是认为光是一种机械弹性波，其传播媒介是以太。它无所不在没有质量，但有极大的刚性。笛卡儿在研究万有引力的时候，认为行星的运动是因为在行星周围有旋转的物质(他认为这种物质是以太)作用在行星上，使得行星围绕太阳运动。



吉尔伯特

吉尔伯特是 17 世纪英国的医生和物理学家。他和伽利略一样是实验先驱者，以数学方法和实验方法来驳斥迷信。比如当时人们认为在磁铁上涂抹大蒜会破坏磁性，吉尔伯特则用实例证明了这一说法的不切实际。

伽利略采纳了原子说的基本观点，而伽桑狄则对伊壁鸠鲁以前的学说进行了修正和发挥。人们最初认为，自然界是由运动中的物质组成的，在此基础上，形成了动力学和天文学的概念。现在，人们已开始用这种概念来分析物体的内部结构。伽利略的动力学并不需要原子论，但它能与伽利略的研究成果相互融洽。

行星中的以太，是 17 世纪希腊天文学中的另外一个重要概念，运用这个概念，开普勒阐述了太阳使行星运动不息的原因。笛卡儿给这个概念披上了一层神秘的色彩，并以此形成了他的天体机器的旋涡，同时，笛卡儿还从这个概念中推导出了物体的重量以及其他的性质。吉尔伯特用这个概念来解释磁力的作用，而哈维则把以太说成是将太阳的热力传给动物的心脏和血液的媒介。

在当时，“以太”这个概念还与神秘学派的存在理论纠缠不清。要知道，那时的人还不能理解我们现代人所说的物质与精神的概念。因此，那些“灵魂”、“动物元气”之类的概念，被当时的人认为是“发射气”和“蒸发气”。实际上，“发射气”和“蒸发气”是一种物质，物质与精神的概念就这样纠缠在一起。在当时，只有笛卡儿一个人认识到，空间中延展



笛卡儿的生活场景　油画　17 世纪

笛卡儿是近代理性主义的鼻祖，代表作有《方法论》、《沉思录》、《哲学原理》等。他认为科学发现的逻辑要求人们从事实出发，通过一系列的演绎推理从事实中得出逻辑结论，其思想为西方科学奠定了基础。在《哲学原理》一书中，他试图用一套独特的力学原理体系来说明一切自然现象。

霍布斯　油画　17 世纪

托马斯·霍布斯（1588—1679 年）英国近代伟大的哲学家、思想家，对近代资本主义和政治思想有巨大贡献的政治学家。他全面发展和深化了培根的经验主义和实验主义新哲学，也是数理逻辑和符号语言哲学的最早先驱者。霍布斯认为，世界上本没有神，宗教不过是人类无知和恐惧的产物，但又提出宗教有助于维持社会秩序。



的物质和人的思想有着根本的差别。而其他的大部分人则认为，物质与精神的区别就是固体、液体与气、火、以太、精神的区别。人们用“以太”来解释各种现象，就是为神灵的出现作准备。

对当时的流行观点表达得最清楚的是吉尔伯特。吉尔伯特提出：磁力能够把物体吸引到磁石上，是因为“磁素”的原因，而重力与磁力具有同样的性质，由于每个物体都有一个“灵魂”，所以，磁力能够放射到空中去吸引所有的物体。

有一点我们必须注意，在 17 世纪中叶，几乎所有的科学家和哲学家都是用基督教的观点去观察世界。宗教与科学互相对立的现象是后来才出现的。伽桑狄再次提出原子论的时候非常谨慎，他极力避免同古代原子论中的无神论沾边。笛卡儿的反对者指责笛卡儿自设计了宇宙机器后，没有给上帝留下控制的空间，但笛卡儿自己却认为，自然界的数学定律还是上帝创立的，人们通过思想世界也可以与上帝接触。霍布斯将哲学用于自然科学方面所取得的实证知识，拿来抨击神学，并且把宗教指责为公认的迷信。但是，他却赞同国家建立和实行以《圣经》为基础的宗教。不过，霍布斯的行为只是一个例外。一般来说，几乎所有的学者都接受了有神论的假定，这并不是出于护教的需要，而是学者们认为这个假定能够被大众普遍接受，而任何宇宙学说又必须同这个假定相符合。

在当时，社会上还存在着中世纪的思想意识。因此，波义耳要反驳经院哲学家的化学观点，就同反驳炼金家的化学观点一样困难。虽然数学家和天文学家赞同哥白尼的理论，然而一般的教科书仍然是讲托勒密的理论，占星术也依然受人重视。由于内战不断，世事变化无常，因此，占星家的许多预言都有应验的机会。就连少年时代的牛顿，也认为占星术是值得研究的。据说，在公元 1660 年牛顿刚进剑桥大学时，有人问他要学什么，牛顿回答说：“我要学数学，因为，我准备去检验人事占星术。”这个事例说明，牛顿思想的转变，主要是由他自己所从事的工作形成的。有关占星术的书籍特别是历书之类的著作，虽然在牛顿之后一直都在出版发行，但到 17 世纪末，只有那些无知的人才可能对它们产生兴趣。

17 世纪的科学学会

SHIQI SHIJI DE KEXUE XUEHUI

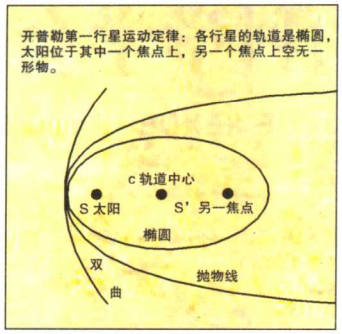
1560 年，欧洲第一个科学学会在那不勒斯成立。随后，其他国家也相继成立了类似的组织。当这些组织纷纷成立后，科学的发展速度也越来越快。

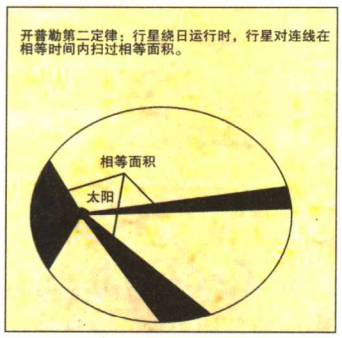
牛顿学术环境的形成有多种因素。多年来，新学术一直遭受亚里士多德派的阻挠，但随着新学术思想逐渐渗进大学，学习自然哲学的人也不断地增加，增加的具体表现，就是学院的各种学会纷纷成立。会员常常聚在一起讨论新问题，新学术思想不断涌现出来。在这类学会中，最早的一个学会是 1560 年出现在那不勒斯的“自然秘奥学院”。1603 到 1630 年，属于伽利略的第一个“猞猁学院”在罗马成立。1651 年，在佛罗伦萨，梅迪奇的贵族们创立了“西芒托学院”。在英国，自 1645 年开始，学者们以哲学院或“无形学院”的名义经常在格雷汉大学或伦敦集会。1648 年，由于内战，格雷汉大学的大部分会员迁往牛津，不过，在 1660 年，伦敦的集会又开始恢复。1662 年，经国王查理二世批准，这个学会正式命名为“皇家学会”。在法国，路易十四于 1666 年创立了类似的科学院。不久，在其他国家也出现了类似的组织。这些学会的具体活动是：经常组织学术讨论，然后把科学界的意见集中起来，向会员们公布最新的研究成果。所以，当这些组织纷纷成立后，科学的发展速度也越来越快。在这些学会中，有一大半很快就开始发行定期刊物。在这些刊物中，最早的科学杂志大概是《学人杂志》，它于 1665 年在巴黎首次发行。3 个月后，又诞生了《皇家学会哲学杂志》；最初，《皇家学会哲学杂志》是由皇家学会秘书私人举办。不久，各种科学杂志也相继出现，不过，直到 17 世纪末，许多数学家还主要是通过私人通信的方式来

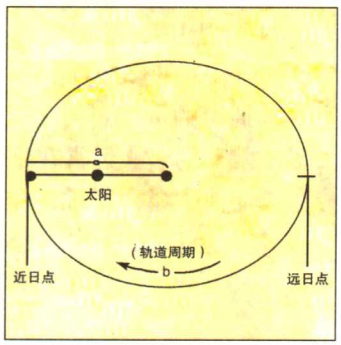
牛顿和他的科学成果　油画

爱萨克·牛顿被誉为人类历史上最伟大的科学家之一。他是经典物理学体系的建立者，在天文学、光学以及数学方面都有研究，极大地促进了现代科学的发展。其主要代表作是被人赞誉为 17 世纪物理学和数学百科全书的《自然哲学的数学原理》。









开普勒三大行星运动定律

开普勒三大定律指出行星运动的轨道是椭圆而非圆形，并且其运动速度是有快有慢的。这对古希腊美学以及中世纪宗教论证的天体的运行是“神圣、完美、和谐”的圆周运动，提出了权威性的质疑。

宣布他们的研究成果。由于这种方式效率不高，许多人开始尝试采用新方法来提高效率，于是，为发明权而产生的各种争执不断，牛顿和莱布尼茨之间的争执就是其中一例。

开普勒的研究成果为人们提供了一个太阳系的模型，但是，在没有对太阳系进行天文测量以前，这个模型与太阳系的实际比例却无法测定。

1672 年，路易十四的大臣科尔伯派遣里希尔到法属圭亚那的卡宴去进行海上天文观测。在观测中，里希尔对行星与火星的视差进行了测量，人们根据测量的结果进行分析研究，发现太阳和某些行星的体积相当庞大，而太阳系的规模更是大得惊人。与太阳系相比，地球和地球上的人显得非常渺小。

在前面，我们对牛顿曾作过简单的介绍。爱萨克·牛顿，生于 1642 年，卒于 1727 年。出生于林肯郡伍耳索普一个拥有 120 英亩土地的小地主家庭。牛顿是一个遗腹子，自幼体弱多病，少年时代在格兰瑟姆文法学校学习。1661 年，牛顿进入剑桥大学三一学院。在三一学院，牛顿聆听过巴罗的数学讲演。四年之后，牛顿被选为三一学院的研究生，第二年被选为校委。此时，剑桥瘟疫流行，牛顿回到伍耳索普，开始研究行星问题。伽利略在研究天体运动时曾提出，要使行星和卫星保持在轨道上运行，而不是沿着直线飞向空中，必须有一个条件。伽利略认为，这个条件就是吸引力，但是，吸引力是否存在，还有待于人们去进行证明。

据伏尔泰介绍，牛顿在果园中看见苹果坠地时受到启发，从而打开了他解决这个问题的思路。苹果坠地的现象引起牛顿去思考物体坠落的原因，同时，牛顿也很想知道地球的吸引力到底有多大。既然在最深的矿井和最高的山上都能感受到这种吸引力，那么，地球的这种吸引力是否也可以对月球产生作用，月球上的物体能否不循直线向空中飞去，而是不断地坠向地球。看来，在牛顿的思想中，已经有了吸引力会随着距离平方的增加而逐渐减小的意识。事实上，在当时，其他人也有这样的想法。在 1872 年，牛顿同母异父的妹妹汉娜·巴顿的后裔朴次茅斯勋爵把牛顿的手稿赠送给剑桥大学。在这些手稿中，牛顿曾在一份备忘录里介绍了他的早期研究工作：

就在这一年，我开始设想怎样把重力引申到月球的轨道上去，特别是在弄清了圆形物在球体中旋转时所产生的



钟表状的宇宙

太阳系的钟表状模型是 1712 年由约翰·罗利做成的，其中太阳处在中心，地球和月球围绕太阳旋转。牛顿把宇宙看作是一个巨大机器的思想在此得以反映。上帝说：不要打搅牛顿！于是一切昭然若揭。

压力之后，我就从开普勒关于行星的公转周期与其轨道的半径成比例的定律中，推导出行星在轨道上运行的力量必定与其到旋转中心距离的平方成反比。于是，我把推动月球在轨道上运动的力与地面上的重力进行比较，发现它们差不多密合。不过，这一切都是发生在瘟疫流行的1665年与1666年。我发现，这是处于上升时期的年代，我对数学和哲学关心程度，超过了任何一个年代。后来，惠更斯先生发表了他关于离心力的研究成果，我想，这些研究成果应该是在我之前就已经取得了。

在这里，读者可能已发现，牛顿没有提到他的朋友彭伯顿所说的那些故事。由于牛顿用来测量地球大小的数据不精确，因此，他通过计算而得到的月球运动的推动力与重力是不一致的。于是，牛顿就把他的计算抛在一边，只是说这种推动力与重力“差不多密合”。卡焦里教授也发现了这个问题，同时，卡焦里教授还用事实证明，当时已经出现了几个有关地球大小的比较精确的估计数据。在 1666 年，牛顿应该是知道这些数据的。在这些估计数据中，冈特尔提出：1 纬度等于 66 英里。根据牛顿的朋友彭伯顿介绍，在计算中，牛顿采用的是 1 纬度为 60 英里。卡焦里说：牛顿读过冈特尔的书，应该说，牛顿是知道冈特尔的估计值即 1 度等于 66 英里。这个数据与斯内耳的数据十分相近。如果牛顿用 1 度等于 60 英里的数据来计算，那么，他计算出物体从静止到向下坠落时第一秒钟所走的距离就是 1呎，而正确的答案应该是16.1呎，误差只有0.47呎，所以，牛顿认为“它们差不多密合”。

1887年，亚当斯和格累夏提出，牛顿迟迟不公布他的计算结果，是可以理解的。因为，牛顿知道，要解释引力理论是非常困难的。相对于太阳和行星的之间的遥远距离，太阳和行星的体积是如此的渺小，在研究它们之间的关系时，可以把每个星体的质量全部集中在一点来分析。但月球与地球之间的距离却没有太阳和行星之间大，因此，如果把月球或地球当作一个质点来观察就不大可能。另外，在计算地球和苹果之间相互吸引的问题时，我们应该知道，与苹果相比，地球是庞大的。当有人第一次计算地球表面上一个小物体的引力时，势必会遇到很大的困难，大概这也是1666年牛顿把他的工作停下来的主要原因。卡焦里认为：牛顿自己知道重力会随着纬度的变化而变化，同时，地球在自转中形成的离心力也会受到影响。牛顿已经意识到，如果要对重力进行解释，这其中的困难远远超出了他原来



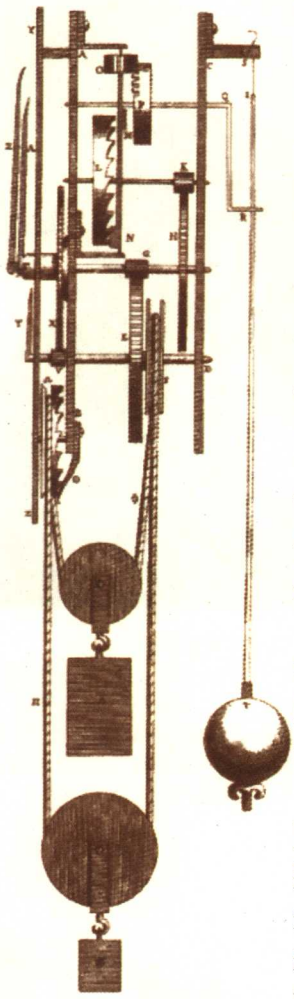
落下的苹果触发了牛顿的灵感　漫画

在牛顿发现万有引力定律以前，已有许多科学家曾经思考过这个问题，比如开普勒就认识到，要维持行星沿椭圆轨道运动必定有一种力在起作用。一个落地的苹果解开了牛顿思维中的困顿和疑惑，也令牛顿的万有引力定律诞生。



皇家天文台　油画

英国格林尼治天文台位于伦敦市东郊，是 1765 年在查里二世倡导下所建，是英国最早的皇家天文机构之一。



惠更斯摆钟里的滑轮

早在阿基米德时，他就对杠杆平衡条件作了一些研究，并把研究运用在实践中，制作出一系列杠杆滑轮系统，利用很小的力搬动巨大的物体，促进了当时农业、军事的发展。其后滑轮装置在日常生活中被广泛运用，公元1656年，荷兰科学家将滑轮引入时钟，发明摆钟。

的想象。1671年，牛顿又重新开始研究这个问题，但仍然没有公布他的计算结果，这大概还是因为同样的原因。另外，牛顿当时在光学实验中所引起的争论，也使他心情不愉快。牛顿说："在过去的几年中，我离开哲学后一直在努力地从事其他研究"。事实上，牛顿对化学的兴趣大于天文学，对神学的兴趣大于自然科学。因此，晚年的牛顿极不情愿将他的时间用到哲学研究中。

惠更斯是荷兰外交家和诗人的儿子，1673年，他发表了一部动力学著作《摆钟论》。惠更斯以动力系统中的动能守恒原则为前提，创立了振动中心说，同时，惠更斯还发明了一个可以广泛应用于力学和物理学的新方法。惠更斯测定了摆长与摆动时间的关系，发明了弹簧摆，还创立了渐屈线理论。

就我们的研究目的而言，惠更斯最重要的研究成果是他在这部著作后面部分提出的有关圆的运动。我们在前面说过，1666年，牛顿也作出了同样的结论。下面，我们用一种比较简单的方法来介绍这一成果：

假设有一质量为m的物体，它以u速度在半径为r的圆上运动，这就像把石头拴在一条线上进行旋转一样。按照伽利略的原则，在这个运动中，必定有一个力在中心发挥作用，而惠更斯则证明了，由这个力所形成的加速度 a 一定等于 $u^{[2/r]}$。

到1684年，大家还在对引力问题争论不休。胡克、哈雷、惠更斯以及雷恩都这样说过：如果把行星的椭圆轨道假设为圆形，那么，它平方的反比就是力的定律。我们可以用两个前提来推论这个定律。这两个前提，一个是惠更斯提出的，半径为r的向心加速度 a 是 u^2/r；另一个是第三定律，即 r^2/u^2 随 r^3 而变化。开普勒的推论结果说明，u^2 将随着 $1/r$ 的变化而变化。所以，加速度 u^2/r 即力也将随着 $1/r^2$ 的变化而变化。

在对这个问题进行深一步研究的时候，几位皇家学会会员提出，如果行星按照开普勒第三定律，即以平方的反比关系在吸引力下运行的话，那么，这个行星是否还可以按照开普勒的第一定律又在椭圆轨道上运行呢？哈雷无法用数学方式来解答这个问题，于是，他到剑桥三一学院去请教牛顿，结果发现牛顿早在两年前就已经解决了这个问题。虽然牛顿的手稿已经遗失，但牛顿凭着记忆很快地将手稿的内容重新写了出来，牛顿把手稿以及其他一些材料全都送给了哈雷。在哈雷的推动下，牛顿也重新



惠更斯　油画

克里斯蒂安·惠更斯（1629—1695年），荷兰物理学家、天文学家和数学家。他留给人们的科学论文与著作有68种，《全集》有22卷，在碰撞、钟摆、离心力和光的波动说、光学仪器等多方面作出了贡献。

开始研究这个问题。1685 年，牛顿克服了计算上的困难，终于证明了一个具有引力的球体在吸引其他物体时，所有的质量都将集中在它的中心。有了这个证明，那种把太阳、行星、地球和月球全都看成一个质点的观点，就显得比较合乎情理了，从而也把以前的粗略计算提高到极其精密的计算。在论述这个证明的重要性时，格累夏博士说：我们从牛顿自己的谈话中知道，在这个定理没有被数学证明之前，牛顿也没有想到会有这样美妙的结果。这个定理一经证明以后，宇宙的全部结构便立刻展现在他眼前。现在，牛顿完全有能力把准确的数学分析应用到实际的天文学研究中。

这一成就为牛顿的天文学研究扫除了障碍。在研究中，牛顿一直试图将天体的力和地球的吸引力联系起来，他利用皮卡尔在测量地球时所取得的新数据，再次研究重力与月球这个老问题。现在，可以把地球的引力看成一个中心，这个中心就在地球的正中。如果要验证牛顿的假设则十分简单。我们知道，月球与地球的距离大约是地球半径的 60 倍，地球的半径是 4000 英里。由此，我们就能够计算出月球运行的直线路程，月球向地球坠落的速度，大约是每秒 0.0044 英尺。如果平方反比律不出现错误，这个下坠的力量在地球上应该比在月球强 3600 倍，因此，地面物体坠落的速度应该是每秒大约 16 英尺，这个数据与当代的观测结果大体相当。经过验证，这个证明完全成立。这样，牛顿也就证明了那些向地面坠落的苹果或石头，同天空中沿着轨道运行的月球一样，它们都被一个未知的原因所支配。

哈　雷　油画

哈雷（1656—1742 年）英国天文学家、数学家，著名的哈雷彗星的发现者。哈雷已经知道开普勒的行星椭圆轨道定律，也想到了引力的平方反比关系，但还无法证明后者即是前者的动力学原因。1684 年得到牛顿的证明结果后非常高兴，鼓励并资助牛顿出版他的名著《自然哲学的数学原理》。

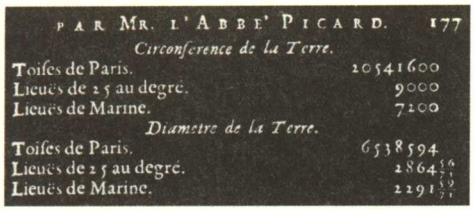


牛顿测量地球（下）　布莱克　版画　1795 年

1666 年，牛顿以苹果和月亮为例子做计算，粗略估计出了地球半径的长度。直到5年后，法国科学家皮卡尔精确测量出地球半径，至此，牛顿对苹果和月亮的计算，精确地验证了他的假说：引力与距离的平方成反比。

牛顿证明了重力使行星轨道成为椭圆，这也对开普勒的定律作了合理的解释，同时，牛顿还把他在月球方面所取得的研究成果推广运用到其他行星的运动中。这样，有关整个太阳系那错综复杂的运动，就可以通过一个假设把它推论出来。这个假设是：质点与质点的相互吸引力，与两点的质量的乘积成正比，而与它们距离的平方成反比。用这种推论推导出来的运动，与人们的观测结果完全符合。过去，人们一向认为，彗星的运动没有规则因此无法计算，但现在可以计算了。在 1695 年，哈雷曾这样说过，他于1682年观察了许多彗星，从彗星运行的轨道来看，这些彗星是由一种重力所控制，它是周期性运动。




PAR MR. L'ABBE' PICARD. 177

Circonference de la Terre.

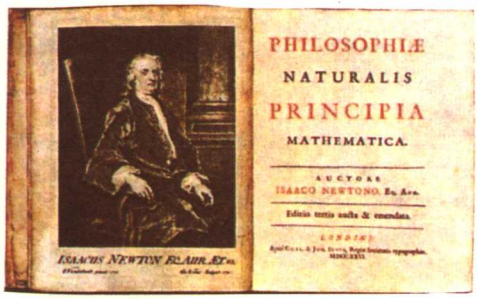
Toiſes de Paris. 20541600
Lieuës de 25 au degré. 9000
Lieuës de Marine. 7200

Diametre de la Terre.

Toiſes de Paris. 6538594
Lieuës de 25 au degré. 2864 50/71
Lieuës de Marine. 2291 59/71

皮卡尔的测量结果

皮卡尔对地球半径的测量结果在1671年的科学界是桩大事，但牛顿却在1682年才知道此事。据说牛顿得知皮卡尔的结果，立刻跑到他那里用这个新的地球半径数值，来重新计算用苹果和月亮算出来的数字，结果完全吻合。



《自然哲学的数学原理》书影

牛顿1687年出版的《自然哲学的数学原理》一书中，提出了力学中的三大运动定律，并把地球上的物体运动与太阳系内天体运动统一于三大定律的研究之中。他从苹果落地的启示中得出了“万有引力定律”，对宏观物体的运动作出了精确解释。

亚里士多德认为，天体与我们这个有缺陷的世界不是同类，天体是神圣的并且永远都不会腐坏。但现在，人们却把天体纳入了天文学的研究范围中，并且用伽利略和牛顿的实验证明，天体也处于数学的和谐之中。1687年，牛顿的《自然哲学的数学原理》一书出版，这可以说是科学史上的最有影响的一件大事，至少是近代的一件大事。

与吸引力相关的另一个问题是潮汐。在牛顿以前，人们对潮汐认识非常模糊。开普勒认为，潮汐产生的原因是月球，因为，开普勒是一个占星家，他还提出恒星和行星对潮汐也有影响。因此，伽利略曾嘲笑开普勒，说开普勒对于月球支配水以及神秘的特性等一类琐事，全都表示赞同。

《自然哲学的数学原理》一书的出版，第一次为潮汐理论奠定了坚实的基础。牛顿利用数学方法，研究了月球与太阳的引力汇合在一起后对地球表面上水的影响。在研究中，牛顿还把流水的惯性以及狭窄的海峡和运河的影响估计在内。潮汐情况非常复杂，自牛顿以后，还有许多数学家也提出了他们的理论，其中，影响较大有拉普拉斯和乔治·达尔文爵士。但是牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中所作的论述，至今仍然具有价值。

牛顿的质量理论

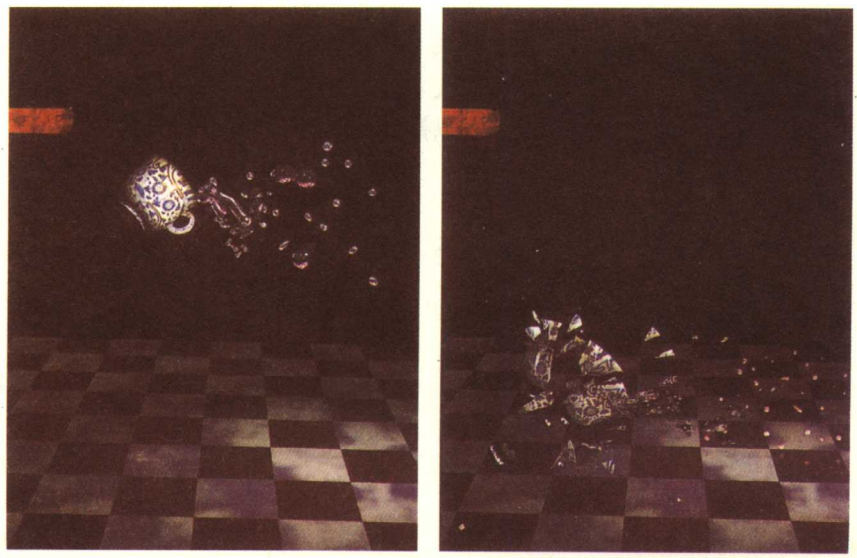
NIUDUN DE ZHILIANG LILUN

如果摆锤的大小相同，它们遭受的空气阻力也相同。如果摆锤的摆长相等则摆动的时间也相等。这样，牛顿用通过实验而获得的最大精确度证实了重量与质量成正比。

在伽利略的研究成果中，已经开始涉及物质的质量、重量以及惯性等概念，以后，这些概念又出现在巴利安尼的著作中。巴利安尼是热那亚射箭队的队长，他最先开始把质量和重量进行区别。牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中，对质量和重量作了更为明确的解释。根据波义耳在空气容积和压力方面的实验，牛顿阐述了质量的概念。牛顿提出，既然在一定量的空气中，压力 p 与容积 u 成反比，那么，压力 p 与容积 u 的乘积 pu 就应该是一个常数，用这个常数可以量度一定容积中空气的质量。于是，牛顿对质量作了这样一个定义："用物体的密度和体积的乘积来量度的就是物质的量"。而牛顿给力下的定义是"力是一个物体所受到的、足以改变或即将改变该物体的静止状态或运动方向的运动"。

牛顿把他的观察结果归纳为运动三定律：

定律一：在没有外力的干扰下，每一物体始终都保持着一种静止或等速直线运动的状态。



杯子破碎
电脑合成图片

19 世纪后半叶，马赫在《力学》中对牛顿的绝对时间与绝对空间提出了尖锐的批评。他认为，牛顿力学的绝对时空观缺乏经验事实的根据，是站不住脚的。当我们看一个杯子在地面上破碎的录像，我们很容易知道该录像是朝前放还是往后退，然而科学定律对时间是向前进还是向后退都是相同的。



牛 顿 雕塑

爱萨克·牛顿（1643年—1727年），英国伟大的数学家、物理学家、天文学家和自然哲学家。他在科学上最卓越的贡献是微积分和经典力学的创建。这是竖立于剑桥三一学院的牛顿雕像。

定律二：运动的改变与外力的大小成比例。

定律三：物体间的相互作用，大小相等，方向相反。

牛顿阐述的动力学基本原理，使动力学这一门学科持续发展了两百多年，直到1883年马赫发表《力学》第一版之前，还没有人对此提出过批评。第一个对牛顿动力学提出批评的是马赫，马赫认为，牛顿给质量和力所作的定义容易让人陷入逻辑上的循环论证中，因为人们只有通过感觉才能知道物质的存在，所以，人们也只能用单位容积中的质量来给密度下定义。

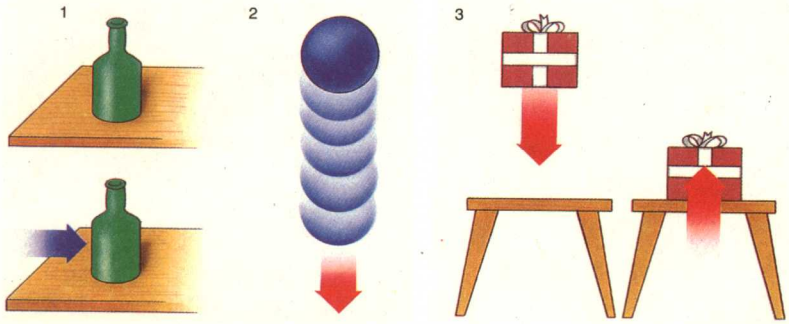
马赫在分析动力学的起源时说，在动力学的研究成果方面，实际上，不管是伽利略、惠更斯还是牛顿，他们发现的都是同一条基本原理，但由于历史的偶然情况，这一条基本原理却被人们用许多各自独立的定律或词句来分别表达了。

当两个物体互相作用时，它们各自所产生的反向加速度的比例是一定的，而对这两个物体起决定作用的就是质量。由于这个原理是通过实验而建立起来的，所以，我们可以下这样一个定义：即两个物体的相对质量，是用这两个物体与之相反的加速度的反比例来量度的，而力则是它们中任何一个物体的质量与加速度的乘积。

通过这个定义，我们可以摆脱牛顿定义中逻辑上的循环论证，从而得到一个以实验为根据的简单表述，并且，我们还能以此推导出伽利略、惠更斯和牛顿的许多原理，例如落体定律、惯性定律、质量概念、力的平行四边形，以及功与能量等。

伽利略通过自由落体实验，发现速度与时间成正比。这样，本原的关系就可以表示为 $mv = ft$，即动量的增加，可以用力与时间的乘积来量度，这就是牛顿定律。如果伽利略最初研究的结果是：加速度 a 在经过距离 s 时，其速度以几何极数增加，那么，这种关系就可以表示为 $v^2 = 2as$，这也是本原的关系。由于力和动量看起来比较简单，所以，功和能量的概念很久才被人们接受。事实上，它们是互相关联的，从其中一方可以推导出另外一方。

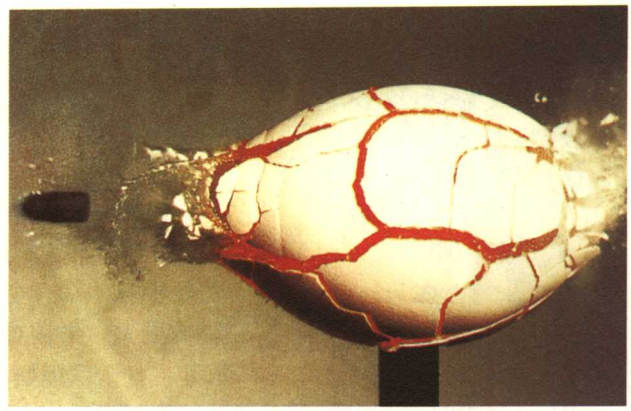
当然，我们也可以用另外一种方法来避免牛顿定义中的循环论证，这种方法虽然没有马赫那种方法完备，但它对一些相关问题却有所补充。牛顿已经认识到，人是从身体的肌肉用力中受到启发而知道动力概念的，他本来也可以顺着这个思路找到一个避免产生循



牛顿三大定律 合成图片

牛顿的三大运动定律的应用与力学有关。此三大定律为：①物体在未受到外力作用前，保持静止状态，或在直线上持续匀速运动。②当移动中的物体受到外力作用时，物体动量改变的时变率与所受外力成正比，且与其外力同一方向。③物体相互作用时，第一物体作用于第二物体的力和第二物体作用于第一物体的力必定大小相同，方向相反。

环论证的方法。我们可以将动力学看成是把对运动的感性认识提高到理性认识的科学，这就像热学同温暖的感觉有相似之处一样。根据我们对空间、长度和时间的认识体会，可以使我们产生本原的概念，同样，我们肌肉用力的感觉可以使我们产生力的概念。这一感觉可以量度出，当作用于不同的物体时，等量的力将产生出不同的加速度。我们把运动着的物体的惯性，即对于 f 力的抵抗，称为这个物体的质量，同时，也可以这样说，质量是通过一定的力所产生的加速度 a 的反比来度量的。所以 $m = f/a$。因此，我们说，质量概念的产生是一个思想认识过程，即通过人的肌肉用力而产生力的感觉。也许，有人对这种方法会提出批评，认为这是将心理学引入到物理学，但用这种方法来避免物理学中逻辑上的循环论证，还是有一定意义的。



射穿鸡蛋　摄影

力学知识最早起源于对自然现象的观察和生产劳动中的经验。牛顿运动定律的建立标志着力学开始成为一门科学。这张图片是高速摄影机拍下的一颗子弹以 450 米 / 秒的速度穿越一个生鸡蛋的瞬间情景。

质量概念被明确之后，通过实验，我们发现物体的相对质量是一个常数。于是，我们可以作出一个假设：这个近似的常数是真实而准确的，质量 M 是长度 L、时间 T 以外的第三个基本单位。在 J. J. 汤姆生和爱因斯坦出现以前，根据这个假设得出的许多推论都与观测以及实验的结果相符合。因此，我们可以说，这个假设是经过实验验证的，除了某种特殊情况外，在通常情况下它还是有效的。

明确了质量的概念，还必须找出质量与重量的关系。而所谓的重量，也就是地球的吸引力，这个问题也是由牛顿来解答的。

史特维纳斯和伽利略通过实验，证明了两个物体即 W_1 与 W_2，尽管重量不同，但它们都以同样的速度落地。地球引力所产生的力就是物体的重量，实验结果证明，因重力而形成的加速度 a_1 与 a_2 是相同的。根据我们给质量下的定义，两物体的相对质量 m_1 与 m_2 的关系，可以用下列公式来表示：

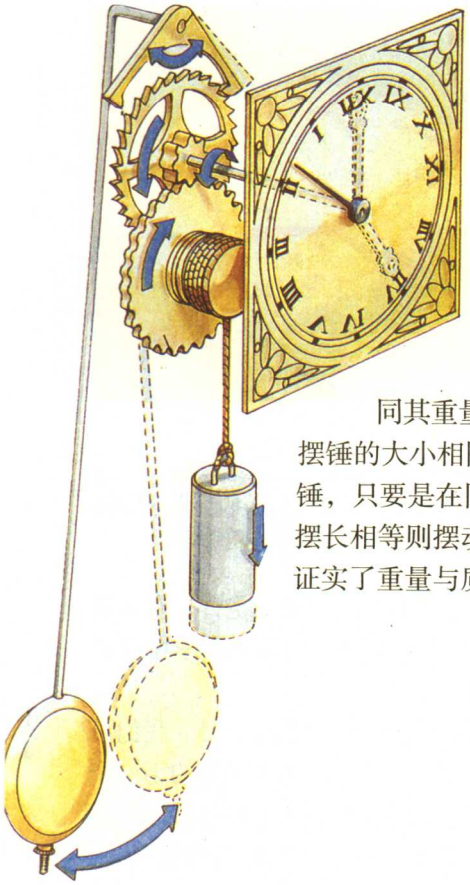
$m_1 = W_1 / a_1$ 或 $m_2 = W_2 / a_2$

$a_1 = W_1 / m_1$ 或 $a_2 = W_2 / m_2$

现在，我们已经知道，建立在形而上学基础上的任何学说，如来源于亚里士多德理论的经院哲学，是不可能推导出两个自由落体的加速度及其相互间关系的。史特维纳斯和伽利略在进行了自由落体实验后，两个自由落体的加速度相等才被得以证明。根据这个证明，形成了方程式中的质量、重量与力的公式：即 $W_1/m_1 = W_2/m_2$ 或 $W_1/W_2 = m_1/m_2$

这个公式表示，物体的重量与质量成正比。这是一个重要的研究成果。牛顿说，这个研究成果要求重力的产生必须只有一个原因，这个原因不是物体按照其质点表面的数量起作用，而是按照物体实际质量的数量起作用。事实上，牛顿通过对天文学的研究，证明了重力的作用一定是发生在太阳和行星的中心，并且在运动中它的力量丝毫不会减少。

伽利略的自由落体实验，在精确度方面还存在局限。为了取得最大的精确度，巴利安尼再一次作了自由落体实验。他将一个铁球和一个大小相等的蜡球同时坠落，在观察中发现，



钟摆示意图

钟摆的原理：从一端摆动到另一端，每次摆动来回所花的时间是相同的；即使因风吹而令摆动幅度大小改变，但结果仍是不变。根据这一理论伽利略因此发明了钟摆，并公布它的原理："无论钟摆的幅度如何，完成一次摆荡的时间皆同。"

当铁球坠落了50尺已经到达地面时，蜡球还差1尺到达地面。巴利安尼解释说，这是因为空气阻力而形成的差异。虽然两个球体都有空气阻力，但空气阻力对重量较轻的蜡球影响更大。牛顿对这个说法作了进一步的考察，他用数学证明：一个摆锤摆动的时间一定同其质量的平方根成正比，同其重量的平方根成反比。牛顿还用各种不同的摆锤来做实验，如果摆锤的大小相同，它们遭受的空气阻力也相同。不管用什么物质制成的摆锤，只要是在同一地点，在度量误差可以忽略不计的条件下，如果摆锤的摆长相等则摆动的时间也相等。这样，牛顿用通过实验而获得的最大精确度证实了重量与质量成正比。

牛顿的光学理论

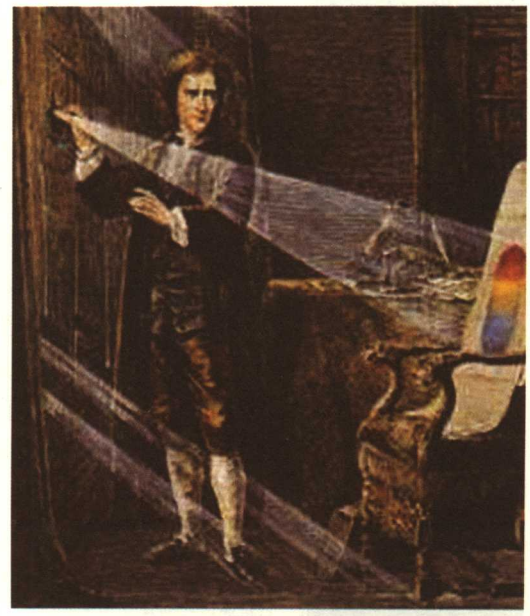
NIUDUN DE GUANGXUE LILUN

牛顿发现，那些有确定颜色的光时而可以透射，时而又可以反射。于是，牛顿作出推断：自然物的颜色中一定有一部分颜色是由它们自身的结构所决定。

单凭在光学上的成就，牛顿就可以被称为伟大的科学家。1621 年，斯内耳发现了光的折射定律，即入射角与折射角的正弦之比为常数。费马这样说过，沿着斯内耳的研究思路，在最短的时间内取得成就的是牛顿。1666 年，牛顿用三棱镜来做色彩实验。无论是讲课还是从事研究工作，牛顿选择的第一个课题都是光学，1672 年，牛顿发表在《皇家学会哲学杂志》上的第一篇科学论文，讲的也是光学。德·拉·普敕姆曾在他的日记中记载说：1692 年，牛顿去教堂做礼拜时，由于忘记熄灯而引起了一场火灾，结果，他的著作全都被焚烧了。其中，包括他 20 年的光学研究成果，但牛顿自己却从未提过这件事。

牛顿的光学实验

在牛顿以前，墨子、培根、达·芬奇等人都研究过光学现象，而反射定律更是很早就被人们认识的光学定律之一。牛顿跟他的前辈一样，用极大的兴趣和热情对光学进行研究。1666 年，牛顿在家休假期间，用三棱镜做实验，得出了白光的颜色组成原理，这是牛顿在光学领域的第一大贡献。



1611 年，斯帕拉特罗的大主教安托尼沃·德·多米尼斯提出了一种虹霓的理论。安托尼沃·德·多米尼斯说，有这样一种光，它是由水滴内层表面反射出来的，由于经过的水层厚薄不同，因而显示出各种不同的色彩。而笛卡儿认为，色彩和折射率有关，同时，笛卡儿还成功地计算出了虹霓弯折的角度。马尔西用白光来透视棱镜，并以此发现了凡有色彩的光线均不再为第二棱镜所散射。牛顿把笛卡儿等人的实验结果进行综合分析，把有色光线提炼成白光，从而奠定了光学的基础。牛顿还认为，妨碍望远镜视线的各种色彩也是因为类似的原因，如果要避免白光分散成各种色彩，就必须阻止放大率所必需的折射。牛顿提出，在当时的条件下，不可能对折射望远镜进行改进。于是，在

此基础上，牛顿发明了反射望远镜。

其次，牛顿还考察过肥皂泡和薄膜上的色彩。牛顿将一个玻璃三棱镜和一个透镜重合在一起，由此形成一个个环圈，这就是人们所说的“牛顿环”。牛顿对这些环圈进行了细致地观察和测量，并把这些环圈同空气层的厚度进行比较，然后，又用单色光重复进行试验。通过多次试验，牛顿发现，那些有确定颜色的光时而可以透射，时而又可以反射。在反射光中所形成的白色光环，经过透射后便不会反射到人的眼里。这样，人的眼睛所看见的光便是白色光减去透射颜色的光，也就是说，人们看见的是一种复色光。于是，牛顿作出推断：自然物的颜色中一定有一部分颜色是由它们自身的结构所决定。

另外，格里马耳迪也用实验证明，那些窄狭的光束虽然通常都是走直线，可一旦遇到障碍，就会沿着障碍物的边角而弯曲，这时，物影就比实际的形式大，由此形成了有颜色的边沿。牛顿对格里马耳迪的实验进一步进行发展，在此基础上证明当光线通过两个刀口之间的狭缝时，其弯曲的角度会更大。

牛顿还考察了惠更斯所发现的光线的折射现象。一种由冰洲石所产生的矿石，出现了这样一种奇特的现象：一条入射光竟产生出了两条折射光。如果把其中一条分离出来，让它从另一冰洲石通过，当这个冰洲石的轴与第一个冰洲石的轴平行时，这条折射光可以通过，但当两个冰洲石的轴相交时，这条折射光则不能通过。经过观察分析，牛顿的结论是，在任何条件下，光线都不可能对称，这就是偏振理论的主要观点。

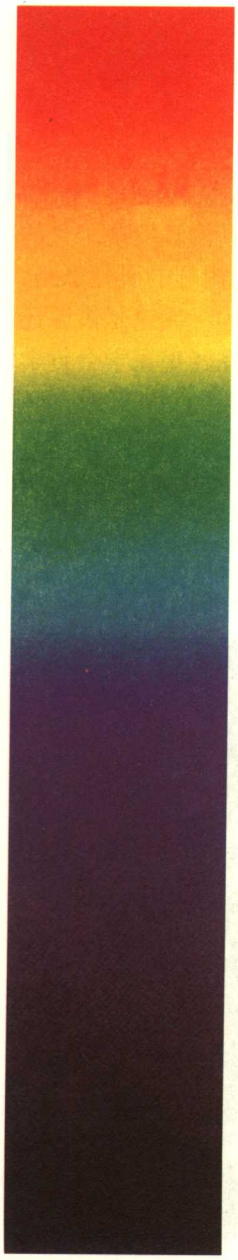
牛顿曾说过，他本来准备做一些光学实验，但由于受条件限制，这个愿望一直未能实现。因此，对于光的性质他也没有什么权威性意见，但他提出了一些问题让人们去探讨研究。

牛顿提出，发光体射出的那种细小的物体是否就是光线？因为，这种小物体可以笔直地通过均匀的介质，而不会弯曲到阴影中去，直行是光线的本性。如果折射是由光线的吸引力而引起，那么，入射角的正弦将与折射角的正弦成一定的比例。

根据光的微粒说，牛顿所说的“一定的比例”很容易被证明。

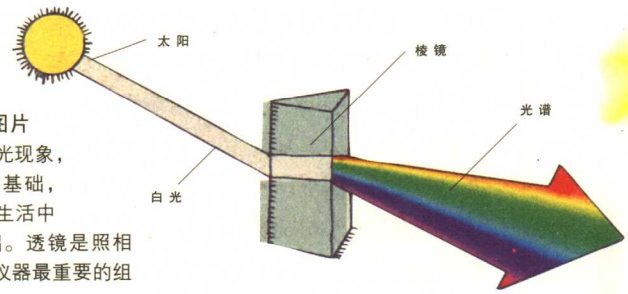
牛顿还说，要使光线很容易地发生反射和透射，这些光线必须是一些小物体，由于吸引力或其他什么力量，使这些小物体在它们作用的物体中发生颤动，而这些颤动比原光线的速度更快，它们追上原光线并搅动它们，从而使原光线发生反射和透射。因此，前面所说的光线通过冰洲石时所出现的那种反常的折射现象，就是由某种吸引力所形成的。

事实上，最早提出“光线是射入眼中的微粒”这一说法的是毕达哥拉斯派。而恩培多克勒和柏拉图则认为眼里也可以射出一些东西，伊壁鸠鲁和卢克莱修也持有类似的观点。恩培多克勒和柏拉图等人的观点在逻辑上有点混乱，他们认为人用眼看物与用手持棍触物大体相同。但亚



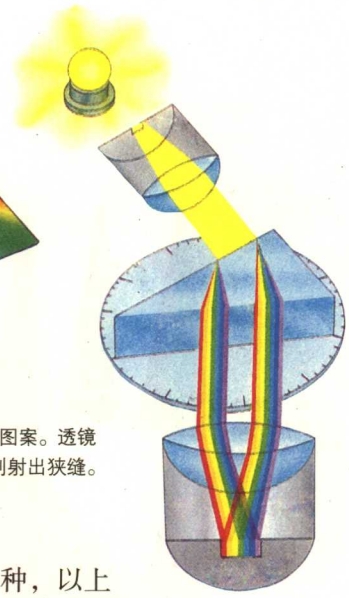
牛顿的光色理论示意图

“白光本身是由折射程度不同的各种彩色光所组成的非均匀的混合体。”这就是牛顿的光色理论，它是通过实验建立起来的。



光的散射　合成图片

折射是重要的光现象，是理解透镜作用的基础，同时又是理解日常生活中许多光现象的基础。透镜是照相机、幻灯机等光学仪器最重要的组成部分。



玻璃棱镜将光色散发成光谱示意图

光谱是指复色光经过色散系统，如棱镜分光后，按照波长或频率的大小依次排列的图案。透镜将射进来的光线转化成平行的光束；光束经过棱镜形成光谱；第二个透镜再将光谱聚集到射出狭缝。图为光线的色散示意图。

里士多德反对这种说法，亚里士多德认为，光只是介质中的一种，以上说法都是无价值的。11 世纪，阿耳哈曾用一些具体的证据说明，视像的形成是因为有对象存在，而不是来自眼中。

笛卡儿认为，光是一种压力，它在充满物质的空间中四处传播。胡克提出，作为一种介质，光在其中不断地波动。对这个波动说，惠更斯作了详细的分析。运用几何作图法，惠更斯对光的折射过程进行了具体的描绘：如果光的波阵面从空气中投到水面，那么，水面上所形成的每一个小圆波也都可以反射到空气中去，把水面上的这些小圆波依次描绘出来，就会形成两个相交的波阵面，一个在空气中，一个在水面上。在这个新的波阵面中，由于小圆波不断增强而使人产生一种可以看见的感觉。这个由光的波动而形成的波阵面与光的反射定律和折射定律非常相似。如果光在水中的速度小于空气中的速度，则水中小波的半径小于空气中小波的半径，而折射的光线也就更接近于法线，这与自然界里的实际情况吻合。

波动说在理论上的缺陷是不能解释光的直线传播。但 100 年后，弗雷内尔弥补了这个理论上的缺陷。通过实验，弗雷内尔证明了光的波长比它所遭遇的障碍物的体积要小得多，因此，光波和一般的波是有区别的。但牛顿提出，光的直线路径只有用微粒说才能解释。

前文曾提到，牛顿认为要解释光的周期性，必须有一种想象的比光的速度更快的颤动，这就是以太。例如，牛顿在他的第 18 个问题中说：如果把两个高大的玻璃圆筒倒置，然后在圆筒中悬挂两个小温度计，但不能让这两个小温度计与圆筒接触，把其中一个圆筒中的空气抽掉后，再把这两个圆筒由冷加热，这时，在真空中的温度计就将变得与非真空中的温度计一样热。如果把这些圆筒再进行冷却，则真空中的温度计又将变得与非真空中的温度计一样冷。暖室中的热气，是否也是借助一种比空气还要微妙的介质颤动从而在真空中传播呢？这种微妙的介质，是否就是光的折射与反射所凭借的媒介呢？光是否就是凭借这种介质的颤动把热传于物体，并不断发生反射和透射呢？热体中这种介质的颤动，能否帮助热体维持其热度？能否把热体中的热传播到冷体中去？这种介质是不是比空气还要稀薄，并且很容易就能渗透到一切物体中去呢？

牛顿还提出：光的折射是因为这种介质在不同物体中密度的差异而产生。在重物体中，这种介质较为稀薄，在太阳和行星中就更加稀薄，而在自由空间中，这种介质离物质越远越



白光的衍射　合成图片

用白光进行干涉实验，各种单色光在光屏中央均为明纹，中央亮纹是各色光复合而成，所以是白色的。各色光由于波长不同，在光屏上产生的其他各级亮纹的位置均不相同，所以其他各级亮纹是彩色的。

浓密。牛顿希望通过这个假设去解释万有引力，去解释微粒说需要的光在密的介质中的速度。光在障碍物边缘的衍射，是物质对以太的影响而形成的一种折射。因此，牛顿认为，以太是光和可计量的物质中的一种媒介。但是，需要注意的是，这些见解只是牛顿在书中正文以后，留给人们解答的疑难问题。牛顿明确地指出，继续进行实验是非常必要的，他之所以提出这些问题，其目的是希望能有更多的人来解答。有人抱怨说，由于牛顿的权威，光的波动说迟迟不能被人们接受。但我认为，这种抱怨只适用那些在疑问中已经对这些问题作了解答的人。

读者应当发现，光在空气和水中的速度如果可以测量的话，就可以通过实验来判断这两个学说的优劣。大约在1850年，弗科根据他的观测结果，首次作了这种实验。实验结果证明，光在水中的速度较慢，这为波动说提供了理论依据。

近年来，人们在阴极线中发现了运动迅速的质点和电子。这说明，牛顿原来所想象的质点，现在可以通过观察而发现。牛顿理论之所以令人关注，是因为这个理论与现代的观点十分相似，牛顿与普兰克和J.J.汤姆都认为：物质基本上都是由原子构成的。薛定谔等人还提出，物质世界应该有一种由质点和波动组成的复合体，这同牛顿的想法更是大同小异。当我们知道这些成就归功于一位青年时，对他深邃的思想我们惊叹不已。后来，这位青年人做了造币局长，晚年，他把大部分的时间都用于铸钱工作，稍有闲暇，他又把他的精力消耗在思辨的神学著作上，与古代的德谟克利特一样，他算得上是一个杰出的天才。

牛顿的哲学理论

NIUDUN DE ZHEXUE LILUN

牛顿说，他不给时间、空间和运动下定义，因为，时间、空间和运动，人人都熟悉。

牛顿在科学工作中取得了两个研究成果，一是论证了地球上的力学也适用于其他星球，二是剔除了自然科学大厦中的哲学偏见。古希腊和中世纪都认为，天体的性质神圣而特殊，但自伽利略发明望远镜后，这种看法已逐渐被人们抛弃，而牛顿更从理论上对其作了根本否定。在当时，哲学与科学相互纠缠在一起，就连笛卡儿在天文学中建立力学理论时，也是以经院哲学和形而上学理论为基础。而牛顿能够摆脱前人的思想束缚，应该说是科学上的一大进步。至于牛顿在解释他的研究成果时又涉及了多少新的形而上学思想，我们将在后面再进行分析。

牛顿的胜利　油画

牛顿在世界科学史上具有划时代的意义，虽然在其所处时代由于宗教神学哲学思想的存在，使人们对其研究仍存在质疑与非议，但从这幅古典绘画中光的寓意证明了他的研究的伟大成功。



牛顿的理论研究具有什么意义，我们可以从牛顿弟子的言论中来认识。科茨在他撰写的《原理》第二版的序言中，把残存的经院哲学及其特性、笛卡儿试图建立的自然界机械体系和尝试，以及牛顿认可的与观测相符合的假设方法，放在一起进行了比较。

科茨认为，研究自然哲学的人大致可以分为三类：第一类人主要是研究事物的性质。

这一类人通常把某些事物的性质归于几类物体，并断定这些物体的作用也由这些神秘性质所决定，亚里士多德以及逍遥学派所流传下来的各种学说，就属于这一类。这一类人的观点是：物体的效果是因物体的特殊性质而产生。但这一类人没有明确指出，物体的性质是

如何产生的，实际上，他们什么也没有说，他们只是为事物取了一个名称，而没有去探索事物本身。因此，我们可以这样说，这一类人不过是发明了一种具有哲学形式的说话方式，而那些真正属于哲学的内容，他们并没有告诉我们。

第二类人逐渐抛弃那些空洞无物的词语，他们希望通过自己的努力来收到一定的成效。这类人假定：一切物质都是统一的，物体表现形式的多样性，是由组成物体的质点具有的亲合力而形成。应该说，只要他们不在质点的基本亲合力性质之外再增加内容，他们这种由简单到复杂的推理方法无疑是正确的。但是，当他们任意想象的未知图形不能在现实中得到验证的时候，当他们设想的运动充满神秘色彩的时候，他们的推理就进入了一种梦幻的境界，这时，他们已经忘记了物体的真正结构。物体的这种结构，即使凭借最精确的观测都很难发现，更不用说仅仅依靠谬妄的猜度了。把假设作为玄想的基础，也许能够形成一部神奇的传奇，但也只能是一部传奇而已。

第三类人倡导实验哲学。这类人从最基本的原理中去寻找万物产生的本因，他们从不把未经证明的东西当做原理，不作任何假说，也不把假说纳入哲学中。他们通常采用的方法是综合法和分析法。在具体的实验中，他们用分析的方法推出自然界里的力及力的简单定律，然后又用综合的方法来验证其结构。在哲学探讨中，这是一种切实可行的最好方法，著名学者牛顿最先掌握这个正确方法。牛顿认为，只有这个方法才值得他用卓越的劳动去发扬光大。在这一方面，牛顿提供了一个最光辉的范例，那就是根据对重力理论的推论，对世界体系做出了最完美的解释。



向牛顿致敬　达利　1969 年

从古希腊时期，人类就开始了对外在空间的探索，大批哲学家在努力挖掘自身思想和情感的内在空间的同时，也在科学和艺术领域做出了重大贡献。

牛顿动力学和天文学的理论基础，是建立在绝对空间和绝对时间的概念上的。牛顿说过，他不给时间、空间和运动下定义，因为，时间、空间和运动，人人都熟悉。但是，牛顿把我们通过感觉而感知到的相对空间与时间，同客观存在着的绝对空间和绝对时间区别开来。在自由落体实验中，伽利略的球在地球上做的是直线运动，但地球既围绕着地轴旋转，又围绕着太阳运转，而太阳和行星又在恒星中运行。因此，牛顿的结论是，在没有外力的条件下，物体在绝对空间中一直是作等速直线运动。1883 年，马赫提出，这个推理不能在恒星的参照坐标以外使用。用现代科学知识来分析，我们可以发现，绝对时间和绝对空间的概念，不一定完全是来自于物理现象。虽然在 17 世纪，这些概念也许是从事实和经验中作出的最好的假设，但作为彻底的相对论者，要完全放弃绝对旋转的概念，仍然有一定的困难。

惠更斯和莱布尼茨对牛顿进行责难，他们认为牛顿研究的不是哲学，因为，牛顿对万有引力的根本原因并没有进行解释。但牛顿自己非常清楚，如果要对万有引力的根本原因作出解释，那只能是将来的事。牛顿根据已知的事实，推出了一个既符合事实又能用数学来表达的理论，然后又从这个理论中得出了数学推论和逻辑推论，牛顿将这些推论与观测和实验得来的

事实进行比较，发现这些推论与事实完全符合。牛顿认为，引力的原因并非一定要知道，因为，这是一个次要问题，在当时，它还只是一种想象，即使现在，也没有必要知道引力的实际存在。数理天文学家认为，只要知道复杂的行星运动与太阳系的运动一样，每一质点都是按质量及平方反比的定律被另一质点吸引着运动就行了。



可驾驭的单位　摄影

牛顿根据对重力理论的推论，对世界体系作出了完美的解释。从这一点可以看出，这个世界是能够被我们认识和加以利用的。

牛顿所说的吸引质点，可能不是原子，但这些吸引质点能够起到原子的作用。在从事化学研究的过程中，牛顿又提到质点问题。牛顿对物质本性的见解，体现在他的《光学》一书结尾的一段话中，人们也常常引用这段话。这段话的原意是：



莱布尼茨与普鲁士女王索非娅·夏洛特　彩铅素描

莱布尼茨（1646—1716 年）德国著名哲学家、数学家、律师。他在《神正论》一书中表达了他对启蒙和理性的信仰，认为上帝创造了可能世界中最好的一个世界。

“在对这些问题进行了充分的思考后，我认为应该是这样：上帝最初是把物质造成牢实而坚硬的、不可贯穿但可活动的质点，这些质点无论是在形状的大小和性质方面，以及在空间所占的比例方面，都完全符合上帝创造它们时所要达到的目的。原始的质点牢实而坚硬，寻常的力量不能将它损坏或分割。我还感觉到，这些质点不但有一种惯性并由此产生出一种被动的运动定律，它们还可以被一些主动的原理如万有引力、发酵的原因以及物体的内聚力等所推动。对于这些原理，我认为它们并不神秘，它们是自然界里决定物体形式的一些普遍规律。这些原理所具有的真实性，通过现象展现在我们面前，虽然我们还没有发现它们产生的原因，但由于它们具有明显的特性，所以，它们的原因是奥秘的。亚里士多德学派认为，这种明显的特性不是奥秘的性质，而那些隐藏在物体中具有明显效应的未知原因才是奥秘的性质。这些明显的效应如重力、磁、电可以产生吸引原因，发酵的原因等，我们假定，这些力或作用是由未知原因而形成。由于这种奥秘性质阻碍了自然哲学的发展，因而在近年已被人们所摈弃。如果说每一物种都因其天赋的特殊奥秘性质而产生作用，这等于什么也没有说。但是，如果你能通过现象发现运动的普遍原理，并能揭示出一切有形物体的性质与作用都产生于这些原理，那就是哲学上的一大进步。目前，这些原理的原因虽然还没有被人发现，但我仍然会提出所谓的运动原理说，因为，运动原理的范围非常广泛，让人们去研究探索，然后再把结果告诉我们”。

自牛顿之后，尽管有不少人在努力探索，但时至今日，还没有人能够对万有引力作出圆满的解释，根据爱因斯坦的研究，这个问题已经归入到欧几里得的几何学领域中去了。这个事实证明，牛顿对科学的研究是非常严谨的。牛顿曾在《原理》一书中说过，“到现在为止，

我还不能根据现象来发现重力的性质及其原因，我也不想建立什么假说。”在《光学》一书中，牛顿用提问的形式表达了他的观点。牛顿假设，星球中存在着一个以太，由于压力是离物质越远越密，因此，压力迫使物质相互接近。但在对事实进行归纳研究的时候，或在理论中进行数学推论的时候，牛顿是坚决不用猜测和假设的。

牛顿对自然界的认识，主要体现在《原理》一书的序言中：

哲学的困难似乎在于此，即根据运动的现象去研究自然界的力，再根据自然界的力去验证其他现象。这也是书中第一、二卷的命题目标。作为这个命题目标中的一个例子，在第三卷，我主要是对世界体系进行了阐述。因为，根据第一卷中的数学命题，在第三卷中，以天象为研究对象，我们推出了把物体吸向太阳和行星的重力。以这些力为依据，运用其他的数学命题，我们又推测出行星、彗星、月球和海水的运动。因此，我希望用同样的推理，能够从机械的原理中推演出所有的自然现象，因为，我怀疑所有的自然现象可能全都取决于某些力，而物体的质点也依靠这些力。这些力或互相吸引，或互相排斥。这些力产生的原因是不可知的，因为，哲学家在自然界里长期探索，至今没有结果。但我希望，我在这里所阐述的一些原理，能帮助人们找到一种比较科学的哲学方法。

在这里，牛顿所说的“比较科学的哲学方法”，指的是根据物质的运动，用数学方式解释所有自然现象的可能性。牛顿没有明确指出自然现象是否包括生命和心灵现象，但牛顿接受了伽利略的机械理论，因此，牛顿认为，用数学方式解释自然现象是完全可能的。

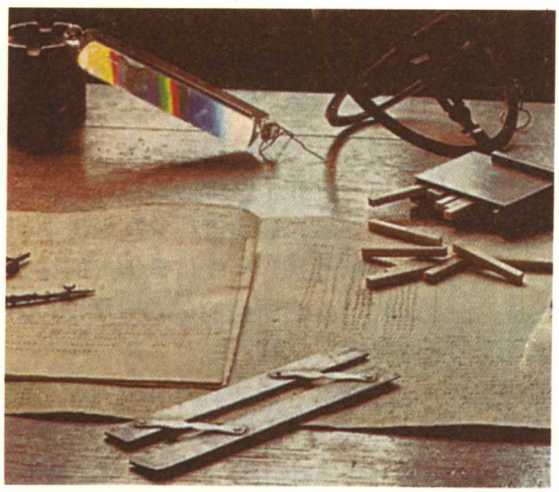


牛顿手制的反射望远镜

牛顿式反射望远镜是以一块表面镀反射物质的凹面镜作为物镜，在镜筒前方用一小块平面镜作副镜设计制作而成的。其制作原理是，物镜将进入镜头的光线聚焦后反射到位于镜筒前端的一个平面镜上，然后平面镜将光线以 90° 角反射到镜筒外目镜上，经过目镜放大成像。

牛顿的工具

牛顿曾说过：“如果我比别人看得远些，那是因为我站在巨人的肩上。”从中可以看出他博大深邃的精神境界。下图是牛顿曾用于数理研究的圆规、尺、三棱镜等工具。

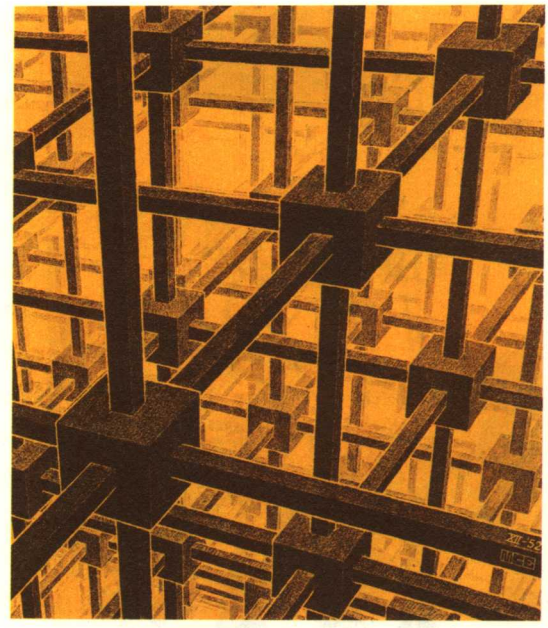


牛顿还接受了伽利略提出的事物第一性性质与第二性性质的理论。事物的第一性性质，是可以用数学方式来处理的阶段，它包括广延性、惯性等。而事物的第二性性质，不过是第一性性质在人的大脑中所形成的一种感觉，它包括色、味、声等。人的灵魂与心灵位于大脑或神经中枢里，外界物体通过运动由神经传达到这里，然后再传达到肌肉中去。

伯特教授认为，牛顿在哲学研究中坚持经验主义的态度，并提出要通过实验来证明。虽然牛顿反对把任何哲学体系作为科学的基础，并在进行科学研究时摒弃那些不能作为证据的假设，但由于理论的需要，牛顿在暗地里还是采用了一个形而上学的体系，由于牛顿没有明确地解释这个体系，因而它对人们的思想产生了很大的影响。

牛顿在理论上的权威性，使他成为了一种宇宙观的坚强后盾。这种宇宙观认为，在庞大的数学体系中，人只是其中的一个渺小的旁观者，这就像一个人被关闭在暗室中一

样。由于这个体系有规则的运动符合机械的原理，于是就构成了自然界。在但丁和弥尔顿笔下的宇宙，充满了浪漫主义的情趣，人类的想象力也可以在时间和空间中任意翱翔，而现在，一切都不复存在了。空间已成为几何学的一个领域，时间也变成了数的连续，过去，人们认为他们所生活的世界，是一个充满了欢乐和爱与美的世界，是一个和谐而理想的世界，但现在，这个世界已退缩到人的大脑中的一个小小角落里去了。而外部世界则变成了一个又冷又硬，无声无色的死沉沉的世界，这个世界服从于机械规律性，可以用数学来计算它的运动。就这样，一个可以通过人类感觉器官而感知的世界，变成了是由无数的机器所形成的世界。牛顿关于自然界的学说，使人们在哲学上不再考虑笛卡儿的形而上学，最后，这个学说取代了亚里士多德主义，变成了现代社会最主要的世界观。

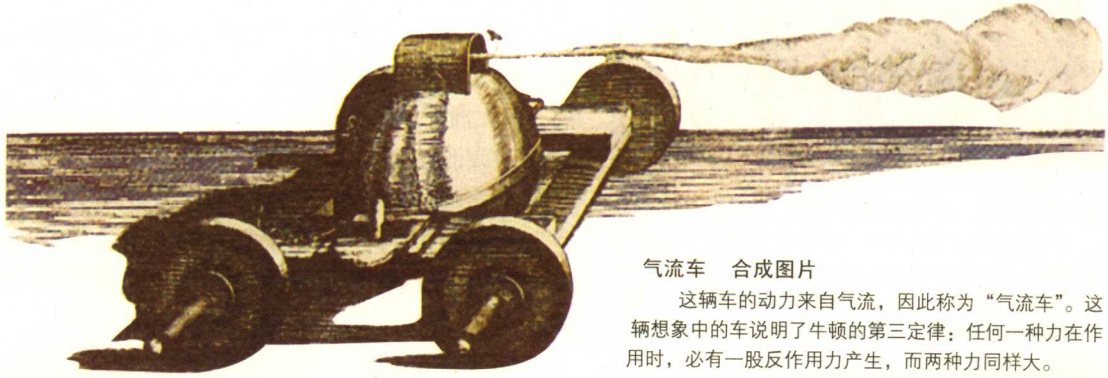


立体空间分割　埃舍尔　石版画　1952 年

数学研究的是显示世界的空间形式和数量关系，也接近于逻辑或者哲学，根据几个基本公理就可以建立起一个逻辑体系。牛顿的平直时空观就是依靠数学的语言来进行准确描述的。这幅作品唯一的目的就是表现在二维纸面上无限延伸的空间。

我们也知道，牛顿的学说后来被人看成是机械哲学的理论依据，但这并不是牛顿的过错。为了让人们更容易理解这个学说，在语言方面，牛顿和他的朋友使用的是当时十分流行的神学语言。如果把笛卡儿的二元论哲学与牛顿的学说融为一体，也许对牛顿的理论更为有利，因为，笛卡儿的二元论哲学给人的灵魂留下一席之地。他们认为，有神论具有一定的意义，因此，人们在接受新科学时不应该有怀疑和恐惧。

用现代科学的眼光来看，机械的自然观有何意义呢？这个问题，我们将在本书的后几章中讨论。牛顿曾用自然哲学的数学原理作过这样一个假定，即“世界是由运动中的物质组成”。其实，这个假定只是对自然界下的一个定义，因为，从动力学的角度讲，从这个方面去认识自然界相对要容易一些。但是，除运动之外，世界还包括许多方面，如物理的、心理的、审美的和宗教的等，只有把这些方面综合起来研究，我们才可能对世界有一个完整而真



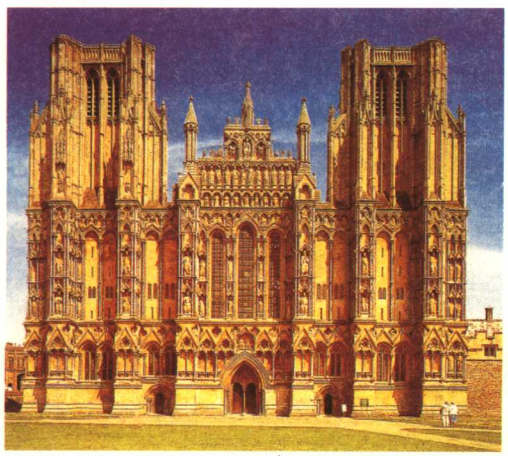
气流车　合成图片

这辆车的动力来自气流，因此称为“气流车”。这辆想象中的车说明了牛顿的第三定律：任何一种力在作用时，必有一股反作用力产生，而两种力同样大。



时间和空间的形态 合成图片

在牛顿的理论中，时间独立于其他万物而存在，时间的存在形态仿佛是在两个方向上都无限延伸的铁轨，其绝对时空的理论从一开始就相继受到了许多科学家的反对，如莱布尼茨、惠更斯、贝克莱等。



韦尔斯大教堂 哥特式建筑 英国 1230—1240年

牛顿有自己的宗教信仰，他剔除了自然科学大厦中的哲学偏见，曾假定世界是由运动中的物质组成，即世界除了运动还包括物理、心理、宗教等方面。教堂是拉近人类与上帝间距离的建筑物，故而哥特式教堂皆被建造得高大而雄伟。

实的认识。

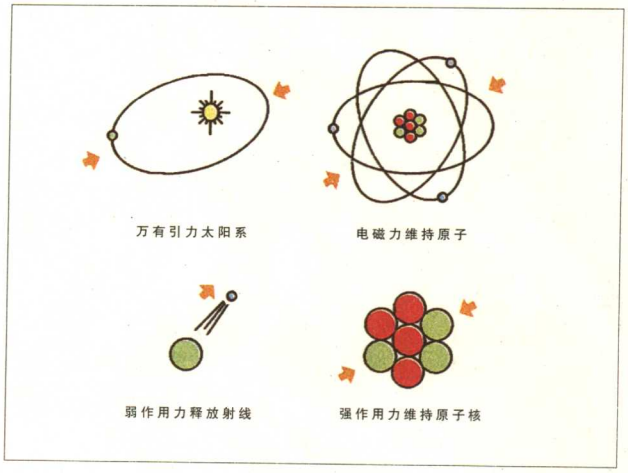
牛顿虽然有超乎常人的数学天赋，但他仍然坚持科学要用实验来证明。牛顿经常说他从不制造假说，牛顿所说的假说，是指那些形而上学的、未经证明的假说，或者是根据权威言论而形成的理论。牛顿从不发表没有通过观测或实验证明的学说，这并不是牛顿对哲学或神学缺乏兴趣，恰恰相反，牛顿自己就是一位哲学家，他也有自己的宗教信仰，但牛顿认为，哲学和宗教不是人类知识的基础，而是必须站在人类知识顶点才能看到的一种境界，因此，它们不是科学的开始而是科学的终点。在《原理》一书中，牛顿把已知的事实进行归纳分析，并运用数学推论，建立了动力学和天文学两大学科。在《原理》第二版中，牛顿将他的物理学成果，以及在形而上学上具有的意义，以“一般注释”的形式作了增补。这些注释是用当时流行的自然神学语言写的，它的主要精神就是天意论。牛顿这样写到：“这最美丽的太阳、行星、彗星的系统，只能产生于智慧的无所不能的神的计划与控制中。”由于神是永久存在和无所不在，因此，牛顿认为，绝对时间和绝对空间是由神的永久性和无限性所组成。

在《光学》一书中，牛顿还向我们阐述了他的一些哲学思考：“自然哲学的任务，是从现象出发而不是臆造假说，从结果推论原因，可以一直推到最初的第一个原因，这第一原因肯定不是机械的原因。对现象进行观察，不是可以感觉到神的存在吗？这个神虽无实体，但它充满智慧而无所不在，它生活在无限的空间中，通过感觉，它不但可以洞察万物，而且还能从整体上领会万物。”

牛顿认为，神并不是制造出来后就运动不息，神在自然界是内在的，它控制着万物的生长，它无所不能、无所不在，它在凭着自己的意志移动或改造宇宙各部分的时候，比我们通过意志来移动身体的各部分还要容易。牛顿还希望上帝直接出面，去改正太阳系中不合规律的地方。不过，这种缺乏远见的想法在牛顿思想中并不多见。

牛顿认为，重力不是物质的根本性质，而是

可以解释物理原因的一种现象。但是，本特利和克拉克却把牛顿对自然界的信仰看成是重力的直接原因，他们不知道，牛顿实际上是要把现象和原因分离开来。于是，我们发现，有人站在有神论者的立场，误解了牛顿，后来那些站在无神论者立场的人，也同样误解了牛顿。似乎牛顿一生都要被人误解，例如，牛顿原本就认为超距作用是不合理的，却被人误认为超距作用就是牛顿思想的基本观点，而建立这个基本观点也就成了牛顿的最大功绩。又如，牛顿提出，只有仁爱的造物主才能造出这“最美丽的太阳、行星和彗星的系统”，但在18世纪，这句话却成了机械哲学的理论基础，同时，它还取代了古代的原子论，并成为唯物主义无神论的起点。



四种基本的力　合成图片

这幅图形象地描绘了物理学领域中所存在的四种力。

在牛顿所处的科学知识第一次大综合的时代，人类在进行学术运动革命的同时，也促进了宗教信仰的革命。一方面，人们已逐渐抛弃亚里士多德和托马斯的宇宙观，光不再是纯粹而无色的神秘物质和上帝的住所，光已经成了一个物理现象，其中，光的规律可以用反光镜和透镜来研究，光的颜色可以用三棱镜来分析；另一方面，从虔信主义和神秘主义中派生出来的那种不能言传的柏拉图主义也不适用了，人们接受的是一种比较合乎理性的柏拉图主义。这种合乎理性的柏拉图主义认为，数学或几何学的和谐是存在的本质，而永恒的真理必须通过内心的启示才能发现。后来，经过伽利略和开普勒的发展，这种思想纳入了牛顿的数学体系，并为康德所追寻的理性范围内的宗教开辟了道路。


Circulus Polaris Sept.
Circulus Polaris Merid.



第 5 章

18 世纪的科学状况

18 世纪，数学方面的成就直接推动了天文学的发展。而化学、植物学、动物学、生理学等自然科学的研究成果，为哲学的发展提供了直接的理论来源。洛克的哲学是对牛顿科学的补充，而康德的哲学更是奠定了现代哲学的基础。

基督的天国

耶稣自命为实现天国的人，而天国是指神主权的统治，由基督在地上的工作展开，但要到“世上的国成了我主和主基督的国”，才完全成就。在这幅名为《基督的天国》图中，不仅包括了天使与星辰，还有历史中的圣徒与门徒，以及以色列人渡过红海。

18世纪的数学与天文学

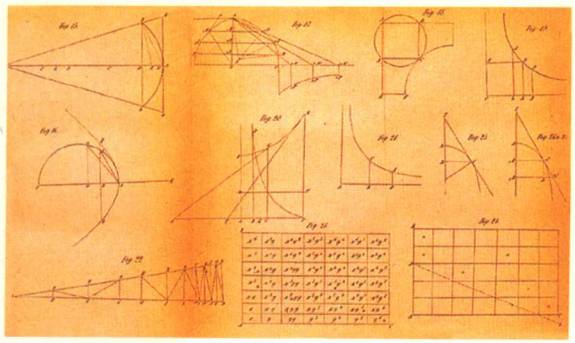
SHIBA SHIJI DE SHUXUE YU TIANWENXUE

在数学及其应用方面，泰勒和马克洛林通过大胆求证，把数学应用到振荡弦理论和天文学中。



狄德罗 油画

狄德罗是法国启蒙时期的代表人物之一。作为百科全书派的领袖人物，狄德罗的艺术修养很高，他比较喜欢那些高雅的艺术作品，而不喜欢那些过分性感或带有性挑逗的艺术作品，并常常把艺术与道德问题联系起来考察。

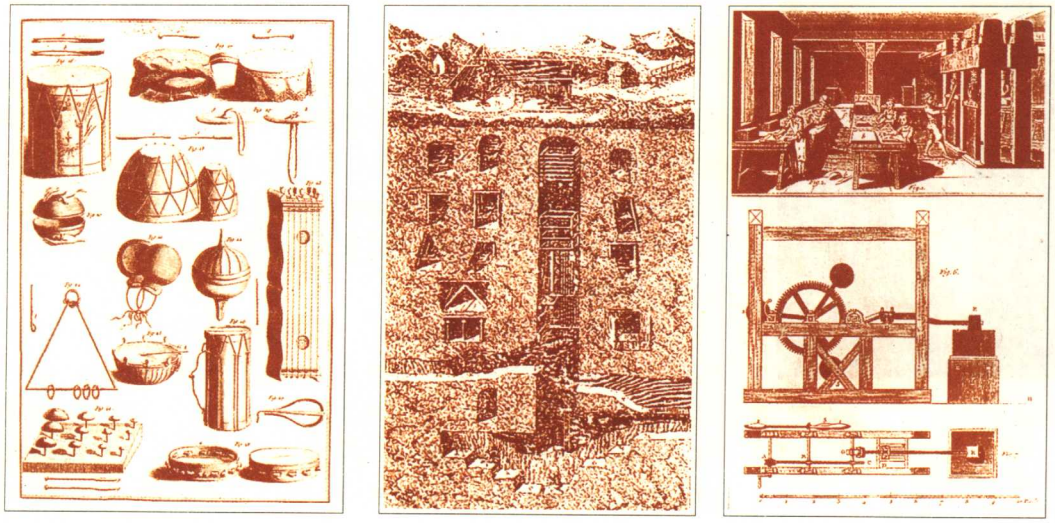


莱布尼茨手稿

莱布尼茨最主要的数学成就，就是不依赖牛顿而独立发现了无穷小的微积分。但他在1676年与牛顿圈子里的数学家进行的探讨，却引发了是他还是牛顿发明了无穷小微积分的争论。

牛顿和莱布尼茨同时发明了微积分学，但他们使用的符号各不相同。后来，为发明时间的先后问题，他们发生了争论，于是，事情就变得复杂了。正是这个原因，使英国数学家和大陆数学家分道扬镳。英国数学家虽然采用了牛顿的符号，但却忽略了牛顿的分析方法，他们只是严格遵循牛顿常用的几何学方法。因此，在18世纪的前几十年，英国数学家对新微积分学的发展几乎没有做出什么贡献。但在大陆，特别是在詹姆斯·别尔努利这里，微积分学却得到很大的发展。牛顿体系中原有的一个空白，被通过实验而测定出的地面重力和万有引力常数进行了填补。大约在1775年，马斯基林在山的两面对铅垂线的偏离程度进行了观测，1798年，卡文迪什采用米歇尔设计的精细扭摆，对两个重球之间的引力进行了观测。1895年，波艾斯用同样的方法求证出，当两个各为1克的质点相距1厘米时，它们互相吸引的力是$6.6576 \times 10^{[-8]}$达因，根据这个推论，波艾斯计算出地球的密度是水的5.5270倍。

通过莫佩屠斯等人的著作，牛顿的研究成果被介绍到了法国，在达兰贝尔、克勒洛和欧勒等的大力宣传下，牛顿的研究成果得到了进一步的推广和发展。从1726年到1729年，伏尔泰在侨居英国期间，与夏特勒夫人合作，共同发表了一本介绍牛顿体系的通俗著作，这部



《百科全书》中有关打击乐器、采矿和造纸的整版插图

1751年出版的《百科全书》，在狄德罗的主持下成为当时法国几乎所有重要作家的思想陈列柜，其中包括卢梭、孟德斯鸠和伏尔泰。图为该书中涉及到乐器、采矿和造纸的插图画。

著作的出版，极大地鼓舞了法国《百科全书》的众多作者。

《百科全书》是一部宏篇巨著，但这部巨著的内容参差不一。从1751年到1780年，历经几十年的艰苦工作，这部巨著的第一版共35册终于公开出版发行，总编辑是狄德罗。该书对当时的科学思想进行了总结，其主要精神是提倡有神论，但带有一定的异端色彩，这种异端色彩有攻击政府和罗马教会的思想倾向，最后甚至攻击到基督教本身。

在数学及其应用方面，泰勒和马克洛林通过大胆求证，已把数学应用到振荡弦理论和天文学中。根据对恒星光行差观测的结果，布莱德雷计算出了光线传播的速度；欧勒在创立分析数学的同时，还修改了数学的许多分支，并且，欧勒还发表了几部有关光学和自然哲学的著作。

在18世纪，最有成就的数学家可能是拉格朗日。拉格朗日的兴趣主要在纯理论方面，他创立了变分学，并把微分方程系统化。他的概括式结论包罗万象，对物理学方面的问题也适用。拉格朗日还发表了天文学方面著作，并对三体的相互吸引力这一计算难题提出了具体的处理方法。在《分析力学》这部巨著中，拉格朗日根据虚速度和最小作用原理，把整个力学全部建立在能量不灭的原理之上。

达·芬奇曾根据虚速度原理推出了杠杆的定律，史特芬对虚速度原理所下的定义是“得于力者失于速”。莫佩屠斯把空间与速度乘积的和叫做“作用”，并假定，在光的传播过程中，必定有某个最小量。莫佩屠斯指出，这个假定与事实完全一致。后来，拉格朗日把这个原理推广到一切物体的运动，并把“作用”当作运动量的空间积分。在哈密顿的方程式和普兰克的量子理论中，这个作用量还将多次出现。

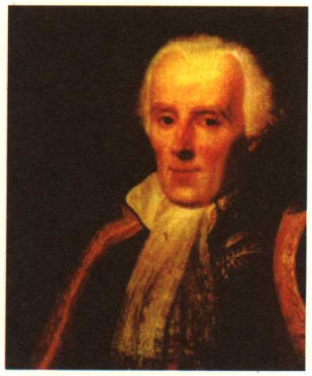
拉格朗日的微分方程式对这个学科赋予了新的普遍性和完备性。这些方程式把力学理论简化为一种普通公式，那些用来解决具体问题的特殊方程式，都可从这些公式中推导出来。

若论对牛顿体系的贡献，拉普拉斯比拉格朗日的贡献更大。拉普拉斯是诺曼底一个农民



拉格朗日

约瑟夫·拉格朗日（1735—1813年）法国数学家、物理学家。他在数学、力学和天文学三个学科领域中都有历史性的贡献，其中尤以数学方面的成就最为突出。他使数学分析与几何、与力学脱离开来，让数学的独立性更加清楚，不再仅仅是其他学科的工具。拉格朗日在其名著《分析力学》中，把力学体系的运动方程从以力为基本概念的牛顿形式，改变为以能量为基本概念的分析力学形式，奠定了分析力学的基础。



拉普拉斯

拉普拉斯（1749—1827年），法国著名数学家和天文学家，其代表作有《天体力学》、《宇宙体系论》和《概率分析理论》等。拉普拉斯最伟大的研究是天体力学，也是应用数学的奠基人，他用数学方法证明了行星的轨道大小只有周期性变化，这就是著名拉普拉斯的定理。

的儿子，他通过自己的能力和善于随机应变的才能，后来竟当上了王政复辟时代的侯爵。

拉普拉斯对拉格朗日的位函数方法进行了修改，并对引力问题也作了改进。他在一个非常重要的问题上完成了牛顿未完成的工作，这就是证明了行星的运动是稳定的，而行星间的相互影响以及外来物体对行星所造成的震动，只是一种暂时现象。这个证明说明，牛顿担心太阳系经过长期的运动后会出现紊乱是没有根据的。

1796年，拉普拉斯发表了一部天文学方面的著作《宇宙体系论》，在这部著作中，拉普拉斯提出了一个星云假说。这个假说认为，太阳系是由一堆始终旋转着的白热气体演化而形成。其实早在1755年，康德就已经提出了这个观点。而且康德的说法比拉普拉斯更大胆，康德认为，有产生于虚无，星云是从原始的混沌中形成的。现代科学证明，对太阳和行星相对较小的结构而言，星云假说并不适用，但它适用于旋涡星云的形成过程以及在银河系晚期阶段出现的较大的恒星群。

拉普拉斯有关天文学方面的理论，集中体现在他的主要著作《天体力学》中，他用微积分学对牛顿《原理》一书进行了诠释，并在许多细节上作了补充。

后来，拉普拉斯把他的《天体力学》献给了拿破仑。对拉普拉斯献书的情形，鲍尔作了如下的描述：

有人对拿破仑说，《天体力学》中没有提到上帝的名字。拿破仑平时喜欢责难人，当他收到书时对拉普拉斯说："拉普拉斯先生，有人告诉我，你在写这部讨论宇宙体系的大著作时，一直都没有提到过它的创造者的名字"。拉普拉斯虽是一个圆滑的政客，但在哲学问题上，却有着殉道者一样的坚强不屈气概，面对拿破仑的责问，他挺直身子，直言不讳地回答："我不需要那样的假设。"拿破仑认为这个回答很有趣，便告诉了拉格朗日。拉格朗日说："这个假设非常美妙，因为它可以解释很多东西"。

拉普拉斯还对当时有关概率论的研究成果进行了总结。为解释毛细现象，拉普拉斯假定，有一种吸引力，但它只能在微小距离中才能感觉到。拉普拉斯还解释了运用牛顿公式，用密度除弹性平方根而得的声音速度值太小的原因，他认为其原因在于热，因为，声波紧时要发热、松时则要吸收热，这就会增加气的弹性，从而增加声音的速度。

自拉普拉斯之后，在引力天文学方面的工作，就是继续进行牛顿和拉普拉斯未完成的研究。1846年，牛顿引力假说的正确性得到了验证，因为，有人预测，天上还存在着一个未知的行星，这个预测是运用牛顿和拉普拉斯方法的结果。天王星在

运动中脱离自己的轨道，对这个现象，用其他已知行星的运动却不能作出解释，要解释这些不规律的运动，就必须假设还有一个新行星存在。这个新行星的具体位置，是由剑桥的亚当斯和法国数学家列维烈不约而同地计算出来的。柏林的天文学家加勒，按照法国数学家列维烈指示的方位，用望远镜去仔细观察，果然发现了一颗新行星，这颗新行星被命名为海王星。

牛顿理论的精确性确实令人不可思议。两百多年来，凡是人们能够想到的情况它都可以解决，而且，不同年代的天文学家，都可以运用牛顿的理论去解释和预测天文现象。即使现在，我们也必须在使用多种实验方法后，才能发现牛顿的重力定律与现代科学的细微差别。拉格朗日把牛顿的《原理》一书，誉为人类精神文明的最高产物。拉格朗日认为，牛顿不但是历史上最伟大的天才，而且也是最幸运的一位天才。因为“整个宇宙只有一个牛顿，而且，在世界历史上，也只有一个人能做牛顿定律的解释者”。当然，如果根据我们现在对自然界复杂性的认识，我们现在对牛顿不会作出这样的评价。但拉格朗日的评价可以说明，牛顿的理论对他以后的一个世纪的科学家产生了多大的影响。



《宇宙体系论》书影

拉普拉斯在 1796 年发表《宇宙体系论》。在这本书里拉普拉斯独立于康德，提出了第一个科学的太阳系起源理论——星云说。康德的星云说是从哲学角度提出的，而拉普拉斯则从数学、力学角度对星云说进行了补充。因此，人们常常把他们两人的星云说称为“康德—拉普拉斯星云说”。

18世纪的化学 SHIBA SHIJI DE HUAXUE

普利斯特勒根据前人的研究成果发现，氧气是动物呼吸时必不可少的气体，不过他认为，这氧气只是一种去掉燃素的空气。

18世纪初期，实验化学有了很大的发展。荷柏格按各种不同的比例对碱和酸进行化合试验，从而为酸与碱化合成盐的理论提供了证据。化合理论的创始人是西耳维斯，这个理论应该是现代化学科学的萌芽，它在科学发展史上是占有一定重要地位的。

在后来的30年中，莱登的波尔哈夫与黑尔斯的成就最大。1732年，波尔哈夫发表了在当时可以称得上最完备、最系统的化学论著。黑尔斯对氢、碳、二氧化硫、沼气等许多气体都进行过研究，他认为，这些气体实质上是一些“遭受了薰染”的空气。

早期化学家认为，最大的困难是，怎样去认识和了解火焰及其燃烧现象。因为，物体在燃烧时，人们总感觉到好像有什么物体随着火焰逃走了，经过长期的观察，大家一致认为，这个逃走的物体就是硫。普鲁士国王的御医斯塔耳则提出，这个逃走的物体应该叫“燃素”，也就是火的原素。斯塔耳则的理论是由柏克尔的学说发展而来的，斯塔耳则死后，他这个理论被人们普遍接受，并在18世纪的化学界，一直占据着统治地位。雷和波义耳都作过实验，证明金属燃烧后其固体物的重量将会增加，因此，“燃素”也具有负重量，这样，亚里士多德那“物体本质上是轻的”的说法又重新复活。当时的化学家没有考虑物

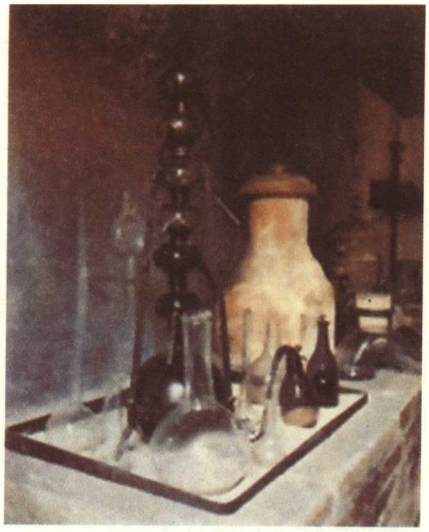


西方18世纪的化学实验室 油画

18世纪是西方现代化学从萌芽到发展的时期，化学工业的兴起，亦带动了化学这门学科的发展。从图中可以看出，当时的化学实验室中，各种实验器皿已较为丰富和精细。

理学已经取得的成就，用这个假说去解释各种化学现象。由于受这个假说和其他更陈旧学说的影响，尽管有个别的研究结果可能已接近现代科学的水平，但总的研究结果却对当时的化学发展并没有什么帮助，有许多化学现象还有待于人们去重新发现和解释。

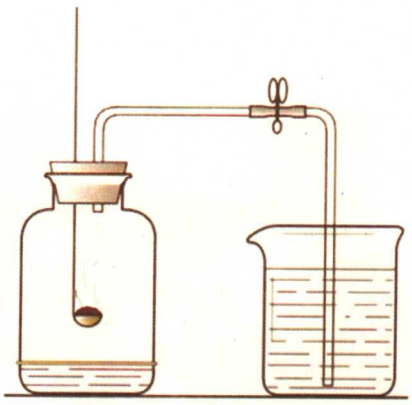
我们在第三章说过，氧被发现的前一个世纪，已经有人发现：空气中有一种元素非常活跃，这种活跃的元素是呼吸和燃烧都不可缺少的。1678 年，博尔奇从硝石中研制出了氧气；1729 年，黑尔斯使用水上收集法也获得了这种气体。1640 年，范·赫耳蒙特研制出了二氧化碳并把它命名为“西耳韦斯特气”。至于氢气的分离，最早可追溯到帕腊塞耳苏斯，帕腊塞耳苏斯对铁屑在醋里的作用曾作过实验，只是，这些实验结果都被人们忘记了，因此，这些实验的意义也被忽略了。当时的人们都认为，只有空气才是唯一的气体元素。



燃烧实验所用的装置

英国化学家普利斯特勒通过加热水银灰的实验，发现了一种具有显著助燃作用的气体。这一实验使同为化学家的拉瓦锡相信，燃烧中与金属相结合的决不是火微粒或燃素，可能是最纯净的空气。

18 世纪化学工业的兴起，直接推动了化学这门学科的发展。1755 年，爱丁堡的布莱克发现了一种有一定重量的新气体，这种新气体与空气不同，它是与碱类物体结合在一起的。布莱克把这种新气体叫做“固定下来的空气”。实际上，这种新气体就是我们现在所说的二氧化碳或碳酸之类的物质。1774 年，舍勒又发现了氯气。不久，普利斯特勒将氧化汞进行加热，又研制出氧气；普利斯特勒还发现，氧气有维持燃烧的特性。普利斯特勒根据前人的研究成果发现，氧气是动物呼吸时必不可少的气体，不过他认为，这氧气只是一种去掉燃素的空气。普利斯特勒可能没想到，他的发现已在化学发展史上揭开了新的一页。1781 年，卡文迪什证明了水具有复合性，这个证明把水从元素之一的最高宝座上推了下来，不过，卡文迪什在描述可以组成水的气体时，用的还是“燃素”和“去掉燃素的空气”这一类名词。1783 年，瓦特也发表了同样的言论，因此，这就引起评论者关于他们谁先发现谁后发现的争论。



测量空气中的氧含量

氧从最初被人发现到研究利用，经历了一个漫长的时期。如今我们利用简单的实验，就可以测量出空气中的氧含量。

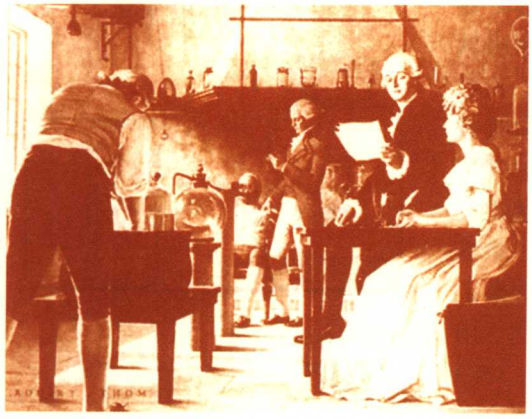
当时比较流行的说法是，水沸腾后会变成土。拉瓦锡指出，这种说法是不正确的。拉瓦锡通过试验证明，水沸腾后剩余的渣滓是玻璃之类的溶解物，经过多次蒸馏后，水依然保持纯洁，其密度也不会发生改变。后来，由于“共和国不需要学者”，拉瓦锡和许多交税人一道，被送上了断头台。

拉瓦锡再一次做了普利斯特列和卡文迪什做过的实验，并对实验所用的试剂和产物进行了精确地称量。例如，在一个实验中，他把 4 英两的汞放置在 50 立方英寸的空气中，当热度即将达到沸点时，红色的汞灰开始出现并陆续增加，到了第 12 天，红色汞灰的重量达到了 45 英厘，而剩余空气的体积只有 42 到 43 立方英寸，也就是说只有原来体积的 5 / 6，这时，



拉瓦锡与夫人 油画 18世纪

拉瓦锡（1743—1794年），法国化学家，他进行的化学革命是18世纪科学发展史上最辉煌的成就之一。拉瓦锡建立了以氧为中心的燃烧理论，并创立了化学物质分类的新体系，他用清晰的语言阐明了质量守恒定律和它在化学中的运用，被人们誉为“化学之父”。



拉瓦锡对氧气的研究实验

拉瓦锡通过无数的化学实验建立的氧化学说，终于使人们认清了燃烧的本质，推翻了统治化学理论达百年之久的燃素说，统一地解释了许多化学反应的实验事实。图中拉瓦锡借助人的呼吸来对氧气进行研究。

剩余的空气已经不能再维持燃烧，如果把小动物放在里面，几分钟后小动物就会死去。

然后再将这45英厘的红色汞灰放在小曲颈甑中强行加热，这时，41英厘的金属汞和一种气体就会出现。如果把气体从水面上收集起来进行量度，就会发现，这些物质原来的总质量是不变的，用这种气体来维持火焰的寿命比普通空气更有效。拉瓦锡说，这个实验的结果证明：汞在煅烧时吸收的是空气中适于养生和呼吸的成分，而剩余部分则全是有毒的，因而不能继续燃烧和呼吸。由此可见，空气是由两种性质完全不同的流体所组成。

在这个实验中，拉瓦锡掌握了一个非常重要的事实：即要解释类似的实验以及普利斯特勒与卡文迪什的，并不需要什么燃素说，也没有必要去臆造一种与实验的物质在性质上根本不同的物质。牛顿的力学是建立在质量不变的假设上的，这个假设由于他的实验成功而得以验证。牛顿还证明了质量与重量虽然是两个不同的概念，但在实验中可以进行比较，因为它们是完全成比例的。拉瓦锡用经过验证的无可争辩的事实，证明了物质在一系列化学反应中虽然会改变状态，但反应前后的量却始终是相同的。实验证明，水由两种气体组成，这两种气体也具有物质通常的性质即质量和重量，拉瓦锡把这两种气体分别叫做氢和氧。拉瓦锡还证明了燃烧与呼吸也具有同样的作用，两者都是氧化，它们的区别在于一个急速一个缓慢，其结果都会增加重量，而这个重量就是化合的氧气重量。自此之后，那种认为燃素也有重量的说法便从科学中消逝了，而伽利略和牛顿在力学中所建立的原则，也转移到化学中来了。

18世纪的植物学、动物学和生理学

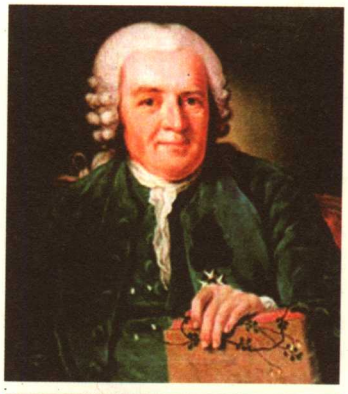
SHIBA SHIJI DE ZHIWUXUE DONGWUXUE HE SHENGLIXUE

布丰曾说过这样一句话："如果至今都没有明确界定的话，我们可能要去给马和驴、人和猿寻找一个共同的祖宗。"

在前一章，我们曾谈到约翰·雷的研究成果，现在，我们回过头来叙述生物学的历史。约翰·雷的一些生物学术语好像是来自于荣格的研究成果，后来，约翰·雷又把这些术语传给了林耐。林耐是一位瑞典牧师的儿子，他根据植物的生殖器官创立了令他闻名于世的植物分类法。林耐的植物分类法在生物学上盛行多年，直到现代分类法出现后它才退出历史舞台。而现代分类法按照进化论的观点，又重新回到约翰·雷的理论中，根据植物器官的不同特点，现代分类法力求按植物的自然关系把植物分别归入各自的门类中。

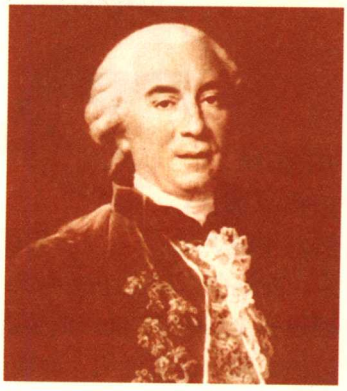
植物的双名命名法是由博欣和土尔恩福尔创立的，后来，林耐对它进行了改进和发展。为了采集北极植物，林耐长期在拉普兰人中游历，当他看到人种具有显著的差别时，感到非常的惊奇，于是，他开始注意不同人种的差别。在他所著的《自然系统》一书中，他把人、猿猴、狐猴、蝙蝠作为同一类动物放在"灵长目"中，他还按照人的不同皮肤颜色及其他特点，把世界上的人分为四类。

随着新航路的开辟，人类的活动范围也不断扩大。旅行家在游历中所获得的资料以及皇家动物园所收罗的珍禽奇兽，极大地推动了动物学的发展。布丰那百科全书式的



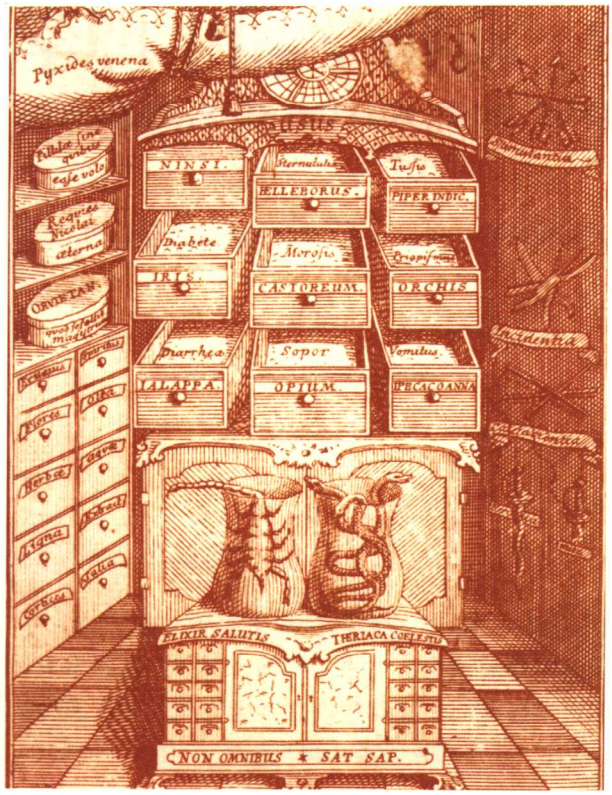
林耐　油画

林耐（1707—1778年），瑞典博物学家，动、植物分类学和双名制命名法的创始人。林耐在其著作《自然系统》、《植物种志》中，初步建立"双名命名制"，即"二名法"，统一了过去紊乱的植物名称；又始创人为分类法，将植物分为24纲，被称为"林氏24纲"。



布丰　油画

布丰（1707—1788年）法国博物学家，作家。他以关于自然史的著作闻名，是最早对"神创论"提出质疑的科学家之一。



植物分类法

“林氏24纲”是以“种”为分类的最小单位，再根据植物花的数量、形状和位置分成“属”，并以雌蕊的数目决定某一植物应归的“目”，以雄蕊的数目确立应归入的“纲”，另总括隐花植物为一纲而构成。

《动物自然史》书影

布丰在这本百科全书式的巨著中描绘了地球、太阳系、宇宙的演化，甚至大胆地提出，人应当把自己列为动物的一属。他在书中写道：“如果《圣经》没有明白宣示的话，我们可能要去为人和猿找一个共同的祖先。”



巨著——《动物自然史》的出版，标志着现代动物学在第一阶段已达到最高峰。在这个阶段，显微镜的发明和使用，使人们第一次得以窥见生物器官的细微结构和功能，也证明了世上还存在着无数的微生物，这些微生物，既有动物的，也有植物的，这在以前是无法想象的。对于林耐的动物分类法，布丰认为，虽然它是“屈辱人类的真理”，但作为说明动物之间关系的一种证据，对这个分类法却不能熟视无睹。布丰曾说过这样一句话：“如果至今都没有明确界定的话，我们可能要去给马和驴、人和猿寻找一个共同的祖宗。”但到后来，布丰自己又取消了这句话。

在古代以及中世纪，人们认为，生物是从死物质中自发地产生出来的，例如，蛙可能是在日光的照射下，从泥土中产生出来的。人们发现新大陆后，因为不愿意把美洲土人的起源追溯到亚当，于是有人认为，美洲土人的起源与蛙一样，都是从泥土中产生出来的。对这个“自然发生说”，第一个表示怀疑的是雷迪。雷迪用实验证明：死动物的肉不与虫类接触，也就不会产生蛆虫。但雷迪的实验被认为是与《圣经》的教导相抵触的而遭到抨击。如果把这件事同19世纪施旺与巴斯德的研究成果所引起的一场争论放在一起来看，就非常有趣了。在19世纪那场争论中，两边的带头人相互对调了一下位置。福格特、海克尔以及其他的唯物主义者维护自然发生说，他们认为，这个学说是对生命来源最自然的解释。而那些正统神学家则持相反的态度，神学家认为，这种结论只能证明，生命必须经过神力才能产生。就是现在，也还有人非难自然发生说，他们说，这种学说是建立在生命可以不经直接创造而产生的假定上。看来，要这些人接受事实而又不涉及这些事实具有的意义，是一件很困难的事。现在，我们再回过头来讨论18世纪的情况。为了验证雷迪的实验，斯帕郎扎尼长老重新做了一次雷迪做过的实验。证实证明，煎液经大火煎熬之后不可能与空气接触，也就是说，任何微小的生命都不会产生。可以说，这个实验是巴斯德和现代微生物学的先驱。



显微镜里的重大发现
彩铅素描　18 世纪

显微镜的发明和使用，为 18 世纪的科学研究提供了极大的便捷。借助显微镜的帮助，科学家们开始了对微生物的观察。

在第三章中，我们在讨论动物生理学时曾提到西耳维斯，西耳维斯抛弃了范·赫耳蒙特的唯灵论。他认为，在人体中有一种有感觉的灵魂，这种灵魂可以通过“生基”来支配一些发酵物。西耳维斯还试图用一种“沸腾现象”来解释人的消化功能、呼吸功能以及人具有的其他功能，而所谓的“沸腾现象”，与把硫酸倾注在铁屑上，或将灰渣长时间暴露在空气中的情况类似。

现在，钟摆又摆了回来，斯塔耳则把他在化学研究中所使用的心理分析也带到生理学研究中来了。斯塔耳则认为，生物体中的所有变化，从形式上看，它与普通的化学变化相同，但在实质上它们根本就不是一回事，因为，生物体中的变化是直接受体内那个“有感觉的灵魂”所支配。

斯塔耳则说的“有感觉的灵魂”与范·赫耳蒙特所说的“有感觉的灵魂”是有区别的，斯塔耳则说的“有感觉的灵魂”不需要“生基”或发酵物之类的中间媒介，它可以直接控制体内的化学过程以及其他过程。斯塔耳则说的“有感觉的灵魂”同笛卡儿哲学中的“理性灵魂”也有着本质的区别，按照笛卡儿的二元论，人体一旦离开灵魂，就变成了一个机器，这时候，人就被一般的机械定律所支配。而斯塔耳则认为，人体不会被物理的和化学的定律所支配，当人活着的时候，人在每一个细节上都远远超过物理学和化学的水平，这时，人只能由一个有感觉的灵魂来管理。活着的身体有着特殊的用途，即灵魂使肉体变得强壮并把肉体用于生存的目的。按照斯塔耳则的说法，灵魂和身体之间的桥梁在于运动，身体各部分的结构和感觉等，都是在“有感觉的灵魂”指导下的一种运动方式。因此，人们称斯塔耳则为现代活力论的创始人，尽管在后来，斯塔耳则的“有感觉的灵魂”变成了概念更为模糊的“活力质”。

此时，那些不承认斯塔耳则学说的人，则分成了机械学派和化学发酵学派。在他的《医学组织》一书中，将这两个学派的观点合二为一，尽管波尔哈夫并不赞同发酵学派的观点。辛格博士曾这样评价波尔哈夫：就知识的全面和渊博来说，波尔哈夫应该是近代最伟大的医学家。

在 18 世纪晚期，德·列奥弥尔和斯帕郎扎尼用鸢、狗等动物进行实验，使人们对消化又有了新的认识。比如，黑尔斯通过在马身上做试验，从而有了血压的概念，此外，黑尔斯还对树液作过压力测量。

福斯特爵士提出，1757 年应该是现代生理学同过去告别的分界线，因为，在这一年，哈勒出版了他的《生理学纲要》第一卷，《生理学纲要》一共八卷，第八卷直到 1765 年才最后完成。在《生理学纲要》一书中，哈勒将当时所知的有关身体各部分的生理知识，作了系统



大 脑 合成图片

在哈勒提出“脑髓是灵魂的住处”之前，古印度就曾出现过“脑中心”的说法。现在人们都知道了，大脑是主宰人类思维和意识的重要器官。

而详细的介绍。特别是在呼吸的机制、胚胎的发育以及肌肉的刺激性方面，哈勒作出了非常重要的贡献。

哈勒在研究中发现，人的肌肉存在着一种力量，这种力量在人死后还能存活一段时间。在通常情况下，肌肉是由大脑通过神经才发生作用的，哈勒提出，只有神经才有感觉，同时，神经也是唯一的感觉工具，神经既对肌肉发生作用，又是唯一的运动工具。所有神经都聚集到大脑中部的脑髓里，于是，我们可以这样推测：大脑中部是有感觉的，而神经末梢传到大脑后，通过大脑中部又呈现于心灵，这个推测可以从病理现象和动物实验中得到验证。哈勒还提出，神经液是一种独特的原素，而神经则是容纳这种原素的管道，因为感觉和运动都发源于脑髓，因此，脑髓就是灵魂的住处。

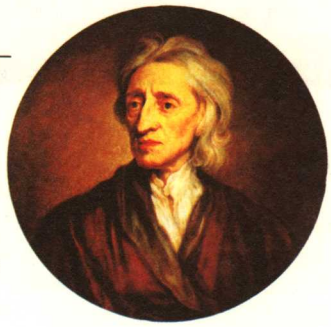
哲学家洛克和康德

ZHEXUEJIA LUOKE HE KANGDE

洛克试图在可靠经验的基础上，建立一种合理的宗教与科学。而康德认为，牛顿的数学物理学研究方法，已经对科学探讨的范围作了规定，因为，只有用这种方法才能获得科学知识。

要对18世纪的科学思想进行总结，我们不但要研究物理学家、化学家和生物学家的成果，而且还要研究哲学家的成果。

虽然哲学家约翰·洛克一生中大多数时间都是在17世纪度过的，但他的精神却属于18世纪。约翰·洛克曾当过医生，1669年，他对经院派的医学观点进行驳斥，强调经验的作用，并用他朋友西德纳姆的方法作为例证。西德纳姆曾经对疾病做过科学观察并对传染病进行过专门研究，而约翰·洛克本人也为舍夫茨别利勋爵做过手术，并为女人接过生，但约翰·洛克的主要贡献则是他的哲学著作《人类理解论》。



洛　克　油画

约翰·洛克（公元1632—1704年），英国经验主义思想的代表，启蒙运动的一个著名先驱者。代表作有《人类理智论》、《政府两论》等。他集中研究了人类的知识起源和认识能力，尖锐地批判了“天赋”观念，认为人的一切知识和观念都是通过后天的学习得来的。

在政治和哲学思想上，与霍布斯的专制主义政治和极端主义哲学相比，洛克则代表着一种和缓而理性的自由主义。洛克尊重事实，厌恶先验的抽象推理，洛克对人类可能的知识限度进行过研究，他反对那种认为知



全民教育　让·斯腾　19世纪

《约翰·洛克的家庭教育》初版迄今已300年，约翰·洛克所倡导的家庭教育的法则，已成为当代家庭教育的主流和标尺。他主张把年轻人培养成有强健身体、有一定知识、有才干、具有优雅态度并善于处理各种事务的绅士。然而，洛克对教育的重视，却被当时的一些人看做是多余的，在让·斯腾的这幅画作中，具有讽刺意味地描绘了公共教育的教室情景。

空 想

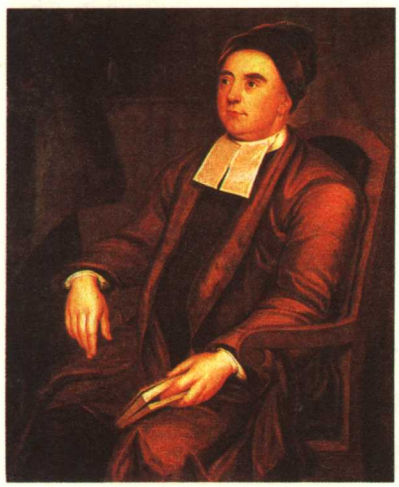
阿尔波特·摩尔勒 油画 19世纪末

洛克认为，人的心灵和我们所能进行的探索都是有局限性的，对人类知识的获得来说，感觉——经验因素有着重要作用。他的这种主张既是经验主义传统的继承，又是康德批判哲学的起点。图中的少女悠闲地摇着折扇，若有所思。



贝克莱

乔治·贝克莱（1685—1753年），英国经验主义哲学家。其代表作有《视觉新论》、《人类知识原理》、《海拉和菲伦诺的三篇对话》等。贝克莱赞成洛克所谓人类只能直接把握自身意识的思想，但又从中提出疑问：人类为何无法直接认识物质对象？



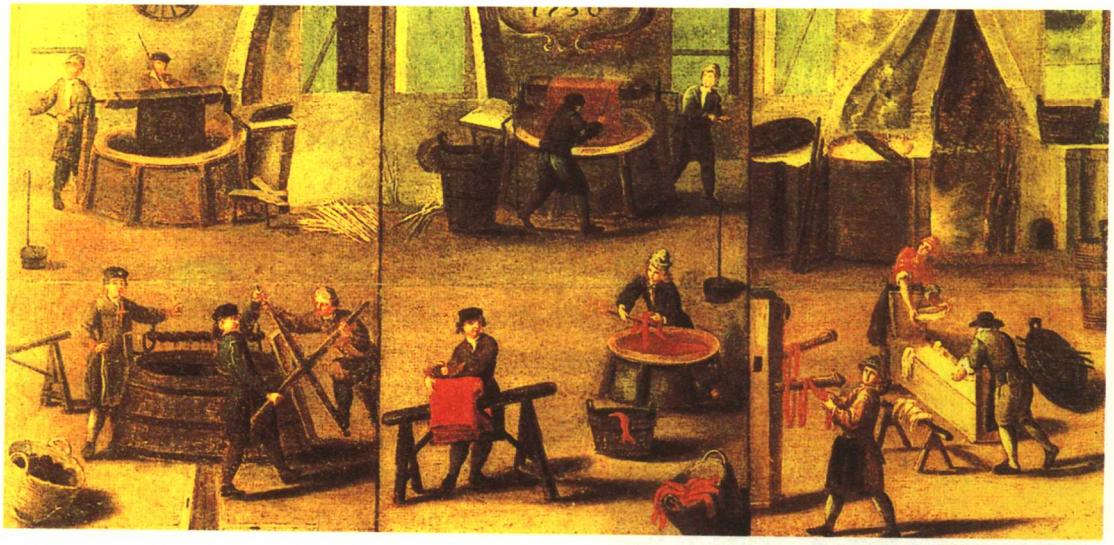
识可以脱离理性批判的观点。对受过教育的人来说，有些知识是可以自学的，但观念却不是生来就有的，有一些知识，必须通过理性的证明才能得到。人类的所有思想都是经验的积累，或者是对外界事物的感觉，或者是对内心活动的思考。

根据对儿童和痴呆病人心理的研究，洛克作出了这样一种推论：首先，感官向我们提供了比如广延、运动、声音、颜色等这样一些原始观念，随后，我们根据这些原始观念的相同点而产生联想并引出抽象的概念。但我们对事物的了解也只是它们的属性，而我们所了解的属性也完全是通过触觉、视觉、听觉等感觉器官来获得的。我们只有从这些不变的属性中，才能对变化不定的现象形成复杂的观念。其实，人的情感和情绪，也是产生于感觉的不断重复。

但是，当我们用词汇把那些已经形成的抽象观念固定下来时，就有可能会发生错误。因为，词汇并不是事物的准确图画，而是一些任意规定的符号，这些符号只是历史的一种偶然选择，它们随时都有改变的可能。在这里，洛克提出了一个极有价值的新观念，即由对悟性的批判进入到对语言的批判。

洛克第一个创立了现代内省心理学，其他哲学家虽然也向内看，但他们都是草草内省一下之后就去发表自己的武断见解，只有洛克一个人能够安静地、不断地注视着自己的内心活动，这就像他注视着病人的病症一样。洛克的结论是：知识就是考察人与人之间的思想或人的思想与外界现象之间是否符合。每个人都知道他自己是存在的，既然每个人的生命都有一个开端，要解释这个开端，就应该有一个第一原因，这个第一原因就是最高理智的神。要确定我们的思想与外界事物的关系，就必须对具体事例进行归纳，但对自然界的认识具有很大的偶然性，它很容易被新发现的事实推翻。

过去，阿奎那将中世纪的神学和亚里士多德的哲学作过一次知识综合。洛克以英国人特有的实用精神和自己的开阔视野，对《基督教的合理性》进行了论述，洛克试图在可靠的经验基础上，建立一种合理的宗教与科学。阿奎那和洛克都对知识综合进行过尝试，但阿奎那体系的各个组成部分都具有排它性和绝对性，而洛克的体系则包含着适应各种学术发展需要的可能性，洛克还主张容忍各种宗教意见。这在每一派别都认为自己是绝对真理的时代里，洛克的思想无疑是超前的。



染色作坊　油画

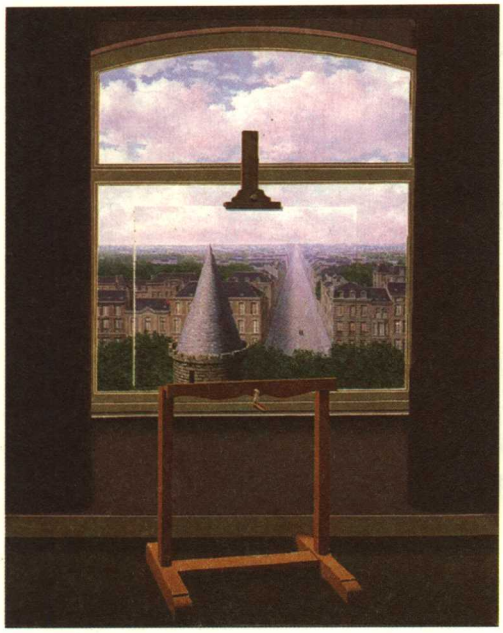
贝克莱认为，世界上只有思维及其内容、或者说主体及其经验的存在。没理由认为存在着无生命的、独立的物体和洛克的物体实质（洛克本人认为这些都是不可认识的东西）。对他来说，人们所能感知的不会是事物，只能是像色彩之类的性质，而性质因人而异。

从某种程度上讲，洛克的哲学是对牛顿科学的补充。洛克哲学与牛顿科学的结合，对爱尔兰克罗因地区主教贝克莱的思想产生了非常大的影响。

贝克莱认为，机械唯物主义哲学对专门研究物质运动的科学具有危险性。于是，贝克莱选择了一条勇敢的道路，他承认，新知识以及新知识所描绘的世界情景是真实的，但贝克莱实际上是向人们提出了这样一个问题：这种真实知识所说的世界究竟是什么样的一个世界呢？贝克莱的答案是：这个世界就是由我们感官所揭示的世界，并且，也只有我们的感官，才能使这个世界成为实在的世界。而那些所谓的第一性的质，例如广延性、形状和运动等，不过是存在于人心中的一种观念而已，这些观念与第二性的质一样，它们都不可能存在于没有知觉的物质中。在 1901 年出版的《贝克莱全集》的序文中，弗雷塞这样说道：在可以同人们的认识和行为发生实际关系的范围内，只有当物质世界能在某种活的心灵的知觉经验中得到实现的时候，这个物质世界才是实在的。一个永远没有上帝的、永恒死寂的世界，是无法想象的。对每天呈现在我们感官面前的世界，我们并不否认。唯一的物质世界是由现象组成的，这些现象作为实在的对象，通过一连串可以解释的符号而不断地产生，通过这些符号，每一个有限的人可以实现自己的个人人格，并实现在自然科学中得到解释的感官符号的象征作用。而这所有的一切都意味着，神是必然存在的，因为，要使物质世界成为一个实在世界，就必须要通过一位活着的上帝来实现。

按一般人的理解，这些话的意思就是否认物质的存在。从自认为只要踢下一块石头，就能把贝克莱驳倒的约翰逊时代起，到近来出现创作五行打油诗的作家时代为止，这种看法引起了无穷无尽的批评，提出批评的人，既有博学多才的人士，也有不学无术的人。但有一个事实似乎是真实的，这个事实就是：我们所知的世界，是通过感官才变成实在的，但我们无法知道，在我们所知的世界之内还有一个假想的实在世界。也许，这并不是贝克莱对自己的哲学所作出的解释。

其实，贝克莱并不像人们所想象那样否认感官证据。相反，贝克莱是把自己局限在感官的证据中。洛克认为，现象后面存在着一个实在的物质世界，是人们根据物质的特性而得出



欧几里得几何学的漫步场所
油画 20世纪

这幅《欧几里得几何学的漫步场所》有双重玄关。当它作用于人的视觉时，人们对这个感觉对象会有双重的错觉：即街道看起来成了另一条笔直的大街。将其认做尖顶还是街道完全取决于我们将之“看成”什么。

的合理推论。而贝克莱否认未知世界的实在性，他认为，实在只能存在于思想世界中。

对认识的可能性，休谟采取的是一种更加怀疑的态度，休谟利用贝克莱的论据，对心和物的实在性进行全盘否认。贝克莱摒弃了科学家为解释物质现象而假设的神秘基础，而休谟则把哲学家为解释心灵现象而发明的神秘基础也全部扫光。休谟认为，只有那一连串的印象和观念才是实在的。

休谟重新掀起了一场无休止的有关因果性的争论。休谟提出，人们之所以认为一件事可能是另一件事的原因，是因为这两件事具有联想关系，这种联想是由两件事之前的一长串事件唤起的，但这只是经验问题而已。在自然界中，事件都是相互连接的，但我们不能推断它们是否有因果关系。休谟向那些宣布要用归纳方法证明普遍原则的经验派指出，由于他们只诉诸感官经验，因而也就不可能用归纳方法推出普遍性的定律。于是，休谟断定，因果性原则只是一种本能的信念：自然规定我们去判断，就像规定我们的呼吸和感觉一样。

休谟认为，因果律既不是推理，也不能用逻辑来证明。对这个说法，康德完全赞成。康德认为，作为科学和哲学基础的其他原则也是这样，只有先接受那些经过证明的理性原则，才有可能根据经验用归纳方法来证明普遍原则，因此，我们并不希望用经验去证明普遍原则。对我们来说，要么接受休谟的怀疑论，要么去寻找唯理论和经验论的衡量标准。

同休谟一样，莱布尼茨也不赞成用经验方法来证明普遍原则，但莱布尼茨承认普遍原则的存在，并提出：纯粹的理性高于感觉和知觉。事实上，普遍原则是客观世界不变真理的揭示者，它不但是物质世界和实在结构的揭示者，而且还是所有实体的揭示者。而实在，只是真理世界众多可能性中的一个。

休谟认为，思想只是用来解释人类经验的一个实用工具，它没有什么客观的或形而上学的确实性。而莱布尼茨认为，思想能够制定法则，它可以揭示出事物的更广大的宇宙，它可以决定经验必须符合的根本条件。所有的问题，不管是科学的还是道德的、宗教的，在实质上都要受思想抉择的影响。以上两种观点，我们究竟选择哪一种？或者说，对这两种观点互相冲突的地方我们怎样去调和？根据对生物进化的认识，现代人赞成第一种观点，认为思想是通过自然选择而产生出来的一种工具，其主要作用是为了自我保存。但近年随着数学的发展，有人则赞成第二种观点，认为思想已经超越了欧几里得的空间，它可以规定任何经验都揭示不出来的新空间。

康德的任务就是研究这两种不同的观点，尽可能地把还没有被休谟破坏完的莱布尼茨的纯粹理性抢救出来。康德从这两种观点的共同之处出发，在莱布尼茨那里，康德接受了他的先验思想；在休谟那里，康德接受了理性原则是综合性原则的观点。康德认为，所有的原则

都不过是认识的基础，它们既无内在必然性，也没有绝对的权威。把原则作为人类的理性，是可以用事实来验证的，它们既是感官经验的条件、也是我们认识外界的条件，它们的有效性局限在经验的范围内，在构造涉及事物本身的形而上学理论时，它们就没有什么作用了。康德的唯理论承认先验性，但康德强调，这种先验性不过是与人类经验相对而言的先验性。



桌　球　詹姆斯·吉尔雷　漫画　18世纪

休谟认为因果关系同自我和上帝一样，是无法观察的。他用桌球之间的碰撞来说明因果关系，每个因果都是各自独立的事件。



休　谟　油画　18世纪

大卫·休谟（1711—1776年），是哲学史上最有魅力和最重要的人物之一。他提出：除了数学，人们不可能认识任何确定的东西，人活着的所有行动必须建立在关于现实的假设基础之上。

康德认为，牛顿的数学物理学研究方法，已经对科学探讨的范围作了规定，因为，只有用这种方法才能获得科学知识。康德进一步指出，用这种方法获得的科学知识是有关外观方面的知识而不是实在方面的知识。康德把科学知识局限在通过数学物理学方法而获取的那一类知识，这就显得太狭隘了，按照康德的说法，现代生物学就会被排斥在科学之外。但康德将外观与实在分开，这在哲学上具有很大的价值，因为，科学世界是通过感官揭示出来的，它是现象的、外观的世界，而不是终极的实在的世界。

按照牛顿的说法，空间和时间是依靠上帝的意志而存在，它们与人的思想无关，也与充斥其间的物体无关。而莱布尼茨认为，空间和时间是人根据实在物体从感官和知觉中抽象出来的经验性的概念。康德提出，虽然不能肯定时间与空间是否具有形而上学方面的实在性，但在领悟变化时，我们对时间的意识是实在的，同样，在广延方面空间也是实在的。康德将牛顿和莱布尼茨两人的观点进行了中和，他既没把空间和时间与人体感官材料归入一类，也没有把空间和时间与悟性的概念归入一类，而是把表面上互相矛盾的两个宾词连结起来。自芝诺时代以来，我们就一直没有解决“理性的二律背反”这个问题，物理学的世界是事件的融合，心灵把它们分布在空间与时间中，于是就形成了各种现象之间的关系，但这些现象又是自相矛盾的。有人说，在古代哲学中，康德的形而上学最能代表现代物理学和生物学的水平，这些人还说，随着相对论与量子论，生物物理学与生物化学等这些新科学的发展，科学的哲学全都回到康德那里去了。为了表示公正，我们将罗素的不同看法也提一下，罗素说：“哲学世界淹没在康德的混乱与神秘之中，现在才开始从混乱中脱身出来。康德被冠以现代最伟大的哲学家之名，但我认为，现代哲学有康德，实在是现代哲学的不幸。”这是在形而上学问题上，至今没有形成一致意见的又一个例证。

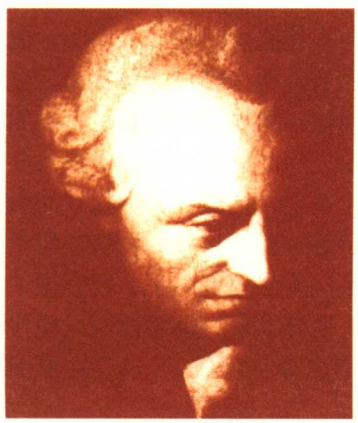


星 空

康德的名著《实践理性批判》中最具代表性的一句话指出："外在的星空是存在我内心的道德法则"，即眼睛所见的外在世界引发人们向内反求自心。在研究天文的过程中，康德将天文与美学、哲学联系起来，为人类思想进步做出了巨大贡献。图为星空中的各种星座。

康 德

康德（1724—1804年），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。康德提出，上帝存在、灵魂不死和意志自由问题不算知识，不是科学所追求的对象，而仅仅是信仰的对象。把形而上学作为科学知识是不能成立的。



有人认为，康德哲学与现代科学提供的材料是基本相合的。也许，这种基本相合可以从某一方面说明，康德本人是一位合格的物理学家。为了说明太阳系的起源，他在拉普拉斯之前，创立了星云假说。康德最先提出：潮汐的摩擦有减缓地球旋转的作用，同时，这种摩擦产生的反作用，又迫使月球用同一面对着地球。康德还用地球自转时地面速度的差异来解释"贸易风"和空气中的其他流动现象。此外，关于地震的原因、人种的差异、月球中的火山以及自然地理学方面，康德都有著作论述。由此可见，康德具有渊博的科学知识。康德提出，在两个可能或不可能的条件下，不能单凭逻辑来判断，这体现了科学家的求实精神。在处理与实在有关的问题时，康德的这种求实精神得到了充分体现。

洛克和休谟认为，形而上学的实在不是人类理性所能探讨的。而休谟特别强调，终极的问题不是他用求知的方法就能解决的。休谟说，用逻辑来为基督教作辩护是危险的，他用嘲讽的语气说："神圣宗教应该是建立在信念的基础上，而不是建立在理智的基础上。"在这里，我们似乎又看见了中世纪后期对经院哲学的理性批判。思辨哲学还在不断地徘徊，而现代科学则在稳步前进。

在笛卡儿的二元论中，笛卡儿及其承继人认为，他们假定的意识是终极的，这种意识是不能进行分析的，但康德则将这种意识分析为若干因素。意识中包含着判断，意识不揭示自身，它只揭示它所涉及的对象。当我们在分析自己的心理状态时，我们把这种状态是作为对象来认识的，这就像我们去认识外界的事物一样。所以，我们的主现状态和感觉，以



六月如火　雷顿　油画　19 世纪

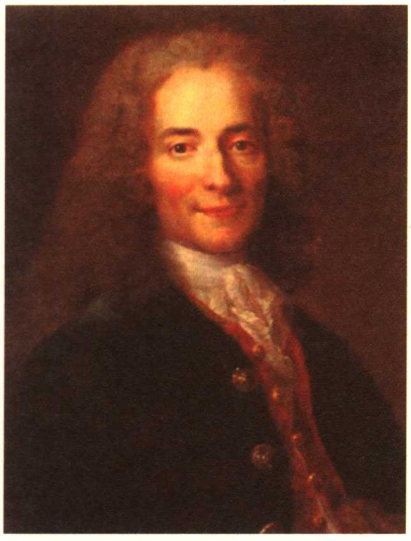
康德第一次指出人的理性思维发生矛盾的必然性，提出关于理性思维的“二律背反”，探讨和揭示了思维的辩证结构及其矛盾运动。他指出，很有可能人在酣睡中，心灵才最善于思维。

及感情和愿望等都是客观的，也就是说，它们都是意识的对象，它们是我们意识所揭示的自然秩序中的一部分。可以这样说，道德观念比布满繁星的天空还要实在，因为，只有假定道德观念是实在的，我们才能对道德观念进行解释。作为一种实在，道德律是揭示人类心灵的一个形式。根据理性原则，只有那种符合道德价值的幸福，才是人类的行动目的，才是最高的善。但用我们有局限的大脑来分析，这些情形好像只有在来世才有可能实现。康德提出，这个必然性虽然是唯一的解释，但它不能代表实际的事实。

唯物主义与决定论

WEIWU ZHUYI YU JUEDINGLUN

唯物主义认为，物质才是宇宙唯一的终极实在，而思想和意识只是物质的产物。世界除物质之外，并没有什么实在。



伏尔泰 油画 18世纪

伏尔泰（公元1694—1778年），著名的启蒙思想家、作家和历史学家，启蒙运动的主要代表人物之一，被誉为“欧洲思想界的泰斗”。他一生致力于批判封建迷信和专制制度，认为宗教迷信和教会统治是人类理性最大的敌人。

牛顿及其门下弟子用新的动力学来证明全能造物主的智慧和善良，但在洛克的哲学中，崇拜造物主的倾向已经逐渐减弱，而休谟将理性与信仰分开后，这种倾向就全部被排除在外了。

在18世纪晚期，社会各界有学问的人，大多都对宗教持怀疑态度，至少法国是这样。伏尔泰对教士及其教义的抨击，不过是发生在当时思想界中的一个普通例子。洛克以及英国的自然神论者，在大陆上也有支持者，这些支持者就是伏尔泰等人，这就像英国出现了辉格党君主政体后，其他国家的正统主义权威也大受影响一样。

对这个普遍的异端思想潮流作出重要贡献的是机械哲学。在解释天体机制方面，牛顿的理论取得了非常大的成功，于是，人们就过高地估计了机械概念对整个宇宙的解释能力。比如，马赫曾这样说过：“法国18世纪百科全书派认为，他们用物理和机械原理去给世界作最后解释的日子已经不远了。拉普拉斯甚至提出，只要有质量和速度，通过心灵就可以预测自然界的未来和发展状况。”但现在，已经没有人敢说这样不着边际的大话了。这说明，那种决定论绝不是万能的。如果我们在当时说这些话，则是对新知识力量的夸大，当时的新知识在人们头脑中留下了非常深刻的印象，人们是在后来才认识到，新知识的适用范围也有一定限度的。因此，我们可以将它们看成是希腊原子论者的故事在不同时代的重演。希腊的原子论者把他们对物理学的思考推广到生命和思想世界，但他们不知道，在物理学与生命和思想世界中间，隔着一条逻辑鸿沟，虽然经过两千年的努力，但这条鸿沟一直都没有沟通，人们只是对它作了部分的揭示和探测而已。

牛顿认为，他自己谱写的天球音乐，唱的是关于万能的上帝的故事。牛顿非常谦逊，他

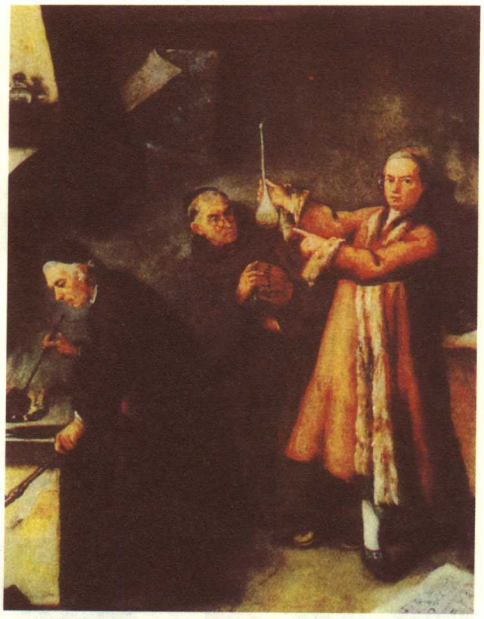
把自己比成一个在真理大海的岸边，拾贝壳玩耍的小孩子。但其他人就没有牛顿那样谨慎了，在17世纪中叶的英国，宗教分歧、矛盾尖锐，但到了18世纪，教会则变得非常宽容。每个人都可以自由地创立适合自己的新教，因此，有关机械的理论，在推行逻辑学的法国非常流行。在法国，专制的罗马教是唯一有效的宗教，牛顿的同胞不但接受了法国的科学，而且还接受了法国的哲学和宗教信仰。英国人这种可以同时接受在当时看来互不相容的几种信仰的行为，使大陆上的人感到非常惊奇。这也许说明，英国人都是具有政治头脑的人。

英国人能够本能地认识到，问题的两个方面都各有理由，随着知识的增加，那些看似不相容的事物有时是可以调和的。这种倾向表现在有学问的人身上，说明这些人具有真正的科学力量，他们可以沿着两条有用的思想路线前进，在没有用证据验证以前，对那些比较深奥的问题，他们是不会轻易下结论的。

但牛顿的法国弟子却认为，牛顿体系所解释的实在是一个庞大的机器，对这个机器的所有基本要素，人们已经非常了解，由于机械的必然性，人的身体和灵魂也就成为了这个机器的一部分。例如，伏尔泰在《愚昧的哲学家》一书中说："全部自然界包括所有的行星都要服从永恒的定律，但如果有一个五尺来高的小动物，可以不把这些定律放在眼中而为所欲为，那就太奇怪了。"伏尔泰重申了自然定律和人生的意义，以及人的心灵本性和自由意志的本质等问题，伏尔泰用形象的比喻，生动地表达了当时的法国对牛顿宇宙论哲学和宗教含义的看法。

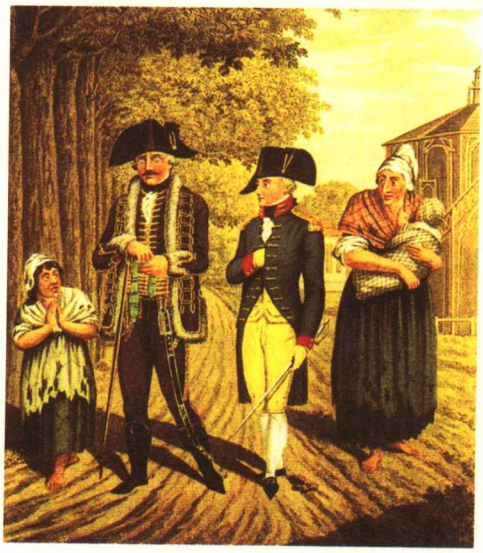
在哲学家认为牛顿的动力学体系只提供了外观知识而没有提供终极实在知识的时候，在自然神论者正利用这个体系来攻击罗马正统教义的时候，一股更为流行的唯物主义思潮出现了。"唯物主义"一词最早出现在 18 世纪，牛顿认为，坚不可破的原子是由上帝创造出来的，但这种说法一到大陆那些牛顿学说的解释者口中，便与上帝脱离了关系，这种说法成为了他们复活古代原子论者的哲学。

按照不严谨的说法，唯物主义就是无神论的同义词，或者是与正统教义不相容的哲学。但我们



炼金术士　油画

伏尔泰非常欣赏作为科学家的牛顿，而非神学家牛顿。他曾评价牛顿说，"当牛顿研究数学时，眼睛是睁开的，他的目光直达世界边缘"。从自己的哲学出发，伏尔泰将牛顿诠释为现代理性之父，并借牛顿的权威宣扬自己的理性哲学。17 世纪，炼金术仍然在社会上流行，科学家牛顿也在私人领域从事着这方面的研究。图是对当时炼金术士的描绘。



沟 通　油画　17 世纪

伏尔泰虽不是科学家，却认真从事自然科学的研究，是洛克科学实验观的支持者。他信奉自然权利说，认为"人们本质上是平等的"，这是我们相互交流和认同的基础。



18 世纪科考队在北极 佚名 版画 18 世纪

知识的产生是通过思维，而这个思维的前提是纯粹的知性概念与感官对象相结合。在 18 世纪的欧洲，法国科学院派出两支考察队，通过实地考察来决定牛顿的《自然哲学的数学原理》和勒内·笛卡儿的物理学理念的支持者的争论大战。地球到底是两极地带平坦还是赤道地带平坦，必须由事实来裁决。这就说明思维必须借着直观感性的载体才能成为知识。此版画取自当时题名为“地球的外形”的考察报告。



鲜花与书籍 吉特劳明 油画 20 世纪初

唯物主义是同唯心主义相对立的思想体系。唯物主义认为世界按其本质来说是物质的，物质是不依赖于人的意识或精神而独立存在的客观实在，意识则是物质世界在人脑中的反映。此画创作者的创造理念，也是通过纯粹的物型形象来表达的。

认为，“唯物主义”一词有比较确定的意义，“唯物主义”是一种信仰。唯物主义相信：物质，或牛顿所说的坚不可破的质点，以及现代物理学所说的基本质点，才是宇宙唯一的终极实在，而思想和意识只是物质的产物。世界除物质之外，并没有什么实在。

古代原子论者认为，感觉产生于原子的运动而不是原子的本质。唯物主义出现后，德·拉·美特利和莫佩屠斯接受了这个观点，但罗比耐则认为感觉产生于物质本身。

法国唯物主义派比较注重机械决定论的观点，特别是德·拉·美特利，由于他在《人是机器》一书中攻击基督教和所有的有神论，因此，他处处遭人非难，他的名字长期被人当作异端信仰的符号。还有一本名著叫《自然体系》，其内容大部分出自霍尔巴赫的手笔，《自然体系》的理论与笛卡儿的二元论相互对立，霍尔巴赫用他的理论论证：既然人的思想是作为物质而存在，那么，物质也是可以思想的。这是对莱布尼茨的学说反其意而用之，因为，莱布尼茨在他的原子论中，是把物质精神化而不是把物质灵魂化。

唯物主义武断而天真地断定，现象世界是实在的。唯物主义曾努力尝试解释意识的产生，但与其他哲学的努力一样，唯物主义的努力也是失败的。因为，无知觉的质点的运动怎么可能产生意识呢？换句话说，所谓物质本身的感觉只是把需要说明的事物作一假定，即把当前的问题复述一遍而已。唯物主义甚至不能驳倒贝克莱的极端唯心主义，因为，唯物主义经不起任何批判哲学那摧毁性的分析。但是，由于唯物主义不像批判哲学那样深奥，它通俗易懂，于是它就暂时成为除正统教义以外的，缺少知识的人可以信仰的最好的哲学了。科学的进步至少要在 18、19 世纪才能实现，在此期间，唯物主义则是最简单的、最不令人感到心理疲倦的学说。而且，在日常的应用中，唯物主义有着自己的优点。事实上，在科学的每个一细节上也需要唯物主义，但又会出现这样一个危险：唯物主义被看成是必需的科学的哲学。作为一种哲学，它把各种科学的成功经验据为己有，在 19 世纪一个不长的时期里，这种情形就曾经发生过。



罗马的雕塑画廊　阿尔玛·苔德玛　油画　1867 年

唯物主义和唯心主义根本观点的分歧，是围绕物质和意识的关系问题而形成的。对世界上诸事物的理解，必须通过意识和存在有机地结合才能成为实际，就像我们观看艺术品展览，必须先有艺术品的存在，我们才可以获得审美愉悦一样。

但是，如果我们稍作思考就会明白，同其他科学概念一样，物质也必须通过对感官产生影响，才能被我们感知。这样，我们又回到认识论的问题上来了，科学世界是外观世界，它受我们感官和心灵的揭示与限制，科学世界不一定就是实在世界。在本书后面一章中，我们将看见卢克莱修和牛顿所说的坚硬而有质量的终极质点，怎样被分解为非物质的质子、电子和其他粒子所组成的复杂体系。根据相对论的观点，我们还可以知道，物质已不再是关于时间和空间中存在并运动的事物，它已变成了由一些相互关联的事件而构成的体系。在 18 世纪，这些可能性还只能是隐藏在未来，但洛克、贝克莱和休谟已经证明，通过感官而了解的自然，不一定就能揭示实在。根据我们对当时的科学知识进行分析，唯物主义就不能令人满意了。





第 6 章

19 世纪的物理学

19世纪，科学技术的巨大进步使人们对整个宇宙的看法发生了根本性的改变。电流、电磁、热能的发现以及人类社会所发生的翻天覆地变化，使人们开始意识到，人类与自然世界一样，都必须服从于相同的物理定律。

追求新理念

18 世纪中期，科学实验逐渐从生产实践中分化出来，自然科学也从古典时代的自然哲学中脱颖而出，逐渐形成了初步统一的科学知识体系，近代社会在科学的全面发展下得到强有力的推动。至 19 世纪，科学技术更以前所未有的速度向前发展，不仅科学技术研究领域大大拓宽，科学研究的成果也为现代科学的繁荣奠定了基础。自此，西方科技文化跳跃式发展的大幕缓缓拉开了。

科学时代开端——19世纪

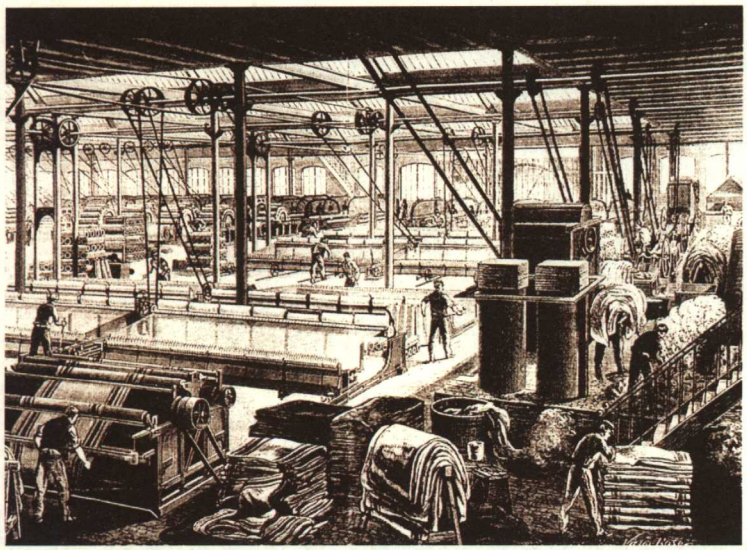
KEXUE SHIDAI KAIDUAN SHIJIU SHIJI

19世纪的主要任务，是将动力学的实验方法和数学方法逐渐推广到物理学中去，并在可能的情况下，还要将它们应用到化学和生物学中去。

如果我们有足够的理由说明，19世纪就是科学时代开端的话，那么，人类对自然的认识在19世纪则进步迅速。自人类诞生以来，人们就开始研究自然，事实上，人类早期的原始生活技术就是对物理知识的零星运用，而早期的神话和寓言就是关于世界创立和人类起源的理论。但在最近的一百多年，人们对整个宇宙的看法却发生了改变，因为，人们已经认识到，人类与自然世界一样，都必须服从于相同的物理定律，人们对自然世界所作的观察、归纳、演绎以及科学的实验方法，不但可以作为纯粹的科学题材，而且在人类思想的各种领域都可以应用。

纺织厂内景　插图　1874年

工业化是自从农业、铁器和轮子问世以来，欧洲历史上最为重大的变革。它在一个半世纪以内，把农民、工匠阶层转变为机器操作修理工和簿记员阶层。同时结束了农业年代久远的领先地位。工业化使人类在经历了几千年文化演进所造成的分化以后，再一次走向文化趋同。图为1874年，法国奥尔良的一家大型纺织厂内的生产图景。

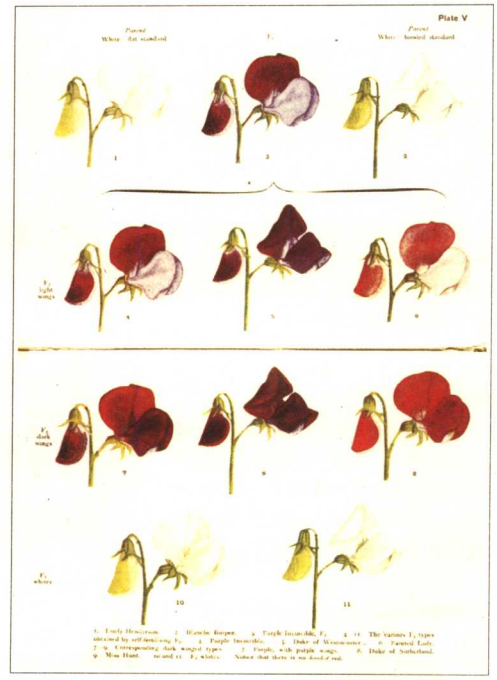


我们发现，在上一个世纪的众多发明中，有许多科技成就都是根据实际生活的需要而取得的，就是说，除了那些偶然的发现外，多数发明都是事先研究的结果。在19世纪，出现了许多为纯粹追求知识而进行的科学研究，这些科学研究走在了实际应用和发明创造的前面，并启发了实际应用和发明创造。而发明创造的产生，又为科学研究和工业发展开辟出了新的领域。例如，法拉第的电磁实验带来了发电机和电磁机器的发明，而发电机和电磁机器的发明又向科学家提出了新问题，但同

时，这些发明也给科学家提供了解决新问题的依据。麦克斯韦对电磁波进行数学研究，50年后，在此基础上发明了无线电报和无线电话，而这些技术又给物理学家提出了新课题。自巴斯德发现发酵、腐朽以及人的疾病都是来自于微生物后，工业和医学都在此取得了极为重要的研究成果。孟德尔在布吕恩修道院中所作的豌豆遗传实验，带来了小麦及其谷类植物栽培技术的改良，并使人们了解和掌握了有关动植物的特性及其遗传原理，这种知识将在今后为人类的利益带来不可估量的影响。总之，过去的科学是隐藏在经验技术的黑暗角落里默默地工作，当它公开站出来并高举火炬前进的时候，人类的科学时代就开始了。

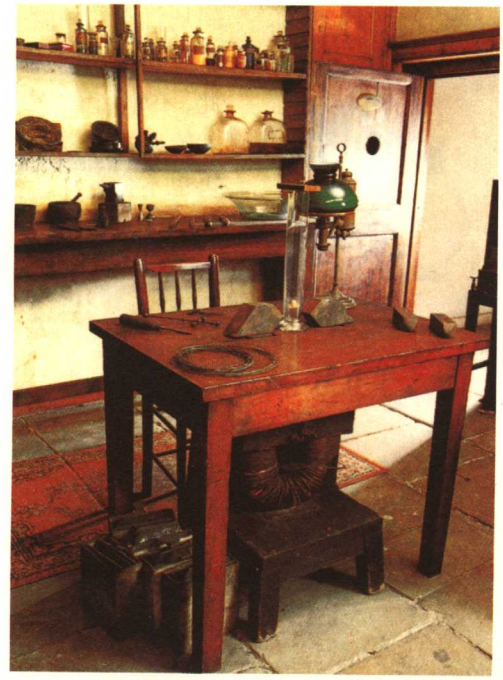
本世纪所特有的各种思想，在19世纪刚一开始就已经存在了，因此，要划出这些思想产生的确切时间是很困难的，另外，在技术科学的应用方面，早在伟大的工业革命时期就已经开始了。1769年，当瓦特得到冷凝器原理专利权时，作为工业革命主要工具的蒸汽机已经进入了使用阶段。蒸汽机是一个实用的发明，它是在投入应用后人们才用科学原理去对它进行改进。不过，让全世界发生革命性变化的另外一个大发明——电报通信，却是纯粹的科学研究结果。对电报通信的研究，最早可以追溯到1786年的伽伐尼，反过来看，为了更好地使用海底电信而发明的反射镜电流计，对纯科学也有很大的帮助。

有人认为，科学的主要成就就是把科学用于实际。不过，科学用于实际虽然对人类的思想影响很大，但这种影响却是间接的和缓慢的，人类控制物质资源的能力，主要是通过应用科学来提高，因此，一般人就认为，应用科学远比纯科学重要，事实上，纯科学进展虽然缓慢但是所向无敌。人类控制自然的能力是没有止境的，但有人错误地认为，单凭人类控制自然所用的机械原理，就足以解释整个宇宙的奥秘。



孟德尔的甜豌豆

格里戈尔·孟德尔，一位在修道院花园里用了10年时间杂交豌豆作物的奥地利神父，于1886年对外界宣称他发现了遗传学的基本法则。孟德尔的观点——认为植物母本传给下一代的特征，引导出了使商用农业大大改观的“杂交优势”理论。通过杂交两种近体交配的种子，农民可以获得优于母本中任何一方的后代。1900年，孟德尔的著作被重新发现，它使美国人产生了农业改革的兴趣。

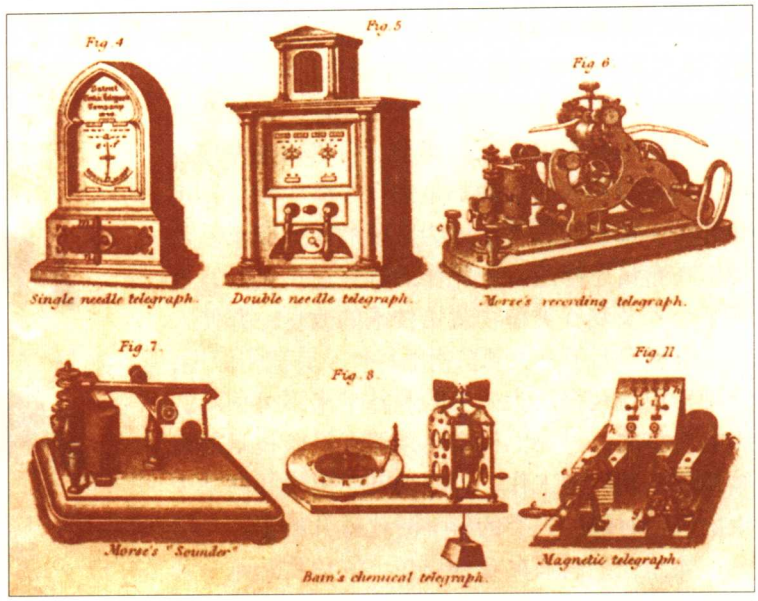


法拉第的电磁体

法拉第通过电磁体的试验，实现将磁力转变为电力，并在此基础上进行了对发电机的制造。图中是法拉第在19世纪20年代制造的一个早期的电磁体。

早期电报机

电报是电的最初运用，它起源于这种认识：电脉冲能用来沿着导线传送信号。在早期研制电报机的过程中，电报是一种只用8根电线的编码式电报机，由于导线太多，难以达到实用功效。随着电磁学理论的不断完善，美国人莫尔斯发明了莫尔斯电码，用点横两种符号简化了电报系统，开启电子通信时代的新纪元。图为19世纪百科全书中的早期电报机。



钟 表 合成图片

精密时间是科学研究和实验的基本物理参量，它为一切动力学系统中的测量和定量研究提供了必要的时间坐标。此图中的不同钟表是人类历史发展中所产生的时间测量工具。



19世纪的主要任务，是将动力学的实验方法和数学方法逐渐推广到物理学中去，并在可能的情况下，还要将它们应用到化学和生物学中去。在一个相当长的时间里，科学研究与哲学探讨分了家。在整个19世纪，许多科学家都有这样的看法，他们认为科学所揭示的物质及其性质与相互关系，就是一种终极实在，而人的身体就是一个机械结构，它偶尔也能够被心灵控制或影响。许多物理学家在对科学基本概念进行考证时，也认识到这些看法只是一种有利于研究工作的假设，但这些假设经不起严格的推敲。不过，在实际生活中，人们却没有时间从哲学的角度来对它表示怀疑。

18世纪，牛顿与拉瓦锡为物理学和化学的发展奠定了基础，因此，19世纪的物理学和化学已建成一座高耸入云的摩天大厦。这个成就给人的感觉是，所有的研究成果都已经一劳永逸地作了规划，今后再也不会有什么惊人的新发现了，剩余的工作就是把科学的度量弄得更加精密，把一些明显的漏洞进行填补就行了。这就是19世纪末、科学浪潮兴起前人们的普遍思想。

不可称量的流体

BUKE CHENGLIANG DE LIUTI

流体说的历史意义在于，它将人们的注意力引向电力。于是，物理学家开始了对空间性质问题的探讨。

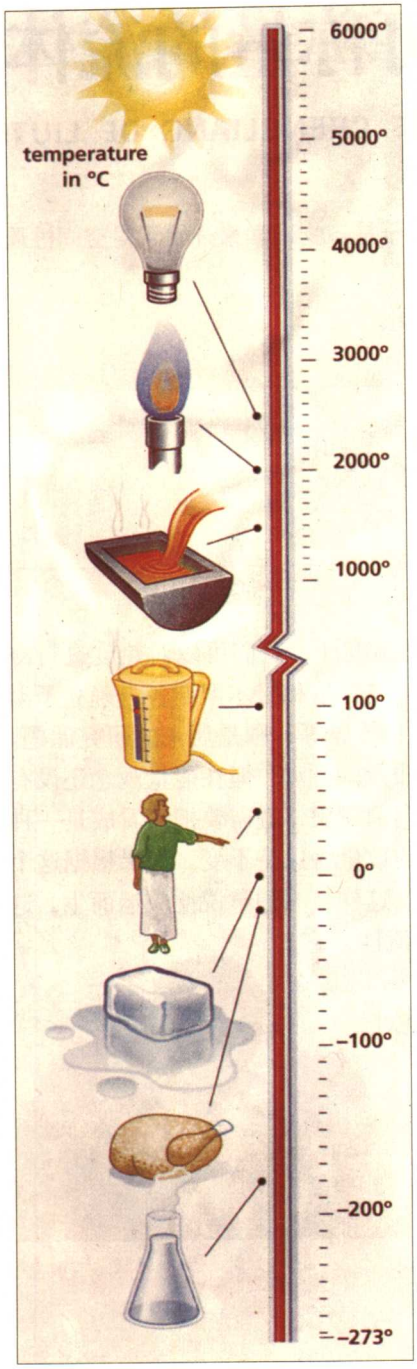
人们对热产生的强度概念是根据感觉而得来的，借助温度计，我们可以对热度进行测量。阿蒙顿用水银将早期的温度计作了改进，华伦海特、列奥弥尔和摄尔絮斯各自确立了温度计的标度。至于热量的概念、热的传播以及辐射、对流和传导等，则是后来的研究课题。虽然牛顿、波义耳和卡文迪什等自然哲学家提出热是物体质点的颤动，但在能量观念还没有被确定以前，他们的意见是不能推广的。在此基础上若要向前发展，就需要把热看成是一种可以测度的量，并且，当热由一物体传到另一物体时，它的数量将保持不变。如果根据这个指导思想去进行实验，就需要对热的性质作出确定的表述。这样，一种学说便应运而生。这种学说认为：热是一种微妙的、既不能看见又没有重量的流体，它极其自由地在物体的质点间流通。

过去，人们常把热和温度这两个概念混为一谈，布莱克对这种错误观点进行了澄清，他把热和温度分别称为热的分量和强度。布莱克在蒸馏酒厂受到启发，对冰融化为水以及水转化为汽的状态变化进行研究，布莱克发现，在这些变化中，尽管大量的热被吸收，但温度却丝毫没有改变。布莱克认为，这些热成了“潜热”，而热流体或热质与冰结合转化为水而成为“准化合物”，热质再与水化合而转化为汽。布莱克的量度说明，把一定量的冰融解为水所需的热量，与把同量的水加热到华氏140度所需的热量相等。事实上，准确的度数是华氏143度，布莱克还把汽化的潜热也估低了，他把967度测为810度。在当时，要想测量得十分精确是很困难的。布莱克还创立了比热的理论，比热的理论可以解释不同物质发生相同的温度变化时，所需的热量是各不相同的。后来，布莱克的学生伊尔文对物质的比热作了详细的测定，并在此基础上创立了测定热量的方法



汉弗莱·戴维

在18和19世纪的化学发展史上，发现化学元素最多的化学家有二位，一位是贝采里乌斯，另一位是英国化学家汉弗莱·戴维（1778—1829年）。汉弗莱·戴维于1800年开始研究电解；1802年开创农业化学；1807年起陆续发现金属元素钾、钠、钙、锶、钡、镁；发明矿用安全灯等；著有《化学哲学原理》和《农业化学原理》。



不同的温度

温度是分子平均功能的标志，它决定一个系统是否与其他系统处于热平衡的物理量。当温度较低时，分子、原子振动的速度很小，分子之间距离较大，此时物质为液态。随着温度不断升高，分子运动十分激烈，分子间的距离也变大，此时物质为气体。整个世界就是因为不同的分子、原子在不同的温度下变化而来的。图为一部分从绝对0℃到太阳表面温度的图示。

即量热术。以后，热质说或热的流体说一直指引着科学不断发展，到19世纪50年代，赫尔姆霍茨和焦耳通过实验证明了热动等价，热是运动的一种方式的观点才得以确立。

还有一种流体说，它与前一种流体说相互对立，这种流体说引导着电的研究者不断前进。如果要对两个物体因摩擦生电而产生相互吸引和相互排斥的现象进行解释，就必须把电假定为是一种与热相似的物质，这种物质在量上可以进行增减。早期，在对电进行研究过程中，人们发现有两种相互对立的电。用玻璃与丝相摩擦而产生的电，可以被硬橡胶和毛皮相摩擦而产生的电所中和。为了解释这个现象，流体说作出这样一个假设：两种性质相反的流体，当在量上出现增减时，就会产生一种带电的状态。现在，我们还在使用正电、负电等术语，尽管我们已经知道电不是流体而是微粒结构，但这些问题只能留到后面来说。当人们用发电机发出大量的电，并把它贮蓄在来顿瓶一类的电容器中的时候，就会给实验带来很大的方便。18世纪，格雷、杜费伊和普利斯特列发现了导电体和绝缘体，不过，提出导电体和绝缘体这两个术语的则是德扎古利埃。

当人们看见并听到电瓶放电发出的火花和声响时，马上联想到这与雷电非常相似，于是就怀疑这两种现象的性质相同。怎样才能证明这两种现象的性质相同呢？用什么方法可以使天上的雷公服从物理学的定律呢？对这个问题，富兰克林如痴如迷。在他留下的信札里，记载了许多描绘来顿瓶放电的实验，在这些信札里，富兰克林还提到了天电有熔化金属、撕破物质等效应。

受带电体尖端放电作用的启发，达利巴德和一些法国人产生了把闪电传导下来的念头。为证明“带有闪电的云是否带电的问题”，1752年，达利巴德等人在马里地方装置了一根40呎高的铁杆，当电云从铁杆上端经过时，铁杆下端随即产生火花，其他国家也反复做过这个实验，并全都取得成功。事实上，圣彼得堡的里曼教授，就是因为在屋上装置铁杆引导雷电而被当场击毙。与此同时，富兰克林用风筝则安全地进行了同样的实验。

富兰克林在风筝主杆的顶端，装了一根尖铁丝，这根铁丝比风筝的木架大约高一呎。然后在系着风筝的麻绳的下端接近手的地方套上一根丝带，在丝带与麻绳连接之处系上一把钥匙。在雷雨即将来临的时候，把风筝放出，执绳的人则站在门或窗内，以避免丝带潮湿，同

时，不能让麻绳碰到门或窗的格子。当雷云从风筝上空经过时，尖铁丝就可以从雷云吸引电火，从而使风筝和整根麻绳带电，这时，麻绳另一端的纤维向四周张开，如果将手指接近麻绳，就会感觉到手被一种力吸引着。如果风筝和麻绳都被雨湿透，电火就能自由传导，这时，你将手指接近麻绳，就会看见大量的电经钥匙而流出，从钥匙这里可以给小瓶蓄电，由此得来的电火可以烧燃酒精，也可以用来进行其他的与电有关的实验，而在平时，这些实验常常是通过摩擦小球或小管来做的。这样，通过实验，证明了这种电与天空的闪电完全相同。



莱顿瓶

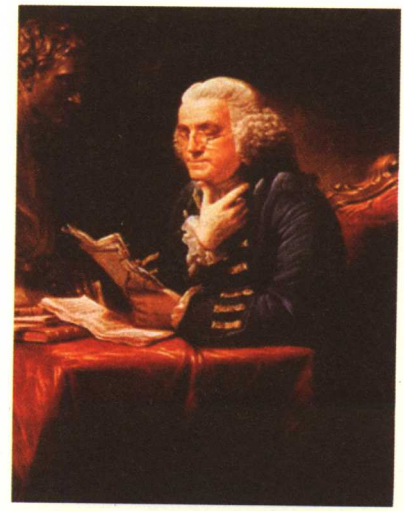
莱顿瓶是最初的电容器，因于莱顿城发明而得名。莱顿瓶很快在欧洲引起了强烈的反响，电学家们不仅利用它们做了大量的实验，而且做了大量的示范表演。图为莱顿瓶的发明者，荷兰物理学家米森布雷克正在演示莱顿瓶，他手中托着用轮动发电机充电的莱顿瓶，如果把一根金属棒靠近瓶子，火花就会从瓶顶的球体放射出来，把电荷传给瓶外的锡箔。

在 18 世纪，人们还进行了多次将电气石一类的矿石与晶体一起加热后而产生电的实验，电鳗一类的电鱼能给人产生触电感觉的现象，也进一步引起了人们的重视。有人对电鳗的器官进行考察，发现它们能给人麻痹性打击确实是因为电的现象所致。

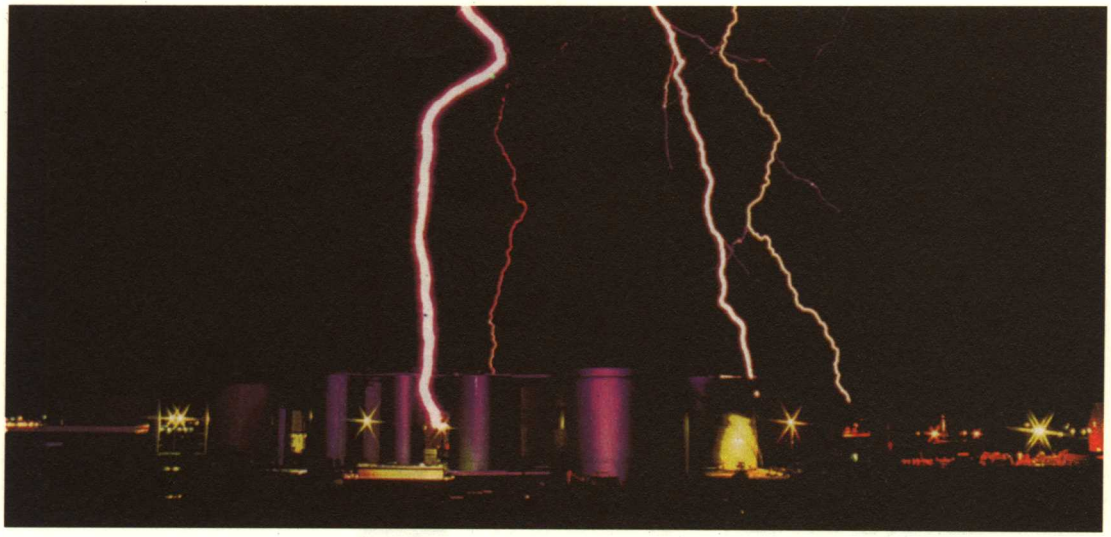
18世纪末，人们开始对电力和磁力进行研究。在1750年和1784年，米歇尔和法国军事工程师库仑先后发明了扭秤。扭秤是一块分量很轻的水平铁片，这块铁片挂在一个玻璃匣内，它的中部系有一根长铁丝，库仑将一个带电的球放置在铁片的一端，再拿另一个带电的球接近铁片的球，这时，铁片就会扭转。随后，库仑又用一块磁铁换下铁片，再拿另一块磁铁与它接近，这时，磁铁也会发生扭转。用这个方法，库仑发现：电力和磁力会随着距离平方的增加而减少，这说明电力和磁力与牛顿证明的引力原理相同。库仑还发现电力与电荷量成正比，因此，电荷可以用电力来量度。普利斯特列和卡文迪什用另外的方法也先后发现过这个电力的定律，同时，他们还用实验证明，任何形状的闭合带电导体里都不会产生电力，因此，球体内也不会产生电。过去，牛顿曾用数学方法证明：如果平方反比的定律有效，一个具有引力的均匀球壳对于其内部的物体不会发生力的作用，并且，其他与力有关的任何定律都不会产生这个结果。这个研究也适用于电力。

本杰明·富兰克林

本杰明·富兰克林是 18 世纪美国最伟大的科学家、著名的政治家和文学家。他曾进行过多次电的实验，并以电的实验和理论报告而闻名于欧洲科学界。



力的定律被证明后，数学家以其静电学为课题推导出了一系列的关系，经过证明，这些推导与观察结果完全符



闪 电

闪电是云与云之间，云与地之间和云体内部各部位之间的强烈放电。最常见的闪电是线形闪电，它是一些非常明亮的白色、粉红色或淡蓝色的亮线。用连续高速的照相机可以完整地记录线形闪电的全过程，并能在实验室成功地进行模拟实验。除了线形闪电，另外还有球形闪电和链形闪电，这两种闪电都比较少见。

合。在数学家高斯、珀松和格林的手中，有关导体电荷的分布、导体的电力与电位、以及导体与绝缘体电容量的排列等问题，都可以用数学方法来处理。

电是一种没有重量、不能压缩的流体的说法，与电是一个确定的量的观点意思相同。虽然它们在研究上并不是必需的，但却为我们提供了一个有利于说明和研究这些现象的画面。

流体说的历史意义在于，它将人们的注意力引向电力。与引力一样，电的作用也立足于未来，对此，数学家也许不需要去作进一步的解释，但物理学家则开始探讨这个空间的性质，因为，这个空间竟然能够传播在表面上完全不同的两种力。于是，在此基础上，产生了现代物理学理论。

物理学上的原子理论

WULIXUE SHANG DE YUANZI LILUN

19世纪初，原子哲学再次被人们提出，并用它来解释固体、液体和气体等三态物质的物理性质，以及化学上定量变化的事实。

在前几章，我们曾对德谟克利特以来的原子哲学作过介绍，由于亚里士多德对它的批驳，到中世纪时，这个哲学已经陷入了停止状态，直到文艺复兴以后，这个哲学才开始恢复生机。伽利略承认并接受原子哲学的观点，伽桑狄用伊壁鸠鲁和卢克莱修的语言对原子哲学作了新的解释，在有关化学和物理学的研究中，波义耳与牛顿也运用了原子哲学的一些观点。但自此之后，原子哲学又被束之高阁。

19世纪初，原子哲学再次被人们提出，并用它来解释固体、液体和气体等三态物质的物理性质，以及化学上定量变化的事实。

燃素说被推翻以后，人们对物质的三态有了较为清楚的认识。物质有三态，但人们通常只能对其中的一态作出清楚的认识，比如，人们认识得最清楚的液体是水，但水可以随时转化为三态中的任何一态，水冷却凝固后变为冰，而蒸发时又变为汽。随着认识的不断发展，人们开始对化学的化合定律进行研究。人们首先发现的是气体的化合定律，这个化合定律一经发现，气体就不再是那种神秘的、半灵魂的实体了，人们开始把它同其他的物体联系起来。



观测原子

原子是人类最经典的、使用最为广泛的基本假设，自公元前两千多年前，希腊人开始争论构成物质的元素开始，到1803年道尔顿提出原子论后，原子才被世人所接受。原子非常小，一粒人类用肉眼可以看见的微小灰尘就包含了1015个微小的原子。第一张原子的照片摄于1970年，是用图中的电子显微镜拍摄的。

根据对化学物体的精密分析，拉瓦锡、普鲁斯特和李希特等人发现，有一个化合物是由同等量的成分所组成，这个定量化合物的发现，在新的化学体系中发挥了非常重要的作用，尽管这个发现与贝尔托莱的权威观点有分量的见解是不相吻合。不管什么地方的水，都是按1比8的比例由氢与氧组合而成的，于是，我们有化合重的概念，也就是说，如果氢的化合重为1，那么，氧

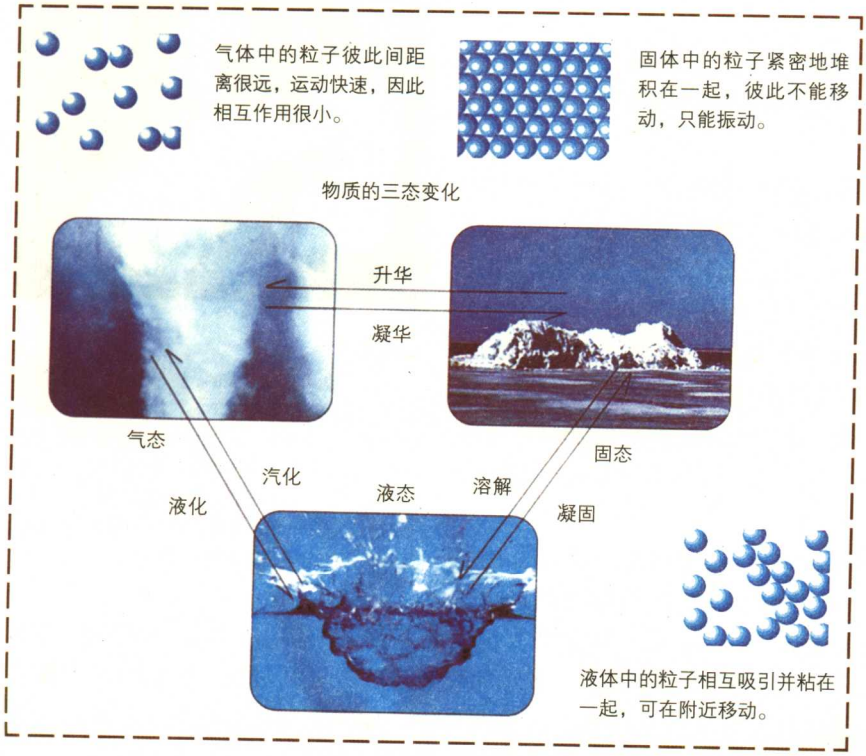
的化合重就是8。当两种元素以不同的方式化合成各种化合物时，化合物中所包含着的两种成分的比例关系就变得非常简单，例如，在一个化合物中若14分氮与8分氧进行化合，而在另一个化合物中，14分氮则与16分氧进行化合，后者正好是前者的两倍。但是，当人们发现同位素后，这种定量化合的概念则有所变化，有关变化的情况，我们将在后文讨论。

约翰·道尔顿是威斯特摩兰一个手机织工的儿子，他在担任小学教员期间，利用难得的闲暇时间，自学了一些数学和物理学知识。当他在曼彻斯特谋得一个教书的工作时，就开始了对气体的实验。他发现，原子论是解释气体性质的最好理论，后来，他又把原子论应用到化学中，约翰·道尔顿提出，可以把化合现象解释为是一些具有确定重量的相异质点的结合，并且，每一元素的质点都有特定的重量。

约翰·道尔顿认为：物体有三种不同的形态，化学家特别关注的是弹性流体、液体和固体这三种形态。人们最熟悉的例子是水，水通常可以表现为三种不同的形态，当它的形态是水的时候，它是一种完全的液体；当它成为蒸汽时，人们看见的是一种完全弹性的流体；当它成为冰时，又是完全的固体。从这些观察结果中得到一个公论：所有的物体，无论它是液体形态还是固体形态，都是由无数的质点或原子所组成，这些物体受一种引力的束缚，而这种引力因具体情况不同而有强弱之分。

对化学进行分解与合成实际上就是将这些质点分开或联合。化学作用既不能创造物质也不能毁灭物质，人们要想创造或毁灭一个氢的质点，就像要在太阳系里增加或毁灭一颗行星一样，是根本做不到的。人们能够做到的，只是把质点从黏着状态或化合状态下进行分开，或把分离的质点联合起来。

过去，人们认为，化学研究中最重要的目标是弄清化合物中那些简单成分的相对重量，正是这个原因，使过去的化学研究到此就停滞不前。本来，人们可以从物质的相对重量中推出物体的终极质点或原子的相对重量，以及物体在其他化合物中的数目与重量，并以此来对我们未来的研究进行指导。所以，本书的重要目标之一，就是测定下列几个量的重要性：



物质形态之间的转变

物质借助于加热，可以从固态变为液态，从液态变成气态，反之通过热量的散失，物质也可以从气态变成液态，再变为固态。生活中此种最常见的例子便是水，在常温下，水是液态，吸热后变成气态，而冷却时就成为固态。

1. 当两种物体进行化合只产生一种化合物时，这种化合物必定是二元的。

2. 当两种物体进行化合产生有两种化合物时，它们中必定一个是二元的，一个是三元的。

3. 当两种物体进行化合产生有三种化合物时，它们中必定一个是二元的，其他两个则是三元的，以此类推。

如果将这些规则运用到已有定论的化学事实中，就可以得出以下结论：

1. 水是由氢和氧组成的二元化合物，氢和氧的原子重量比例为 1 : 7。

2. 氨是由氢和氮组成的二元化合物，氢和氮的原子重量比例为 1 : 5。

3. 作为气体的氧化氮是由氮和氧组成的二元化合物，氮和氧的原子重量比例为 5 : 7。

4. 氧化碳是二元化合物，它由一个碳原子和一个氧原子组成；碳酸气是三元化合物，它由一个碳原子和两个氧原子组成。

以上各种化合物的重量，都是用氢元素的原子单位来表示。

在当时的条件下，道尔顿的理论不可避免地存在着这样或那样的错误，例如，道尔顿认为热是一种微妙的流体，另外，他提出的化合重量也不精确，在以氢为单位时氧的重量应该是 8，而道尔顿则把它测定为 7。道尔顿假定：当两种元素进行组合只产生一种化合物时，这就是两个原子的结合。由于这种假定不具有普遍性，导致了道尔顿对水和氨的结构产生错误认识。尽管道尔顿的理论存在着一定的缺陷，但道尔顿把模糊而抽象的假说改变成为一种具体的科学理论，则是科学史上的一个重大进步。

道尔顿用小圆圈加点、用星和十字等记号来表示原子元素。后来，这个方法被瑞典化学



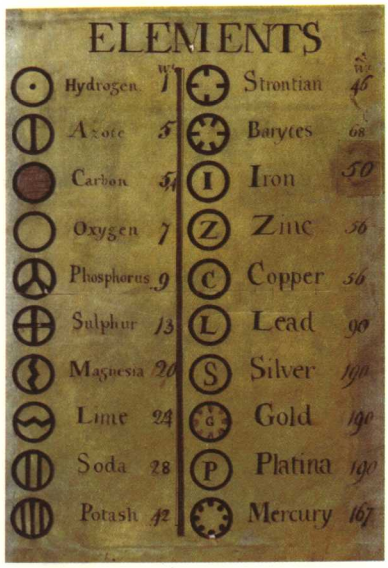
道尔顿实验方案

通过实验，道尔顿明确指出，任何相同化合物的两个分子都是由相同原子组成的，由此可推出一种已知的化合物总含有相同的元素，而且这些元素之间的重量比完全一样。这就是约瑟夫·普鲁斯特在实验中发现的“定比定律”。道尔顿的学说非常具有说服力，不到 20 年的时间就为大多数科学家所采纳，且化学家按照书中所提出的方案行事。图为有关道尔顿实验的各种方案说明，这也是当时化学家们视为教科书的重要文献。



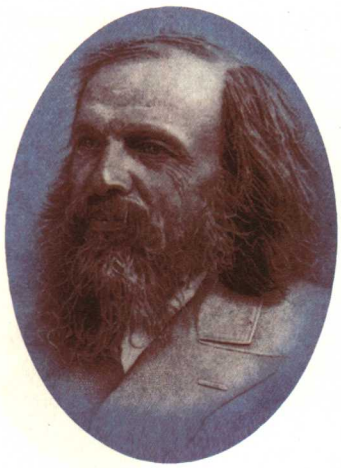
约瑟夫·普鲁斯特

约瑟夫·普鲁斯特（1754—1826 年），法国分析化学家。1799 年归纳化合物组成测定的结果，使之提出了定比定律，即每个化合物各组分元素的重量皆有一定比例。



道尔顿元素表

道尔顿的术语与现在稍有不同，但是却清楚地表述了原子、分子、元素等概念。他明确指出，虽然原子总数相当大，但不同原子种类的数目却非常之小。在他的原著中，还同时列出20种原子。道尔顿认为，任何两个同类原子的所有性质包括重量都相同，他在书中列出了一张各种不同类原子的相对重量表。这是有关这方面的第一张表，是定量原子学说的一个重要特征。图为道尔顿的元素表，图形也是他设计的，但在当时并未得到普遍接受。



门捷列夫

德米特里·伊万诺维奇·门捷列夫（1834—1907年），俄罗斯化学家，以发现化学元素周期律著称于世。元素周期表揭示了物质世界的秘密，把一些看来似乎互不相关的元素统一起来，组成了一个完整的自然体系。

家柏采留斯改进后我们沿用至今，这就是用字母符号来表示同一个元素的原子量以及该元素的相对质量。

柏采留斯在实验方面的主要工作，就是在当时的条件下，对原子量或与原子量等价的化合量的测定，将精确度提高到所能达到的最高程度。在实验中，柏采留斯也发现了几个新元素，并对许多化合物也进行过研究，特别是在矿物学研究方面，柏采留斯还书写了一个新的篇章。柏采留斯与戴维合作共同提出了电化学的基本定律。柏采留斯还发现了电极性与化学余合力之间联系，不过，由于柏采留斯的认识超越了当时的时代因而很难被当时的人所理解。柏采留斯提出：原子之所以能够产生化合，是因为所有的原子都带有阳电和阴电。他认为，每一化合物都是由阳电和阴电两部分组成，如果几个化合物相互进行化合，那就是多余的异性电荷的作用。由于柏采留斯的二元论不能解释因社会发展而出现的新变化，因此，当有机化学发展成熟时，它就被基型说取代了。现在，我们对化学与电以及它们二者之间的关系有着非常清楚的认识，它们并不像柏采留斯所想象的那样简单。

在人们开始对气体化合现象进行更加深入的研究时，道尔顿原子理论中的缺陷也就很快暴露出来。盖伊·吕萨克提出，当气体进行化合时，其容积是有一定比例的。1813年，阿伏伽德罗伯爵提出：根据道尔顿的理论和盖伊·吕萨克的观测结果，我们可以作出推断，所有同容积的气体所包含的原子的数量，一定存在着简单的比例关系。1814年，安培也提出了相同的看法，但他的意见很快就被人忘记了。直到1858年，坎尼查罗再次对这个问题进行了澄清。这时，人们才从气体化合的事实以及物理学的角度认识到，应该把化学上的原子和物理学上的分子区别开来。化学上的原子是物质参加化合的最小单位，而物理学上的分子则是能够自由存在的最小质点。简单地说，阿伏伽德罗这个假设，是假定同容积的气体含有相同数量的分子，而气体的压力则是产生于其分子的不断运动和碰撞。这个结果也可以运用数学方法并根据物理学理论而推导出来，在后面几章，我们将要对该问题进行解释。

现在，回到水的问题上来，容积为二的氢和容积为一的氧进行化合，可以得到容积为二的水汽。要解释这些关系的最简单理论，就是假定物理学上的氢分子和氧分子都各含有两个化学原子。水汽分子可以用代表化学结构的H_2O来表示，它的方程式是：

$$2H_2O = 2H_2 + O_2$$

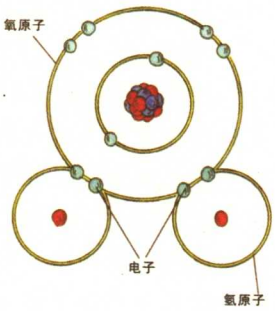
当氧的化合量为 8 时，一个氧原子可以和两个氢原子化合；如果以氢的原子量为单位，那么，氧的原子量就应该为 16 而不是 8。因此，在确定各元素的原子量之前，为使这个量同后来的实验结果相吻合，必须对道尔顿的化合量进行重新调整，而第一个开展这项工作的就是坎尼查罗。

由于一个氧原子和两个氢原子可以进行化合，因此，我们认为，氧的原子价就是 2。这个原子价的概念，多年以来，一直是化学思想的基础。

我们现在所知道的元素，已经由道尔顿提出的 20 个增加到 90 多个。发现元素的工作，通常是在夜间实验中进行的，当在化学研究中使用新的研究方法时，就可能会发现一串新元素。1807 年，利用电流的分解力，戴维爵士从碱金属中分离出钾与纳。后来，通过光谱分析，人们又发现了铷、铯、铊、镓等物质。用放射性的方法，人们又发现了镭之类的元素，另外，通过阿斯顿的质谱仪，人们又发现了许多同位元素。

在 1815 年，普劳特就开始了对元素的原子量及其物理性质之间的关系进行研究，不久，纽兰兹和德·肖库土瓦也开始研究这个问题。1869 年，迈耶尔与俄国化学家门捷列夫终于成功地证实了这种关系。按照元素的原子量顺序，门捷列夫用图表将元素由轻到重排列出来，门捷列夫发现，这些元素有一种周期性的特点，就像纽兰兹所说的那样，每到第八个元素时，就会发现这些元素都具有一些相同的性质，将所有的元素按照这种方法排列，可以把具有相同性质的元素归到一栏中。利用这种元素周期表，可以用正确的原子量来价定原子价未定的元素，而表中的空白部分则根据假设元素来进行填补。通过这个元素周期表，门捷列夫对一些未知元素的存在及其性质进行了预测，后来，人们发现，门捷列夫预测的一些未知元素确实是客观存在的。

门捷列夫认为：他的元素周期表只是一种事实和经验的介绍，但它却容易使人重新回到物质具有共同基础的老观念上去。许多人都认为，这个共同基础就是氢，于是，他们想证明这样一个问题：如果用氢的原子量为单位，那么，其他元素的原子量就将全是整数。事实上，虽然有许多元素的原子量接近整数，但仍然有少数的元素如氯等则不是这样。尽管后来斯塔斯等人提高了测定原子量的精确度，但也始终没有消除这个偏差。因此，我们说，如果要证明物质具有共同基础并把原子量归结为整数，至少还需要等待半个世纪，因为，根据当时的实验条件和理论水平，这个目标是无法实现的。



水分子结构

地球上的生命经过了复杂的分子形成过程，这一过程涉及许多不同混合物的混合和反应，而液态水是任何物质无法与之相比的最好物质，它能溶解物质，提供相互碰撞和反应的介质，并造成了生命的进化。尽管水的重要性毋庸置疑，但它却是又小又简单的分子，由两个氢原子和一个氧原子构成。



电压器

电磁场理论的奠基人法拉第在研究电解作用时，从实验结果发现通过电解池的电量与析出物质的数量有一定的关系，并将其总结为两个电解定律。这两个定律均以他的名字命名，构成了电化学的基础。此仪器是法拉第在研究电解的实验中，所使用的电压器。

电流学及其性质

DIANLIUXUE JIQI XINGZHI

伏特电池是在一个偶然的情况下发现的。伏特电池的发明为电流的研究开辟了一个新领域。



伏 特

亚历山德罗·伏特（1745—1827年），意大利物理学家、化学家，他改良了产生和测量静电的方法，制成伏特电池。伏特电池的出现，使人们第一次有可能获得稳定持续的电流，为研究电动现象打下了基础。

我们在前面介绍的各种类型的起电仪器，都是用静电荷做绝缘体。事实上，如果将起电机与地面接触，就会形成一条导电通路，电流将从这条导电通路中通过。不过，即使是最优良的摩擦起电机，能流到这条电路上的电量也非常微弱，因此，要想在这条电路上发现电流则非常困难。但是，如果在这条电路的导线中留出空气间隙，由起电机所产生的高电位差就会迸发出火花。

19世纪初期，伏特电池的发明为电流的研究开辟了一个新领域。这种电池引发了一系列现象的产生，最初，人们把这些现象称为伽伐尼流，后来，经过不断地探索，人们开始把这些现象同另外那些以电得名的现象联系起来。现在，我们已经知道，所谓的伽伐尼流就是电的流动，不过，这种电流比起电机所产生的电量要大得多，但它的电位差却比电机的电位差小很多倍。由于在电路的任何地方都不能发现储存的电，因此，我们不妨作这样一个比喻：电流是一种不可压缩的流体在一个不可延伸的刚性管道中的流动。

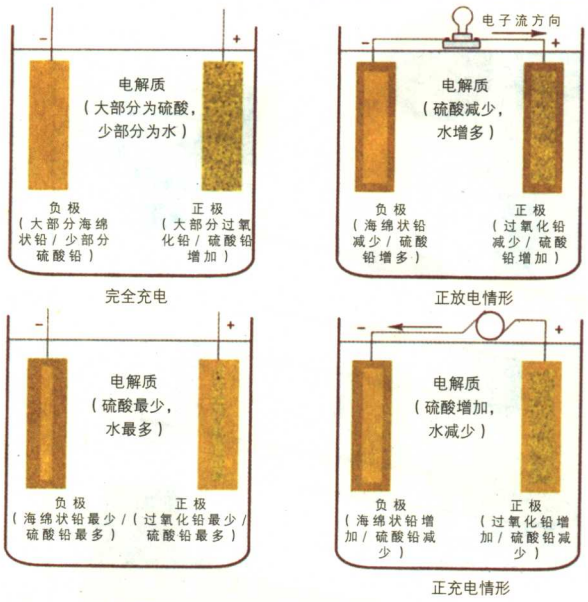
伏特电池是在一个偶然的情况下发现的。当初，伏特电池发现似乎要将人们的注意力引到另外一个方向上去。大约在1786年，意大利人伽伐尼发现，青蛙的腿受电机放电的影响会发生收缩。随后，伽伐尼又发现，如果把神经和肌肉与两种不同的金属连接起来，只要这两种金属互相接触，神经和肌肉也会发生收缩。伽伐尼把这种现象称之为“动物电”。后来，另外一个意大利人伏特用实验证明，这种现象并不是只发生在动物身上。1800年，伏特发明了以他名字命名的电池。在19世纪初，这种电池便成为了人们的一种研究工具，它在伏特以及与伏特同时代人的手中，制造出了许多有趣的新发现。当时的科学杂志大肆渲染这些奇异的新发现，而人们都怀着极大的兴趣去研究这些发现，其热烈的程度，不亚于一百年以后，

人们在谈论气体的放电与放射现象时所表现出的那种狂热。

伏特发明的电池有两种设置，一种设置是将锌盘、铜盘与用盐水浸湿的纸张依次相叠而组合在一起，这样的组合，实际上就是一个简单的电池组。盘与盘之间用浸湿的纸隔开而形成一个个的小电池，由此产生微弱的电位差，所有小电池的电位差加在一起，就组成了电池组的总电位差。另一种设置是把装有盐水或稀酸的若干杯子集中在一起，每个杯子中放置一块锌片和铜片，并将相邻两个杯子的锌片与铜片相互联接，首尾两个杯子的锌片和铜片分别作为电池组的两极。伏特认为，电流来源于金属的联接处，因此，圆盘和两极的金属片是按一定的次序排列的。但后来人们发现，这些金属片或圆盘是没有用处的。

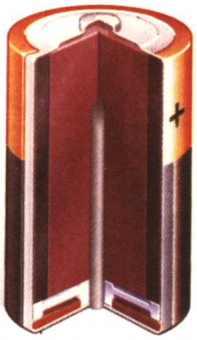
如果从伏特的电池上取用电流，其电流的强度很快就会减，这是因为在铜片的表面上产生了一层氢气膜。要阻止这种电极化现象，只要用硫酸铜溶液将铜片围绕起来就行了，但用这种方法形成的物质是铜而不是氢。如果用碳棒代替铜片，并把碳棒放在由硝酸或重铅酸钾组成的溶液中，用这种方法而产生的氢气很快就会变成水。

早期的实验者虽然对伽伐尼电流的化学效应非常重视，但他们也没有忽视对其他现象的研究，在研究中他们发现这样一种现象：每当电流通过导线时，就会发生热效应，其热的程度根据导线的性质而定。在今天的电灯



伏特电池工作原理

公元 1799 年诞生的伏特电池，是最古老的电池。它是把一块铜片和一块锌片放在盛有稀硫酸的容器中，接通电路，铜片就成了电池正极，锌片就成为负极，电子在正负极间的流动便产生了电流。伏特电池的发明使电的取得变得十分方便，后来利用电磁感应原理的电动机和发电机研发成功也应归功于伏特电池，而发电机之后电气文明的开始，则导致了第二次产业革命，它改变了人类社会的结构。



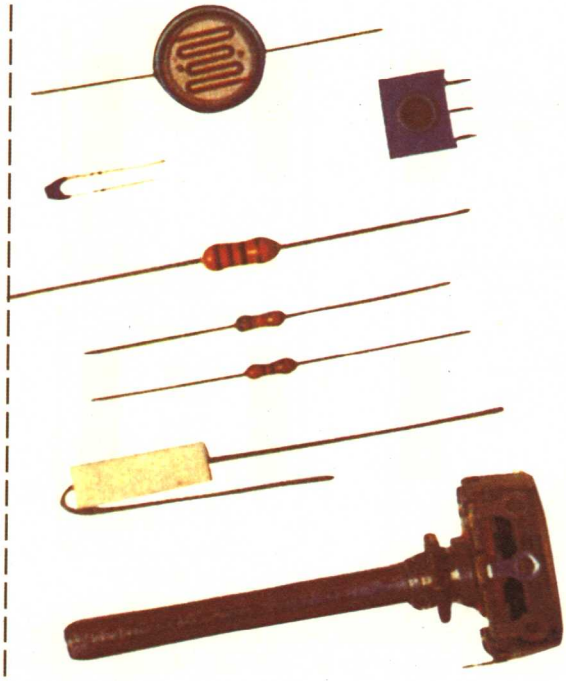
量热器

量热器是一种测量热量的仪器，也称“卡计”。它可用来测定热量、比热、潜热（熔解热，汽化热、升华热等）、化学反应热，以及火炉及酒精灯火焰的温度等。

伏特电堆的作用

1800 年，意大利物理学家伏特将锌片和铜片放在盛有盐水或稀酸的杯中，并将这些小杯子串联起来，组成电世界上第一个发电器——伏特电堆，也就是电池组，开创了电学发展的新时代。伏特电堆的发明，提供了产生恒定电流的电源——化学电源，使人们有可能从各个方面研究电流的各种效应。从此电学进入了一个飞速发展的时期——电流和电磁效应的新时期。





电阻器

电阻是电子电路最常用的基本元件。其基本特性是：对交流电和直流电都呈现相同的阻力。这种阻力的运动形态，可由欧姆定律的算式表达。1826 年，物理学家欧姆发现了电学上的一个重要定律——欧姆定律。欧姆定律及其公式的发现，给电学的计算，带来了很大的方便。

欧 姆

乔治·西蒙·欧姆（1787—1854 年），德国物理学家，他最主要的贡献是通过实验发现了电流公式，后来被称为欧姆定律。欧姆在自己的许多著作里还证明了：电阻与导体的长度成正比，与导体的横截面积和传导性成反比；在稳定电流的情况下，电荷不仅在导体的表面，而且在导体的整个截面上运动。人们为纪念他，将电阻的单位定为欧姆，简称“欧”，符号为Ω。



和用电取暖方面，这种热效应具相当大的实用价值。1822 年，塞贝克发现：当把两种不同金属联接成闭合线路时，如果将金属的接头处加热，就会产生电流。另外，电流还具有一种能够使磁针发生偏转的力量，发现这一现象的是哥本哈根的奥斯特。奥斯特和他的翻译者把这种现象解释为“电冲突”，而我们的看法是，这说明在电流的周围有一道圆形的磁力线。

安培对奥斯特的观察结果非常重视，安培认为，不光磁针要受电流周围的力的作用，电流自身也互相发生作用。为研究力的定律，安培用活动的线圈做实验，并用数学证明：由电流所产生的力，与万有引力、磁极间和电荷间的力是完全相同的。

用实验的方法不能分离出电流单元，但是，如果按照安培的公式，把所有电流单元的效应加在一起，就可以对电流附近的磁场进行计算。

远距离的通信来源于人类早期发明的信号。那些散布于乡间的“烽火台”，是信号岗位的遗迹，这些信号岗位，曾把拿破仑登陆的消息以最快的速度传递到伦敦。每当在电方面有了新的发现，人们都会提出一些使用电报通信的意见，但在安培的电磁研究结果没有得到应用以前，这些意见都没有回音，但在安培发表了他的电磁研究成果以后，机器的发明和运用，就变成了机械师的技术问题和金融界的信任问题了。

在 1827 年，欧姆在电方面作出了许多贡献，他确定了几种可以用来对电进行规定的量，他还用电流强度和电动力这些专门术语替代了“电量”、“张力”等模糊概念。电动力与静电学中的“电位”作用相同，在电的压力处于一种较高状态时，要将电从某一点运送到另外一点，就需要耗费较多的功，而电位差和电动



伏特电堆

1800 年，意大利物理学家伏特制成了伏特电堆，这是电学史上的一个里程碑，它使人们对电的认识跳出了静电的范畴。由于伏特电堆的出现，电技术由此产生。

力则可以减少转运电时所耗费的功。

欧姆对电的研究，是以傅立叶的热传导研究为依据。傅立叶假设，热流量同温度的梯度成正比，在此基础上，傅立叶用数学方法建立了热传导的定律。而欧姆用电位取代了温度，用电取代了热，并用实验证明了它们各自的作用。欧姆发现：当电流从伏特电池组流出，从一根均匀的导通过线时，这时，电位的降落率通常是一个常数。欧姆定律把它写作：电流 c 和电动力 E 成比例，即 $c = kE = E/R$。其中，k 为常数，可将它名命为传导率，它的倒数是 1 / k 或 R，欧姆把它称为电阻，电阻 R 会随着导体的性质、温度和大小的变化而变化。电阻与导体的长度成正比，与导体的横剖面表面积成反比。

经过安培和欧姆的努力，电流问题已经发展到新物理学的一个重要阶段，由于比较合适的电流基本量已经选定，并有了确定的意义，这就为数学的发展奠定了坚实的基础。

电磁学 DIANCIXUE

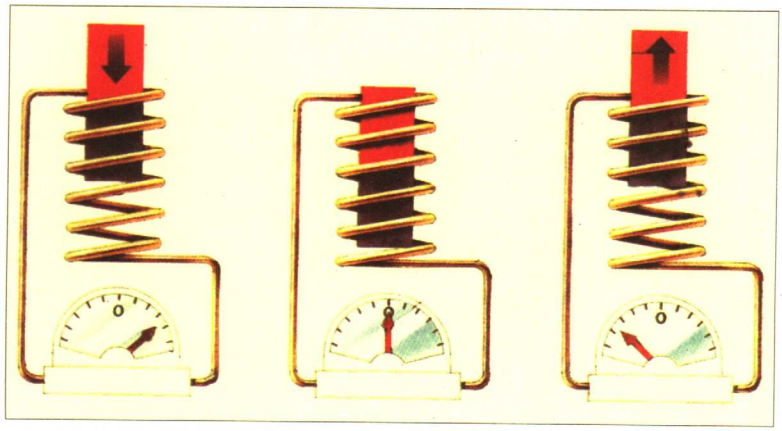
法拉第提出的电磁力场具有极大的思想意义，也成为了现代场物理学理论中电学方面的指导思想。

受静电荷的感应电现象和磁石吸铁作用的启发，早期的实验者力图用伏特电池所发出的电流，产生出与静电荷和磁石相同的作用。法拉第就作过这样的试验，他按照螺旋形式将两根绝缘线缠绕在一根圆木筒上，但当他让强电流不断地从其中一根螺旋线通过时，根据电流计的记载，另一根螺旋线则没有发生什么偏转现象。

法拉第在电磁方面的第一个成功实验，开辟了电学史上的一个新纪元。1831 年 11 月 24 日，法拉第将这次实验的情况向皇家学会作了报告：

在实验中，法拉第在一个大木块上缠上一根 203呎长的铜丝，然后把一根同样长的钢丝缠绕在线圈的中间，为了不让两根金属丝产生接触，两线之间隔着绝缘线。在两根螺旋线中，一根连接着电流计，另一根则连接在一套电池组上，这套电池组共有 100 对极板，对极板是用双层铜板制造的边长四吋的正方形。当电路刚接通时，电流计上会产生轻微的反应，如果电路突然中断，电流计也会产生轻微的反应。在伏特电流不断地从一根螺旋线通过时，电流计上不会产生什么反应，而另一根螺旋线也没有什么反应，但整个螺旋线的发热和碳极的放电，则证明了电池组具有相当大的动力。

通过对磁石实验的结果，我得到这样的认识：当电池电流从一根导线通过时，另一根导线也



电磁现象

1831 年，英国物理学家法拉第进行多次实验和研究发现了电磁感应定律。其研究过程用磁铁或通电线圈与线圈相对运动，此时线圈中会产生电流。而电流也会根据磁铁的运动而变化。

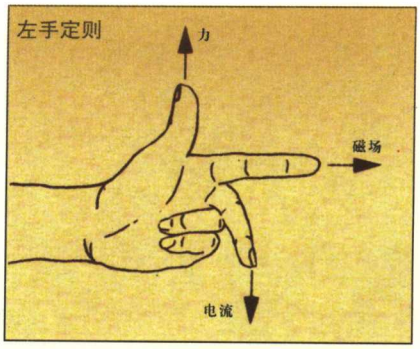
会因感应作用而产生同样的电流，只不过，这种电流瞬间即逝。但是，这种电流具有由来顿瓶的电震发出的那种电浪的性质，它与来自于伏特电池组的电流不同，因此，尽管它能使一根钢针磁化，但不能使电流计产生反应。

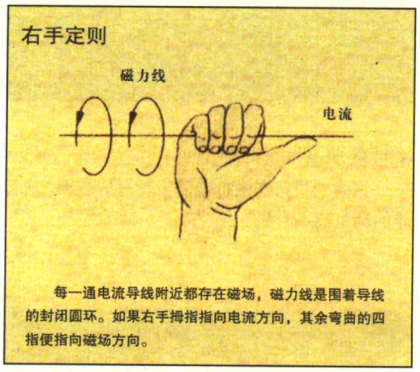
我的认识得到了验证。因为，在后来的实验中，人们把装有钢针的小螺旋线缠绕在玻璃管上，并用它来代替电流计，然后，再把感应线圈和电池组相连结，这时，人们发现，如果在电路未断之前把钢针取出，钢针已经磁化了。

如果先通电，然后把没有磁化的钢针放置在小螺旋线内，再将电路切断，这时，从表面上看，钢针的磁化度虽然和以前差不多，但它的两极却与以前完全相反。

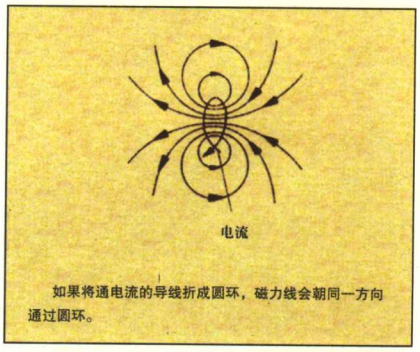
现在的电流计非常灵敏，用这种电流计，可以非常轻松地完成法拉第的实验。就是说，现在只要用一个伏特电池作原电流，并将原电路和副电路作一定的移动，或将一个永磁铁和一个与电流计相联的线圈作一定的移动，这时，就会产生暂时的电流。电磁感应的发现，是法拉第的一大贡献，它为后来的工业大发展奠定了基础，因为，几乎所有的电力机器，都是根据感应电流的原理制造的。

安培自发现电磁定律并用数学公式把这个定律表达出来以后，就感到心满意足了。至于这种力需要通过什么机制来传播，他没有去继续探索。他的承继者法拉第，虽然不是数学家，但对中介空间和电磁力场的物理性质与状态有着特别的兴趣。法拉第曾做过这样的实验，他将一块纸板放在磁捧上，然后再把一些铁屑散布在纸板上，这时，铁屑就会形成线状，这说明，磁力是通过这些线而发生作用的。法拉第认为，通过这些力线将磁极或电荷连结起来，磁场或电场中就可以形成磁力，这是由极化了的质点所组成的链。它们可以像橡皮条那样，在紧张状态下能向纵的方向拉长，向横的方向压缩，它们也可以在煤质中向外伸展，从而将磁极或电荷拉拢在一起，用这个实验可以解释吸引现象。我们不管实际情况是否这样，但用法拉第的力线来解释绝缘媒质或电场中的应力现象，这确实

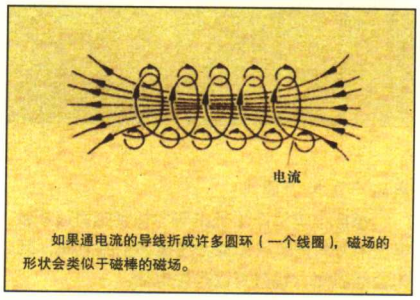




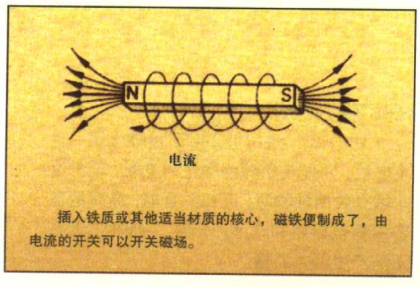
每一通电流导线附近都存在磁场，磁力线是围着导线的封闭圆环。如果右手拇指指向电流方向，其余弯曲的四指便指向磁场方向。



如果将通电流的导线折成圆环，磁力线会朝同一方向通过圆环。



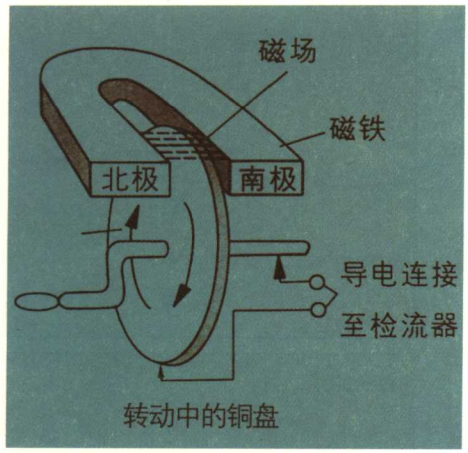
如果通电流的导线折成许多圆环（一个线圈），磁场的形状会类似于磁棒的磁场。



插入铁质或其他适当材质的核心，磁铁便制成了，由电流的开关可以开关磁场。

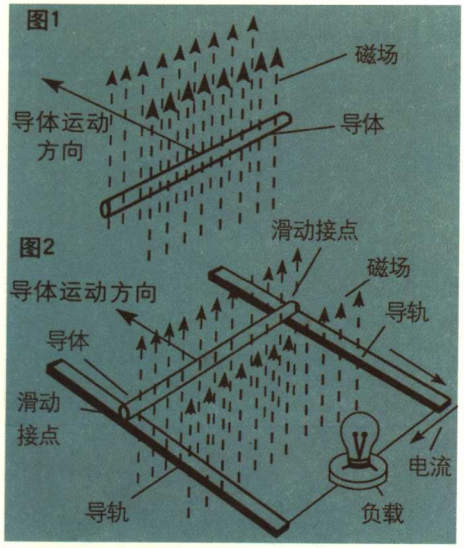
电磁原理图

此图依次说明了左手定则原理、右手定则原理以及电流产生磁原理。



法拉第铜盘

这是法拉第在进行电磁实验时的装置，它证明电流的产生离不开磁。



电磁产生电流原理

感应电流的产生是由导体切割磁力线所致，电流的方向则取决于磁力线被切割的方向，而闭合线圈磁力线就可以产生电流。



法拉第的发电机

1831年，法拉第研制了世界上第一台发电机，它能将机械能转化为电能，电力终于被有效用做能源。而在此之前，所有的电皆由静电机器和电池所产生，而这二者均无法产生巨大力量。

是一个简单易行的方法。

法拉第还从其他方面对电介质问题进行了研究。他在研究中发现，当导体周围的空气被虫胶或硫一类的绝缘体所代替时，导体的静电容量，即在一定电位下电量的负荷就有所增加，法拉第将这个增加的比例叫做绝缘体的电容率。

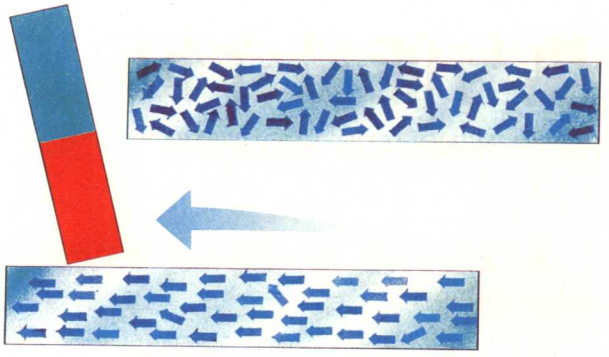
法拉第的见解超越了他所处的时代，他用来解释这些见解的术语也不能被当时的人们所理解。直到30年后，麦克斯韦把这些见解翻译成数学公式并成为电磁波的理论时，人们才认识法拉第见解的重要性。

法拉第奠定了实用电学中电化学、电磁感应和电磁波这三大部门的基础。同时，法拉第提出的电磁力场具有极大的思想意义，也成为了现代场物理学理论中电学方面的指导思想。

我们要感谢德国的数学家高斯和物理学家韦伯，在磁与电方面，他们制定了一套科学的单位。这种单位不是按它们同类的量来任意制定，而是以长度、质量和时间这三种基本单位来制定。

1839年，高斯发表了一部题为《按照距离平方反比而吸引的力的一般理论》的理论专著。在这部书中，高斯对电荷、磁极、万有引力及其关系都作了阐释。这样，法拉第就给单位强度的电荷或磁极下了这样一个定义，即：同等的电荷或磁极在空气中相距一单位，就会产生一单位的排斥力。如果将空气换成另外一种介质，这个排斥力就会按一定的比例减少。在这个定义中，法拉第用k表示电力，u表示磁力，k也就是法拉第的电容率，在这里是介质常数，u后来被叫做介质的磁导率。后来，高斯以此为基础，建立了一个庞大的数学体系。

安培和韦伯通过实验证明，带电流的线圈与同样大小的磁铁的作用相同，一个圆圈电流的功效与一个正交向上磁化圆盘的功效相同，只是，它们一个指向北极，一个指向南极。因此，这样的单位电流，与单位磁力的磁盘电流相等。通过这个定义，可以用数学方法推导出以下结论：即圆圈电流中心的磁场等于2xc／r。其中，c是电流强度，r是圆圈的半径，这



磁化现象　示意图

磁体的性质和磁极间的相互作用决定了对周围的物体产生磁化现象。

法拉第

法拉第是电磁场理论的奠基人，首先提出了磁力线、电力线的概念。在电磁感应、电化学、静电感应的研究中进一步深化和发展了磁力线思想，并第一次提出场的思想，建立起电场、磁场概念。场的思想是法拉第最富创造性的思想，是自牛顿以来最重要的发现。



个结论与安培公式的结果相同。因此，只要把一颗小磁针悬挂在一大圆线圈的中心，再让电流通过线圈，这时，就可以观测到磁针的偏转，也就可以用厘米或克、秒等单位去测量电流。而常用的电流单位安培则是以上所说的单位的十分之一，不过，为了实际应用与测量的方便，多年来，人们一直是用电解时析出的银的重量来做电流的标准单位。现在，又有人提议，要求重新回到理论定义上去。

热与能量守恒

RE YU NENGLIANG SHOUHENG

焦耳的实验证明：在一个体系中，能的总量是守恒的，功在作用时所耗失的量，将转化成热的形式而出现。

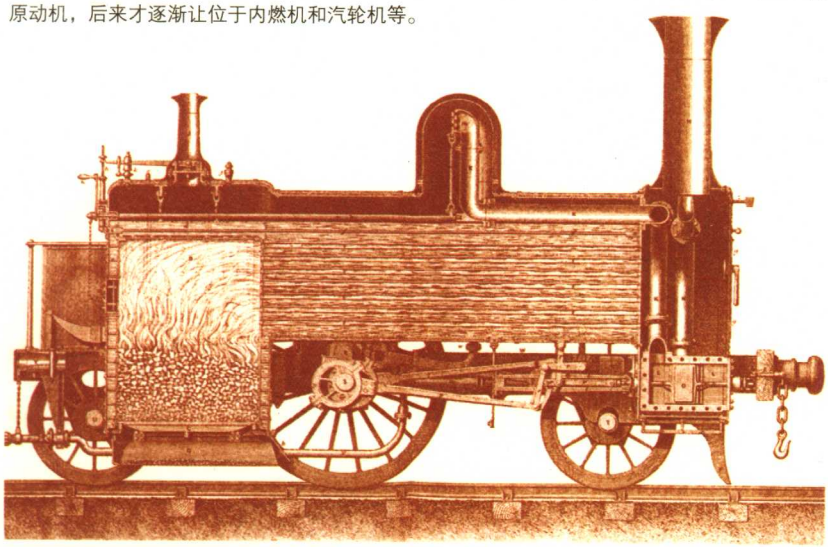
自18世纪以来，随着蒸汽机的普及和发展，热学已经成为了一门具有较高实用价值的应用科学，为此，热学理论也再一次引起了人们的重视。

我们在前面说过，流体说认为，热是一种不可称量的流体。在对热量进行测量和实验方面，这种说法产生了一定的指导作用。但对物理学而言，分子波动说更符合自然哲学家波义耳和牛顿等人的口味。1738年，别尔努利提出，如果把气体想象成是一种向四周运动的分子，那么，这些分子在盛器中所产生的冲击力，就可以解释为是一种气体压力，虽然这种压力会因为气体的压缩和温度的升高而按比例增加，但它完全符合实验的要求。

在解释摩擦生热现象时，热质论者作了这样一个假定，即：因摩擦而产生的屑末或经过摩擦后的物质要比摩擦前小一些，也就是说，热是被逼出来的。1798年，美国人汤普逊通过钻炮膛实验，证明了物质因摩擦而产生热量，同所做的功的总量成正比，但与屑末的数量无关。然而，热是一种流体的说法依然流行了半个世纪。

蒸汽机

蒸汽机是将蒸汽的能量转换为机械功的往复式动力机械，它的工作帮助物理学家对热力学的理解。蒸汽机的出现曾引起了18世纪的工业革命，直到20世纪初，它仍然是世界上最重要的原动机，后来才逐渐让位于内燃机和汽轮机等。

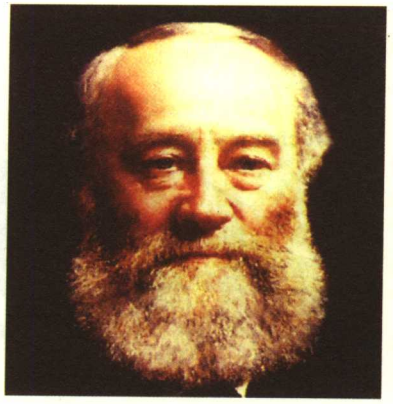


不过，自1840年后，人们就逐渐认识到，存在于自然界中的能量有一些是可以

互换的。1842 年，迈尔提出，热转化为功或功转化为热都是可能的。迈尔认为，当空气被压缩，所有的功都表现为热的条件下，热的机械量是可以计算的。同年，英国科学家格罗夫爵士也在讲演中提到自然界中的各种能量。1846 年，格罗夫爵士发表了《物理力的相互关系》一书，在这本书中，格罗夫爵士对自然界中的各种能量及其相互关系作了详细的阐述。这本书与德国物理学家和数学家赫尔姆霍茨在 1847 年出版的《论力的守恒》一起，被称为是现代“能量守恒”原理的最早著作。

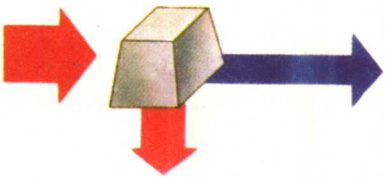
在 1840 年到 1850 年这 10 年中，焦耳用实验的方法对电和机械功所产生的热量进行了测量。通过实验，他证明了电流通过导线而产生的热量，同导线的电阻、电流强度的平方成正比。他用压力水使水通过窄管，或对空气进行压缩让轮翼在液体中转动来使液体生热。焦耳发现，尽管做功的方式不同，但同量的功所得到的热量相同，于是，焦耳断定，热是能量的一种形式。焦耳的判断虽然正确，但它得到科学界领袖的承认，则是几十年以后的事。斯托克斯曾对威廉·汤姆生说过，他愿意做焦耳的一个信徒。1853 年，赫尔姆霍茨在英国访问时，发现许多人都对焦耳提出的这个科学问题感兴趣，后来赫尔姆霍茨来到法国，发现雷尼奥对这个问题又提出一些新的观点。焦耳的实验告诉人们：一磅水的热度在华氏 55 度和 60 度之间的时候，温度每升高 1 度就要消耗 772呎磅的功。后来的实验证明，比较准确的数字是 778呎磅。

焦耳所做的热与功等价的实验结果，对格罗夫提出的“力的相互关系”和赫尔姆霍茨倡导的“力的守恒”的观点给予了有力的支持。于是，格罗夫和赫尔姆霍茨的观点就逐步发展成为物理学上的“能量守恒”原理。作为物理学中一个确切的量，就当时的科学而言，能量还是一个新名词。这个名词所表示的意思，曾经被一个不准确的、具有双重意义的词“力”来表示。托马斯·杨提出，如果用“力”来表示“能量”，就会把“能量”和“力”相混淆。能量是一种“做功的力”，如果能量与力



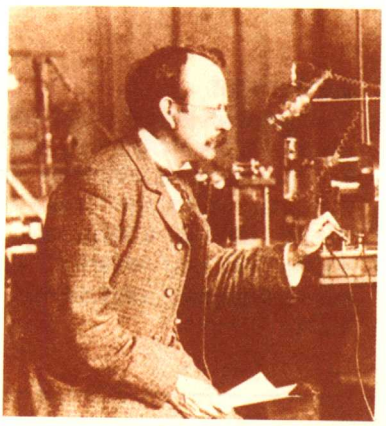
焦　耳

焦耳（1818—1889 年），英国物理学家。焦耳的重要贡献是测量了热和机械功之间的当量关系——热功当量，为热运动与其他运动的相互转化、运动守恒等问题，提供了无可置疑的证据，成为能量守恒定律的发现者之一。为了纪念他对科学发展的功绩，命名能量和功的实用单位为“焦耳”，为现行国际单位制（SI）所沿用。



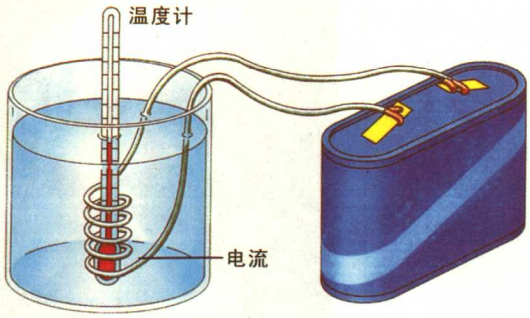
焦耳作用力

焦耳简称焦，是国际单位制中功、能量和热量的计量单位，用 J 表示。1 焦耳就是 1 牛顿的作用力使物体在力的方向上通过 1 米的路程所做的功，1 焦耳等于 1 牛顿米（Nm）或 1 千克米 / 秒（kgm/s）。



克劳修斯

克劳修斯，德国物理学家，气体动理论和热力学的主要奠基人之一，他从热量传递的方向性角度提出了热力学第二定律，同时热力学第二定律表明了，力能可全部转换成热能，但是热能却不能全部转换成功，说明了热机的不可得原理。

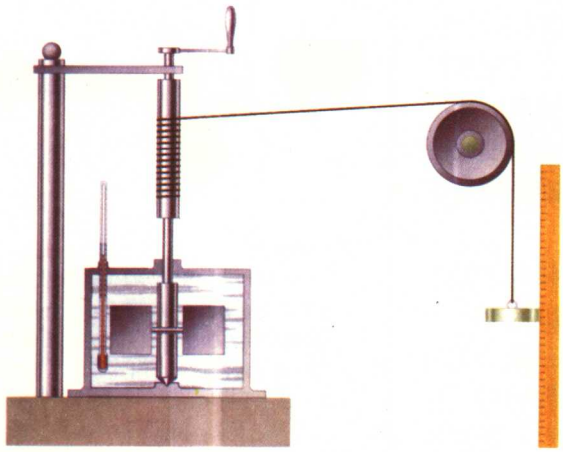


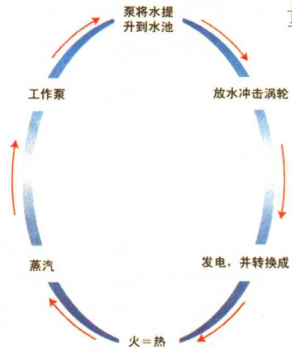
焦耳定律的证明

1840 年，英国物理学家焦耳最先精确确定电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比，跟导体的电阻成正比，跟通电时间成正比，这个定律叫做焦耳定律。此图中的简单实验可以用来证明焦耳定律：电流所产生的热能会导致水温稳定上升，虽然电线包有绝缘层，但仍能将热能传送至水中。

焦耳的仪器

这是焦耳用来测量热的机械当量的仪器。绞车连接一个重物，转动绞车时，桨轮搅动容器中的水，这一过程中所产生的热用一支温度计测量。





能量守恒示意图

在能量守恒定律中，整个宇宙可以被视为一台按照物理定律发挥功能的机器。在这台机器中，所有能量的综合在反复的转换中保持为常数。任何形式的物理活动都可以转换成其他的形式的活动，如热、功、化学反应、辐射、电等。能量守恒开辟了无限广阔的新视野，宇宙中的物理和生命领域因而可以被视为结合在一起的一个体系。

可以互相转换，那么，通过做功的力就可以对能量进行测量。在物理学上，把“能量”一词赋予专门意义的是兰金和汤姆生。特别是汤姆生，他直接采纳了托马斯·杨提出的将力和能量相区别的观点。

焦耳的实验证明：在一个体系中，能的总量是守恒的，功在作用时所耗失的量，将转化成热的形式而出现。这个证明可以进行推广，例如，机械能可以转变为电能，化学能可以转变为动物能等。现在，一系列的事实已经证明，在一个孤立的体系中，能的总量是守恒的。

通过实验证明的能量守恒原理可以同早期的质量守恒原理相媲美。牛顿建立动力学是基于这样一种认识：一个量，即一个物体的质量，它在经过一系列的运动后没有发生变化。后来的化学家用天平秤证明，这个原理同样适用于化学变化，那些在空气中燃烧的物体，它们的质量并没有消失。如果把燃烧后所形成的物质收集起来，它们的总量一定是同原物体以及所耗费的空气份量相等。

能量也是如此，质量以外的另一个量之所以会出现在我们的意识里，是因为这个量经过一系列的转换后没有发生变化。人们把这个存在的量作为一个科学概念来理解，为了便于记忆，就把它称之为能或能量，通过测量其动量和热量的变化，人们发现了它的守恒性。

在 19 世纪，如果用物理学的方法，是不可能创造和毁灭质与能的。到了 20 世纪，事物的发展出现了一些变化，人们认为，质本身就是能的一种形式，因此，质和能的相互转换是

完全可能的。而到现在，质和能已经成为两种截然不同的事物。

大约在 1853 年，汤姆森第一个把能量守恒原理应用于化学。汤姆森发现，在化学反应中所发出的热，可以作为反应系统和能量前后差异的衡量尺度。在一个闭合的系统中，如果一个能量从最初到最后都是相等的，那么，在一定条件下，人们就可以省略其中间步骤而直接去预测这个系统的最后状态，也就是说，人们可以直接一步就得到某一物理问题的答案，而用不着去探究达到目标的过程，就像惠更斯解答对某些力学问题那样。由于能量守恒原理具有非常重要的实用价值和意义，因此可以这样说，能量守恒原理是人类最伟大的思想成果之一。

但在哲学上，能量守恒原理也有一定的缺陷。由于质量守恒原理和能量守恒原理在当时的研究领域几乎全都有效，因此，这两个原理就很容易被人们作为普遍定律。质量永恒不灭，宇宙里的能量也守恒而不会发生变化，这些原理不再是引导人们在知识领域内进行探索的向导，它们已成了哲学上的一种教条。



风力发电厂

风力发电是利用风力的能量转化为机械能再转为电能，这利用了能量守恒与转化定律。

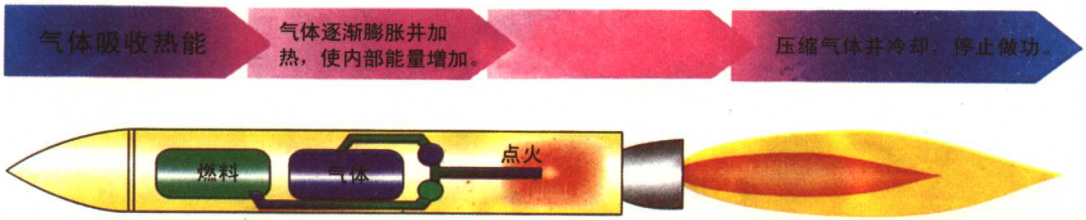
热力学 RELIXUE

卡诺的循环说提出：当功与热相互转换时，它们二者的关系可以用焦耳的实验结果来表示。

1824年，被称为“胜利组织者”之子的卡诺提出，每一个热机必须配有一个热源或冷凝器，这样，当机器在工作时，热就可以从较热的物体传到较冷的物体。卡诺在他的手稿中，也谈到了能量不灭原理，不过，在相当长的时间里，人们还是用热质说理论去分析他的研究成果。人们认为，热是通过降低温度来使机器工作的，在经过机器的工作后，热的总量不会减少，这就像水从高处降落下来，从而使水车产生转动一样。

卡诺认为，如果要研究热机的定律，就应该这样去理解；热机不会产生摩擦，热也不会因为传导而散失。卡诺还提出，如果要研究机器的工作，必须作这样的一个假定，即热机的工作是一个循环的过程，不管是蒸汽还是压缩空气，在经过工作之后它们仍然会回复到原来的状态。否则，机器就会从其工作的物质内部的能量中吸取动力或热，这样一来，功就不可能全都是由机器外部的热所产生了。

现代的卡诺循环说是由克劳胥斯和维廉·汤姆生完成的。当功与热相互转换时，它们二者的关系可以用焦耳的实验结果来表示。从理论上讲，把一定量的功全部变成热，或把一定量的热全部变成功都是可能的，但在实际生活中则是不可能实现的。在蒸汽机或其他热机所提供的热量中，能够转换成机械能的只是其中的一小部分，其余那些不能做功的，全部传到机器中的较冷部分去了。实验证明，热机在工作时从热源取来一定量的热H，热H中的一部分热量传给冷凝器。热H与冷凝器中的热量之差，就是功W的最大热量，作为这个机器效率的E。就是功同所吸收的热量的比即W／H。



火箭的推进

热力学定律适用于任何热能改变的系统，热力学定律能充分说明热能是如何转换成为功而推进火箭的。

从理论上讲，一个完善的机器，既不会因为传导而失去热，也不会因为摩擦而失去功，这可以用公式表示，即：

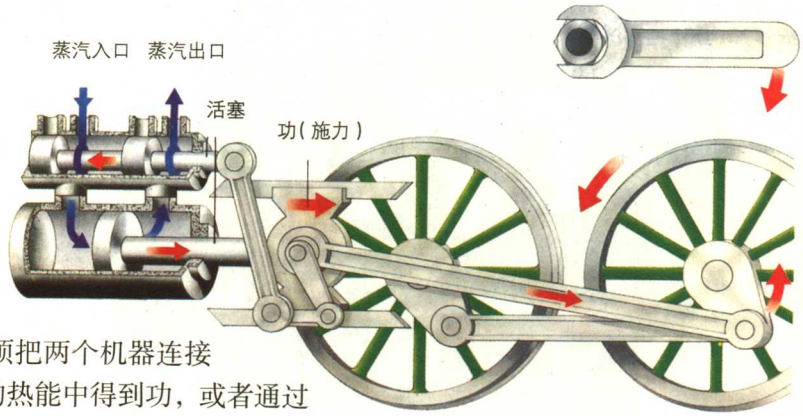
$W = H - h$，

$E = W/H = (H - h)/H$。

凡是完善的机器都具有相同的效率，如果不是这样，人们就必须把两个机器连接在一起，然后从冷凝器的热能中得到功，或者通过一种自动机制把冷体转换到热体中去，但这两种情况都与实验的结果不符。由此可以得出这样的结论：效率或由热体吸收的热同冷体排放的热之比，与热源的温度 T 和冷凝器的温度 t 有关，而与机器的形式和工作物质的性质无关。如果热体吸收的热同冷体排放的热之比表现为 $T / t = H / h$ 的形式时，就可以用两个温度之比的定义，即 $E = (H - h)/H = (T - t)/T$ 来表示。

蒸汽机车内部

蒸汽机车是利用蒸汽机，把燃料的热能变成机械能，而使机车运行的一种火车机车。它主要由锅炉、蒸汽机、车架走行部和煤水车四大部分组成。



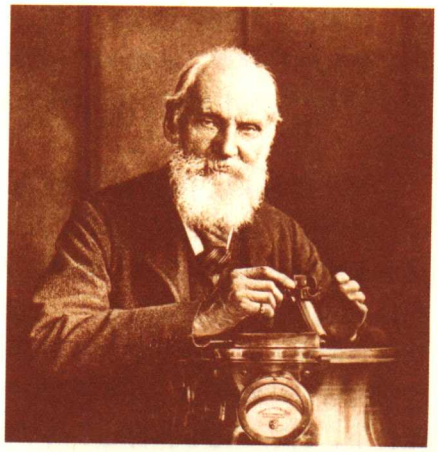
根据这个定义，汤姆生制定出了一种热力学的温标，这种温标是绝对的，因为，这种温标同机器的形式和工作物质的性质无关。一个完善机器的冷凝器温度如果为零度，即 $t = 0$ 或 $E = 1$，那么，所有吸收都将转变为功，所有的热也不会到冷凝器中去，这时的效率就是 1，它吸收的功也远远大于任何机器所吸收的功。可以这样说，这种温标的零度就是绝对零度，再也找不到比这更冷的温度了。

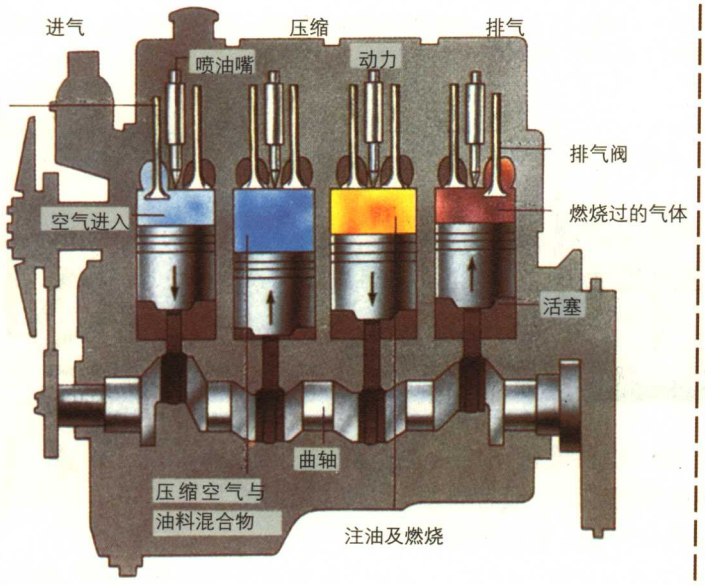
这样的热力学温标，纯粹是一种理论上的规定。因为，在实际工作中，我们根本就不可能测量出一个完善机器吸收的热量同排放的热量的比率，更不可能对这两个温度进行比较。特别需要说明的是，我们根本就不可能制造出一个完善的机器。所以，我们必须把热力学的温标变成一种具有实用价值的东西。

在研究中，焦耳像过去的迈尔那样，通过对空气进行压缩从而把功变为热。为了论证这种方法的正确性，焦耳将早已被人们淡忘了的，盖伊·吕萨克做过的实验重新做了一遍。通过实验，焦耳证明了如果空气膨胀不做功，温度也就不会发生改变。就是说，当气体膨胀或收缩的时候，气体的分子状态不会发生变化，当压缩空气时，空气所作的功全都转化为热。后来，汤姆生和焦耳还共同设计了一个更加周密的实验方法，并证明了气体的自由膨胀，对温度的改变非常有限，空气变冷和氢气变热的程度也极其轻微。数学知识告诉我们，

开尔文勋爵

开尔文（1824—1907 年），19 世纪英国卓越的物理学家，热力学主要奠基人之一。原名 W·汤姆孙，因 1892 年晋升为开尔文勋爵而得名。开尔文研究范围广泛，研究课题涉及热学、电磁学、流体力学、光学、地球物理、数学、工程应用学等。他一生发表论文多达 600 余篇，取得 70 种发明专利，受到英国本国和欧美各国科学家、科学团体的推崇。





柴油机

柴油机是用柴油作燃料的内燃机，具有热效率高的显著优点。柴油机有优于汽油机的优点，如不需要电子点火系统、使用的燃料较便宜、不需要化油器、将储存在燃料里的能转换成机械能或功的效率较高等。



常用温度计

常用温度计是根据液体热胀冷缩的性质制成，有各种不同的类型。图为可以测量室内温度的温度计和用来测量体温的温度计。

用空气或氢气制成的温度计，与热力学的温标大致相等，即使有细微的差异，也可以通过自由膨胀的热效果计算出来。

根据热力学而得出的推论，不但为热机理论奠定了坚实的基础，而且极大地推动了现代物理学和化学的发展。法拉第只用压力，就将氯气在一个简单的仪器中进行了液化，热力学温标理论和汤姆生与焦耳的多孔塞实验为现代的科学研究开辟了道路。现在，凡是人们所知的气体都可以液化，各种物质在三种状态下可以连续存在也得以证明。在正常温度下，多孔塞的效果很小，但先把气体进行冷却，它就会变得很大。若是将一种冷气体灌进一条管嘴，它就会变得更冷，同时，这种冷还可以用来冷却后面流来的气体。于是，多孔塞的效果就这样累积起来，最后，气体因冷却到临界温度而被液化。1898年，杜瓦爵士就是通过这种方法从而使氢液化，1908年，卡麦林·翁内斯将最后的氦气也液化了。杜瓦爵士在液化实验中所用的真空玻璃瓶，就是现在人们非常熟悉的温水瓶。

这种低温对物体的反应，有许多人都作过研究。人们在研究中发现，最显著的一个变化就是电的传导率急剧增大。例如，铅在液态氦的温度即－268．9℃条件下，其导电率比在0℃时要大约十亿倍。在这种低温的金属电路中，电流一经开始，历经数十小时也不会减弱。

要从热的供应中得到有用的功，温差是必不可少的。然而在自然界中，在热的传导过程中，温差将会逐渐变小。因此，在一个不可逆转的孤立系统中，作为有用的功的热能将会变得愈来愈少，反之，被克劳胥斯称为熵的数学函数却逐渐增加。当热能小到最小限度或熵达到最大限度时，就无功可做了，此时，平衡这个系统所需要的条件也就可以确定了。同样，在吉布斯创立的另外一个数学函数中，当系统在温度不变的条件下，热力学的位势到最小限度时也可以达到平衡。克劳胥斯、凯尔艾、赫尔姆霍茨、吉布斯和奈恩斯特等，就在这样的条件下，创立了化学和物理学的平衡理论。现代物理学、化学中的许多内容，以及工业上许

多重要的技术应用，都可以说是吉布斯热力学方程式中的一系列实验例证。

在吉布斯热力学方程式中，最重要的是相律。吉布斯假设，在一个系统里有 n 个不同的成分和 r 个相。根据吉布斯定理，相律可用公式 $f = n - r + 2$ 表式。吉布斯的相律方程与汤姆生等人创立的潜热方程合并在一起，构成了关于相的平衡的基础理论。

在相律方程中，当 $r = n + 2$，那么 $F = 0$。例如，当水、冰、汽三相集中在一起时，只有在某一特殊温度下，且压力必须调整到某一特殊数值时，它们才能达到平衡。如果只有水与汽两相，当系统只有一个自由度时，这两相也可以达到平衡。

相律理论在工业上的一项重要应用，就是对合金结构的研究，这个研究为金属的应用提供了许多特殊用途。相律理论是通过三种实验方法而创立的。这三种实验方法是：

一、金属液体侵蚀法。金属液体侵蚀法是由英国的索尔比和德国的马顿斯创立的,这种方法主要用于铁的研究，它揭示了金属与合金的晶体结构。

二、热方法。这种方法是通过对熔融金属的冷却，使物态发生改变，从而对时间和温度进行测量。当金属由液态变成固态时，温度就会下降，时间也会出现暂时的停顿。这种方法可以用鲁兹布姆的研究和海科克与内维尔的实验为例证。

三、X 射线方法。这个方法是由劳厄和布拉格爵士父子创立的，它揭示了盐、金属或合金等固体的原子结构，由此开辟了原子研究的新领域。

双金系的平衡可以用海科克与内维尔对银和铜的研究作为例证。在由银和铜组成的合金里，银与铜都是在温度不发生变化的条件下，由液态凝固而成的。这种合金的结构有一定的规则，其中，银与铜的比例为 4 : 6，因此，人们把这种合金叫做“易熔合金”。

近年来，人们制造出了许多具有不同性质、不同用途的新合金，例如，和平年代使用的合金有不锈钢，战争年代供制造武器用的有铁合金，这些合金都含有少量的镍、铬、锰、钨等金属，经过适当的加热处理后，这些金属可以提高铁的硬度和韧度。以上成就都是在相律理论及其实验的基础上取得的，下面，我们再举几个与合金有关的例子：

铁合金中，如果在铁内加入 3% 的镍，用这样的合金铸成的锅将更加坚硬。如果在铁内加入 36% 的镍，其碳含量将会降低，膨胀系数也会变小，但这种合金的用途非常广泛，人们把这种合金叫做“因瓦合金”。铬是

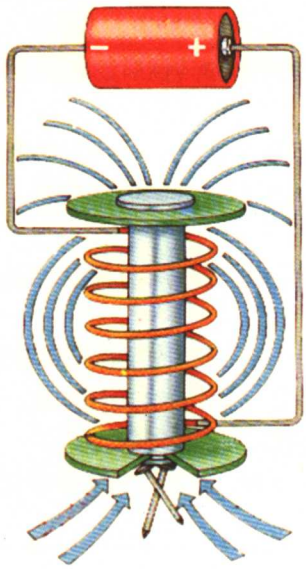
保温瓶的内部构造

保温瓶是根据热传递设计的，它用两层玻璃瓶制成，瓶中呈真空状，隔绝了空气对热的传递。而且瓶壁涂上了水银，能把热量的辐射反射回瓶内。另外，保温瓶瓶口盖上瓶塞，防止了热从瓶口泄出，所以凡是倒入瓶里的液体都能在相当长的一段时间内，保持原有的温度。



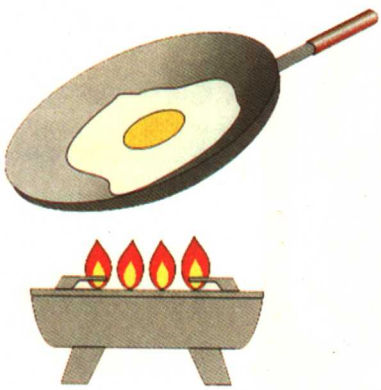
电磁场理论

电磁场理论的建立是麦克斯韦的主要贡献之一，图中是电流经过线圈产生磁场的示意图。麦克斯韦与克劳修斯、玻耳兹曼3人也是气体运动理论的主要奠基人。克劳修斯曾假定气体中各分子以同样大小的速度，向各个方向随机运动，气体分子同器壁的碰撞会产生气体压强，并第一次推导出著名的理想气体压强公式。



热传导

热传导是起因于物体内部分子微观运动的一种传热方式，也是固体中热传递的主要方式。如金属的导热性能较强，因此做饭的炊具多用金属制成。而木头的导热性能较差，常用于制作炊具的把手。



一种能使碳化物趋于稳定的金属，如果在钢中加入少量的铬而造成合金，则能提高抗拒腐蚀的程度。镍铬钢是制造机器必不可少的一种合金。锰也能保持碳化物的稳定，在合金中如果锰的成分较多，就可以制成含碳量为12%的高锰钢，这种钢极其坚硬并非常抗磨，通常被制作为碎石机的部件。钨的原子含量大，具有较强的抗蠕变能力，因此，钨钢和钴钢都可用以制造恒磁体。

在非铁合金一类物体中，铝的实用价值最大。1909年，维耳姆等人开始对铝合金进行研究，这种金属体轻而质坚，主要用于航空工业。后来，对铝合金的研究又有了新的发现，有一种铝合金叫“硬铝”，其中，铝占95%，铜占4%、镁占0.5%、锰占0.5%，硬铝的强度可与一般的钢媲美。此外，还有一些其他金属的合金，也都各自具有不同的特性。

能量守恒原理是热力学的第一定律，现在，可用的能量越来越少。当人们把能量守恒的观念应用到整个宇宙上时，就有人提出：宇宙间的能量不断减少，是因为宇宙的能量在摩擦转化为热的过程中被浪费掉了，与此同时，可用的热能也因为温差的减少而减少。于是，一些物理学家根据想象提出了这样的结论：在遥远的将来，要将宇宙中储蓄的所有可用能量全都要转化成热，并把这些热平均分布到保持机械平衡的物质中去，这样，宇宙中的能量就再也不会发生什么变化了。

这些物理学家的结论是建立在以下几个未经证明的假设上：

一、它是根据有限的观察结果进行假定而得出的结论。这些物理学家认为，人类有限的观察结果在尚未认识的宇宙其他领域同样有效。

二、它假定宇宙是一个孤立的体系，没有任何能量可以进去。

三、它假定单个分子由于互相发生碰撞而使速度不断改变，这种速度分为快速和慢速两种，但人类不能追踪这种速度。

麦克斯韦曾作过这样的想象：世界上有这样一种极小的生物，它们有着灵敏的感觉，可以对每个分子的行动进行跟踪，这些小生物负责管理墙壁上那一扇没有摩擦的滑动门，在墙壁的两边各有一个装满气体的房间。当分子从左到右快速运动时，小生物就会将

装满气体的房间门打开，让慢速分子进来，一旦慢速分子进入房间，房门马上关闭。这样，快速分子汇聚在右边房间，慢速分子汇聚在左边房间，右边房间中气体逐渐变热，而左边房间中的气体则逐渐变冷。由于这些小生物具有控制单个分子的能力，那些分散的能量就可以重新集结起来。

19世纪，在人们只能用统计的方法来处理分子的时候，能量耗散的原理是十分实用的。但随着社会的发展，人们生活和活动所需要的能量则不断减少，而热力学上的衰变过程，也使宇宙中的生命出现了逐渐灭亡的危险。用现代科学知识来检验，这个结论究竟在多大程度上能够得到证实，我们将在后面一章再进行论述。在这里要指出的是，当分子的速度按照麦克斯韦—波尔茨曼的定律进行分配时，熵达到最大值，也就是能量的耗散达到最大限度时，热力学的条件也就具备了，但这种分配的概率是一个最大值。这样，热力学就同概率论的已知定律、物质运动论相互联系起来了。



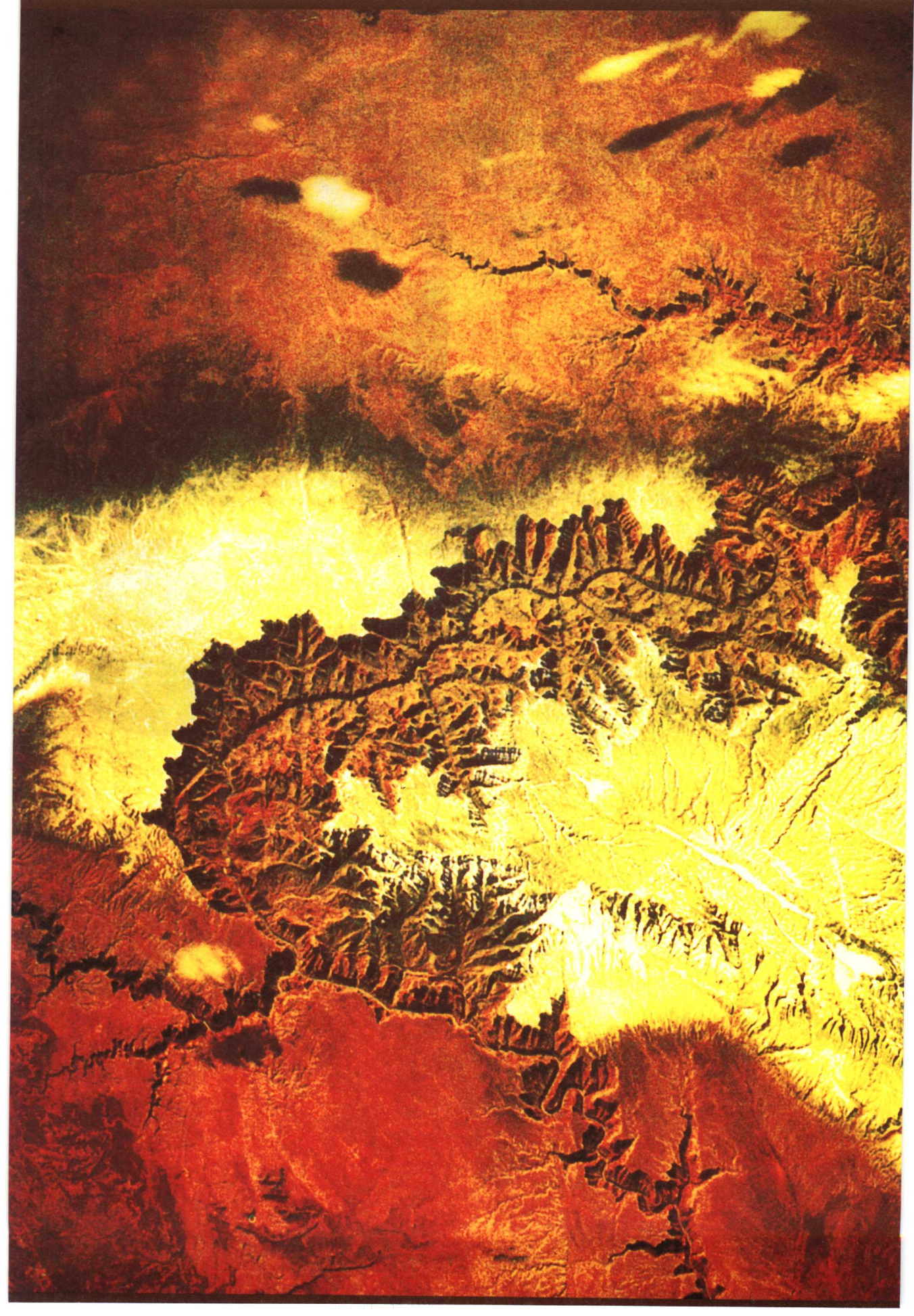
燃烧的能量

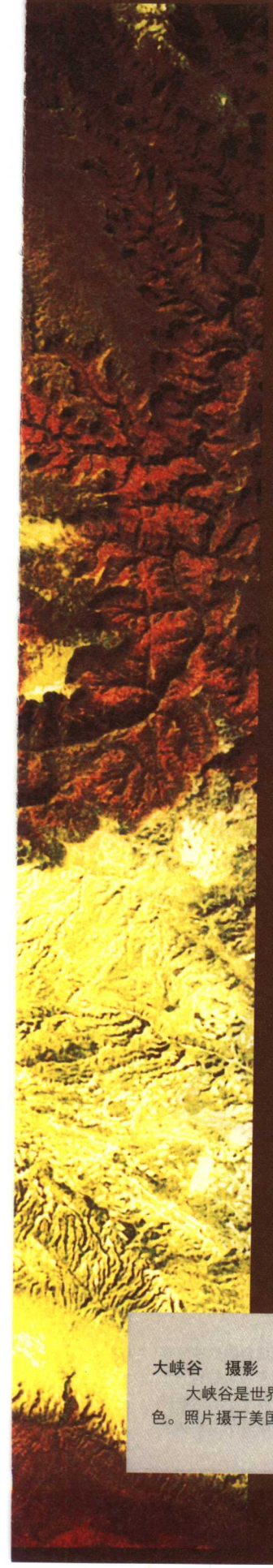
迈尔是第一个把能量转化概念应用于生物学现象的人。他利用类比方法分析了人体肌肉活动，指出运动神经犹如轮船中的舵手，起着控制的作用；新陈代谢提供了能量，犹如轮船中煤的燃烧。可惜他的论点在当时并未得到科学界的重视。

麦克斯韦

麦克斯韦代表了 19 世纪英国剑桥物理学派的顶峰。剑桥学派的工作使偏微积分方程几乎成为“数学物理”的同义语；而麦克斯韦在 1864 年推导出的电磁场方程，更是19世纪物理学最壮观的胜利。







第 7 章

19 世纪的生物学

天文学和物理学所取得的巨大进步，在人们的思想上引起了一场深刻的革命。人们的兴趣，也从天文学转移到了地质学，从物理学转移到了生物学并开始对生命现象进行研究。

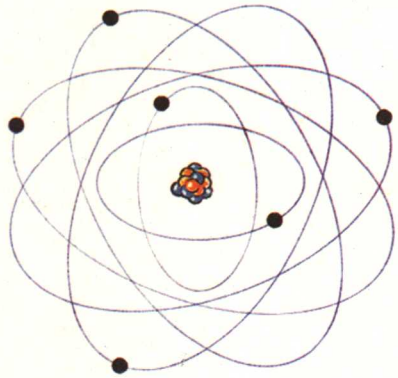
大峡谷　摄影　当代

大峡谷是世界上最为生动的范本，是地质学家的历史书，也是千百万游客眼中最独特壮观的景色。照片摄于美国科罗拉多州的西部高原。

有机化学 YOUJI HUAXUE

人们根据有机化学结构方面的理论预言，世上还存在着许多新的化合物，事实上，许多预言中的化合物也确实被合成或分离出来了。

在动植物体内的复杂化学物质，就是那奇特的碳元素。碳原子的性质非常特殊，它既能由同类原子相互组合成单一的分子，又能和其他元素结合构成复杂的分子。我们在前面讲过，自古以来就存在着相互对立的两种学说：一种学说提出，生命是一种特殊的生命原质。而另一种学说则认为，生命体与外界的物质世界一样，都能够用机械作用来解释。在一个相当长的时间里，人们一直都认为：动植物的复杂组织只能形成于生命的持续过程，于是，有人提出，那种关于生命具有灵魂的宗教信仰就是由此兴起并由此衰落的。1826年，亨内尔用人工合成的方法制造出了乙醇，1828年，韦勒用氰酸和氨制造出了尿素。这些事实说明，那些以前只能存在于生物体内的物质，现在也可以通过实验室来制造了，随后，人们又接连制造出



卢瑟夫的原子结构

卢瑟夫是物理学史上第一个直观描述紧凑的原子结构的科学家。此图是根据其描述而制作出的示意图：带负电荷的原子沿着轨道绕带正电的原子核运动。



金刚石和石墨

碳在自然界当中，以纯碳和与其他元素结合的二种形式存在；其主要有三种形态：金刚石、石墨和无固定结构的无定形碳。金刚石是已知固体中最硬的一种，碳原子规则地排列在点阵结构中；石墨是最软的固体之一，碳原子以层状排列其中。

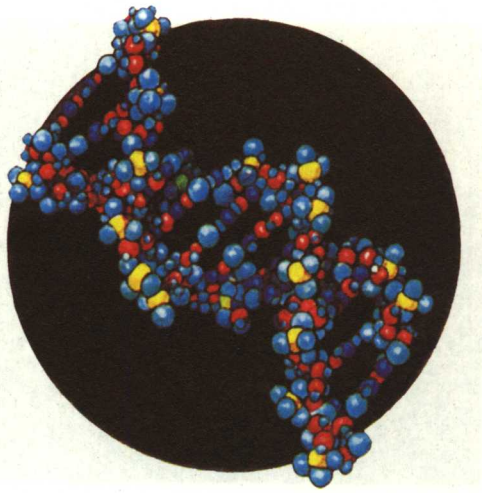
许多人工合成物。1887 年，费舍用碳、氢、氧等元素合成制造出了果糖和葡萄糖。二百多年来，人们只能用干馏的方法来分析有机物，分析的结果也只能按气、液、油、碳渣所占的比例分开记录。但到 18 世纪后，人们就可以制造许多有机化合物了。舍勒就从一种物质中分离出了几种有机酸。

对化合物中的元素及其百分比进行测定，是有机化学的第一个基本问题。我们现在常用的测定方法是，先把要测定的化合物放入氧化铜，再放出氧将其燃烧，然后对燃烧后的物体数量进行测量。这种测定方法首先是由拉瓦锡、柏采留斯、盖伊·吕萨克和泰纳尔等人发明的，后来，李比希又对此作了很大的改进。因此，到 1830 年后，对碳化合物成分的测定就相当精确了，其间，最惊人的成就就是发现了“同分异构体”，即异氰酸银和雷酸银、尿素和氰酸铔、酒石酸和葡萄酸等。柏采留斯认为，产生这些现象的原因是，在两种同分异构体的分子中，原子的排列顺序和联系不相同。后来，在元素中也发现了同样的现象。为此，拉瓦锡提出，木炭和金刚石在化学上应该是同一物质。

在弗兰克兰、库珀和凯库勒等人对原子价问题阐释以后，柏采留斯的理论得到了进一步的发展。例如，酒精公式 C_2H_6O，可由经验式写成构造式。凯库勒所说的碳原子四价，在公式中可以用 4 条线来表示，每一条线又可以分别同其他的原子或原子团相连接。

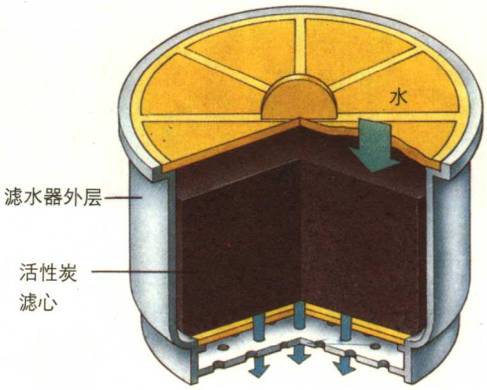
1865 年，在一篇讨论芳香化合物的文章中，凯库勒用柏采留斯的理论对苯的结构作了解释。凯库勒提出，苯与乙醇的性质完全不同，乙醇的碳链两端呈开放状，如果要对苯的化学性质及反应进行解释，必须将碳链的两端连结成一个闭合的环。

只要假设一个或多个氢原子能够被另外的原子或原子团置换，那么，芳香化合物那较为繁复的结构就可以表示出来。



基因组织

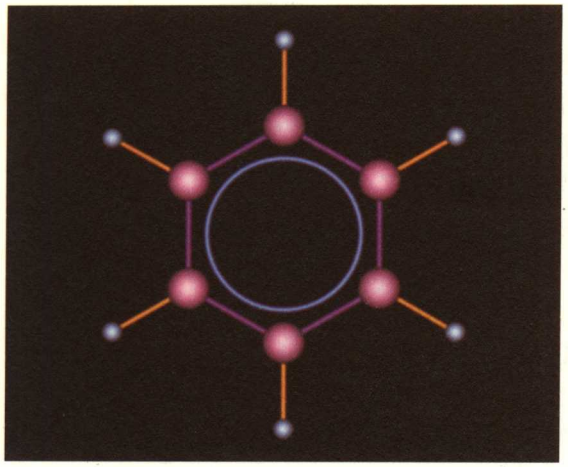
1902 年，哥伦比亚大学医学系学生萨顿宣称，蝗虫的所有细胞都包含了数对彼此不同的同源染色体。这令人想起孟德尔的理伦。他认为每种可遗传的特性都是一对遗传单位所控制。萨顿还提出假说，认为染色体包含这些遗传单位（后称为基因）。他的假说为现代遗传学奠定了基础。



活性炭滤水器

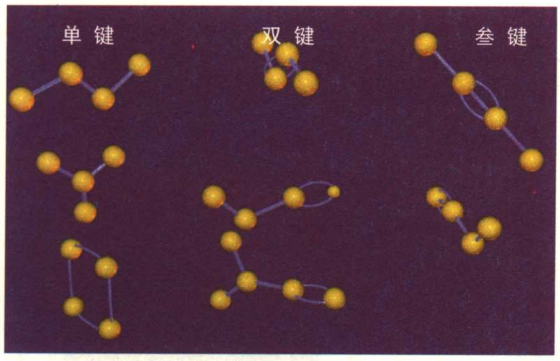
炭是碳元素中的一种形式，黑色、易碎。活性炭为炭的纯化形式，用来除去物质中不需要的颜色及气味。活性炭是效能很高的滤净器，能除去一些溶于水的杂质，被广泛用于净化水设备中。在滤水器中，水流经过一个装满活性炭的容器，活性炭就会像海绵一样吸收水中的杂质和化学物质。

就这样，有机化学的理论便由此产生了。人们根据有机化学结构方面的理论预言，世上还存在着许多新的化合物，事实上，许多预言中的化合物也确实被合成或分离出来了。可以这样说，通过有机化学的结构式理论，我们可以把演绎方法推广应用到化学方面去。



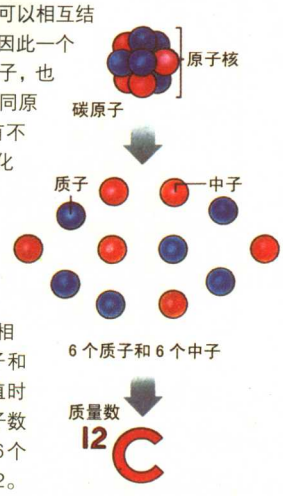
苯分子

苯是在1825年由英国科学家法拉第首先发现。苯的相对分子质量为78，分子式为C_6H_6。苯是高度不饱和化合物，不具有典型的不饱和化合物应具有的易发生加成反应的性质。苯有一个很稳定的“核”，6个碳原子之间的结合非常牢固，而且排列十分紧凑，它可以与其他碳原子相连形成芳香族化合物。



碳原子结合的方式

在有机化合物中，碳原子与碳原子之间可以形成单键，也可以形成双键或三键。多个碳原子可以相互结合形成碳链，也可以形成碳环。因此一个有机物的分子可能只含一个碳原子，也可能含有许多碳原子，而含有相同原子种类和数目的分子也可能具有不同的结构。于是这便造成了碳的化合物种类和数目的繁多。



碳原子的质量数

质量数是将原子内所有质子和中子的相对质量取近似整数值相加而得到的数值，由于一个质子和一个中子相对质量取近似整数值时均为1，所以质量数（A）=质子数（Z）+中子数（N）。碳原子有6个质子和6个中子，其质量数为12。

米彻尔里希很早就说过，原子的结构与晶状有关，在1844年，他又告诉人们：酒石酸的各个同分异构体，尽管在化学反应、组成成分以及结构方面完全相同，但它们的光学性质则完全不同。1848年，巴斯德在给葡萄酸盐结晶时，发现了两种晶体，这两种晶体之间的关系，就像人的右手与左手，或者说，就象真实的人与镜中的人一样。如果把这两种晶体分别取出并进行溶解，就会形成两种溶液，其中一种溶液可以让偏振光的偏振面向右旋转，而另一种溶液则使偏振面向左旋转。经过实验证明，在第一种溶液中，含有一种普通的酒石酸化合物，而第二种溶液则含有一种新发现的盐，将两种溶液混合，就能提炼出葡萄酸盐。而葡萄酸以及类似物体的分解，则可以通过有生命的物质对酵素的选择来实现。事实上，从有生命的物质中得到的产物都是活泼的，但是，同样的产物，如果是通过实验室合成而形成的，则是不活泼的。

1863年，维斯里辛努斯根据乳酸现象断定，这两种不同的晶体，是因为原子在空间的排列不同而造成的。1874年，勒·贝尔和范特·霍夫也分别提出了与维斯里辛努斯相同的观点，同时，他们还对此进行推断：在光学上活泼的所有碳化合物，一定具有不对称的原子结构。范特·霍夫提出，碳原子的位置位于四面体的中心，在四面体的四个角上，分别放置着另外的原子或原子团。如果这些原子或原子团不尽相同，由此就会形成一种不对称的结构，它们之间的关系就像真实的人与镜中的人的关系一样。后来，勒·贝尔、琼斯、波普和基平等人又发现了除碳以外的其他元素，他们还发现，在氮的化合物中，也会产生同样的现象。

1832年，李比希和韦勒提出：在化学作用下，一个复杂的原子团总是紧紧抱成一团的，这就像同一个元素中的原子一样。例如，氢氧基OH，不光能存在于水中，就是在苛性碱类和醇类中，它也同样能够存在。

此外，在有机化学和生物化学中，还可以找到无数的基，这些基是有机化学和生物化学反应所必需的物质。

从基的概念很自然地要发展到构型的理论，构型理论是罗朗和杜马提出的，1850 年以后，威廉森和热拉尔又对此进行了发展。根据构型理论，化合物可以按各自的构型分类，例如，氧化物可以作为是在水型基础上构成的一类，氢原子可以作为能够被原子或原子团置换的一类。构型理论形成后，逐渐取代了柏采留斯的电性二元论。

在19世纪后半期，人们已经能够把有机物从生物的机体中分离出来，并能按其元素用人工的方法又将它们合成出来。这些有机物主要为以下三类：

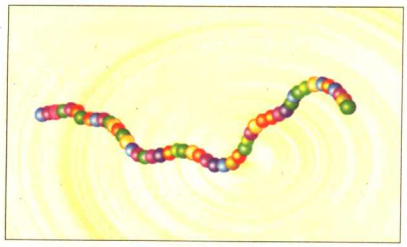
一、蛋白质类，包括碳、氢、氮、氧、硫磷。

二、脂肪类，包括碳、氢与氧。

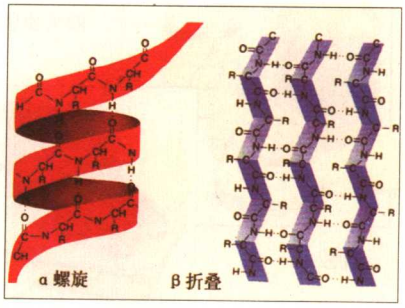
三、碳水化合物类，包括碳、氢、氧、氢、氧。

在这三类有机物中，蛋白质类的化学结构最为复杂，由于蛋白质的主要成分是氮，因此，其分解出来的化合物大多都具有相同的成分，这就是氨基酸，氨基酸的主要成分是由氢和氮两种元素组成的氨基NH_2。这类酸的结构较为复杂，它们都具有一个以上的酸性碳氧基和碱性氨基。因此，它们同时具有酸、碱两种特性，人们在不同的有机体中发现的各种蛋白质，就是这些氨基酸按不同的比例而构成的。

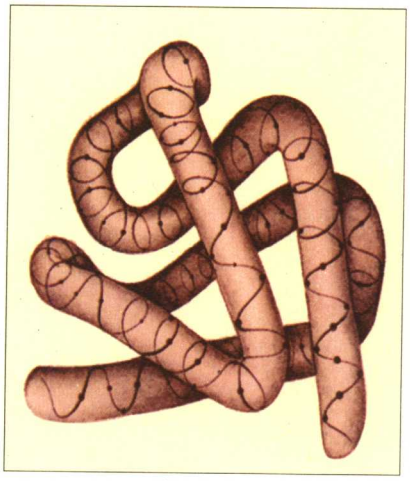
1883 年，库尔蒂斯用人工合成的方法制造出了一种物质，这种物质的化学反应与蛋白质的化合物相同。随后，费舍对这种物质以及与这种物质类似的化合物的结构进行了研究，在此基础上，费舍发明了几种可以把氨基酸组合成复杂物体的方法，这些物体同用蛋



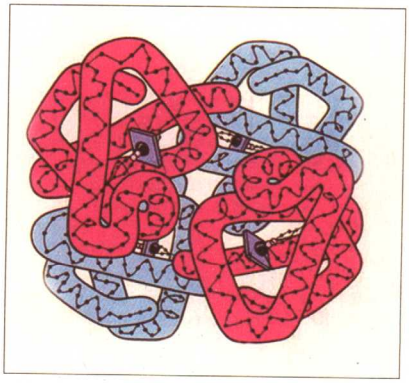
蛋白质一级结构



蛋白质二级结构



蛋白质三级结构



蛋白质四级结构

蛋白质空间结构

蛋白质是一切生命的物质基础，是人体内蛋白质、脂肪、碳水化合物三大组成部分之一，约占人体组织的 20%，每天约有 3% 的蛋白质参与新陈代谢完成人体的各种生理活动。蛋白质的生物活性与其特定的空间结构密切相关。

蛋白质一级结构：指蛋白质中共价连接的氨基酸残基的排列顺序。

蛋白质二级结构：在蛋白质分子中的局部区域内氨基酸残基的有规则的排列。二级结构由通过骨架上的羰基和酰胺基团之间形成的氢键维持。

蛋白质三级结构：蛋白质分子处于它的天然折叠状态的三维构象。三级结构是在二级结构的基础上进一步盘绕，折叠形成的。三级结构主要是靠氨基酸侧链之间的相互作用，由氢键、范德华力和盐键维持的。

蛋白质四级结构：多亚基蛋白质的三维结构。实际上是具有三级结构多肽以适当方式聚合所呈现的三维结构。



均衡营养

均衡的饮食必须包括维持健康所需的所有营养物质：蛋白质用来建造新的组织；脂肪和碳水化合物可以提供热能；维生素和矿物质有益生长、保护组织、调节身体功能。

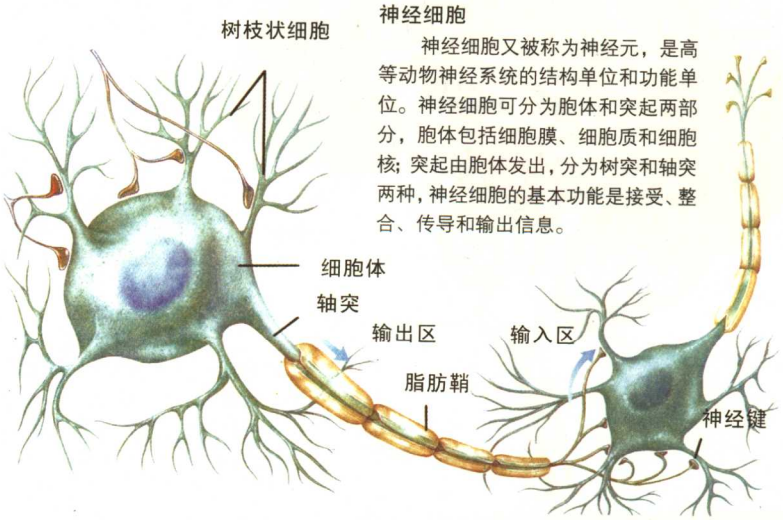
白质造成的蛋白胨很相像，人们把这些物体称之为“多肽物”。在19世纪即将结束的时候，不管是在测定生物机体的性质方面，还是在合成生物机体的成分方面，都取得了相当大的进步。但是，对于更为复杂的蛋白质，人们依然是知之甚少。

SHENGLIXUE 生理学

比夏认为，在生命的运动过程中，生物的活力一直在与物理和化学的力量作斗争，当生物死后，物理和化学的力量就重新主宰一切并毁灭了生物的躯体。

在 19 世纪，人们对生理学最早的认识是：生物的生命是由身体的各个组织构成的结果。首先提出这个理论的是比夏，在帮助人们认识生物组织的特性方面，比夏作出了很多贡献。比夏认为，在生命的运动过程中，生物的活力一直在与物理和化学的力量作斗争，当生物死后，物理和化学的力量就重新主宰一切并毁灭了生物的躯体。

有人通过观察发现，人大脑的各种功能都有自己的部位。例如，在 1558 年，威尼斯的马萨就观察到，人左眼后面的部位如果受伤，就会使说话的功能出现障碍。哈勒也提出，人的神经在脑髓中有一个共同的集中点。但是，直到 1796 年，那些权威的解剖学家仍把大脑中的流体与盖伦的“动物元气”、亚里士多德的 “灵魂的器官”混为一谈。后来，先后在巴黎、维也纳行医的加尔，用自己亲手做过的解剖，驳倒了那些权威解剖学家的理论。同时，加尔还将马萨的学说发扬光大，对大脑的结构作了详细的介绍，加尔认为：“大脑中的灰质，是神经系统进行活动必不可少的工具，而大脑中的白质，只是用于联系的链条”。有人指责加尔是唯物主义者，加尔强调遗传的重要性，更是遭到人们的反对；因为，在当时遗传说同教会的道德观念是相抵触的。但是，加尔常把无可争辩的事实与谬误混为一谈，这就给他带来更多的麻烦。特别是被加尔辞退的助手斯珀茨海姆，他根据自己对大脑各部位功能的研究，建立了一个荒唐的“脑相学”，于是，人们认为加尔本人也



是一个江湖骗子。事实上，现代脑神经学是以加尔的研究成果为基础的。

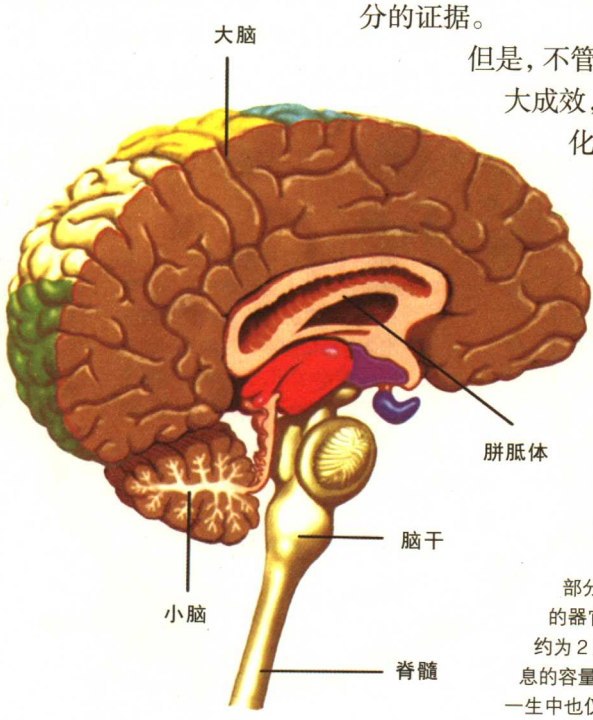
马让迪是法国的一位生理学家，他对比夏的活力论进行了修改。马让迪认为，生物的某些奇特现象是由一种不可分解的生命原质所形成的。从1870年起，马让迪用实验的方法开始对这些问题进行研究，通过辛勤的努力，马让迪取得了不少成就。马让迪对当时流行的理论持反对态度，他对实验的重视已经达到崇拜的程度。在当时，几乎没有人采用培根的实验方法，但马让迪却是其中的一个。通过实验，马让迪证明了前脊神经与后脊神经的功能各不相同。对此，贝尔爵士推测说：这是神经系统生理学上的一个最重要的基本发现。马让迪还创立了以药物效应为研究内容的实验药理学，与此同时，马让迪还证明了，血液之所以能够在血管里流动，其原因在于心脏的抽唧作用。

笛卡儿和他的学生提出，由神经纤维传达到神经中枢系统的刺激，会自动地转变成一种向外而去的神经冲动，这种神经冲动可以适当激发人的器官或肌肉，于是，人的身体也就成了一台机器。医疗学派接受了笛卡儿这个观点。贝尔、马让迪和霍尔等人又为这个观点提供了许多有力的证据。霍尔还把动物的反射作用分为两种，即随意的和无意识的。生活中的许多寻常动作，如咳嗽、喷嚏、行走、呼吸等，都是一种反射。19世纪末，夏尔科和他的学生把人的一些其他动作包含复杂的心理活动，都划归到反射作用中。因此，到了20世纪，人类在这些问题上已积累了不少的证据。

约翰内斯·弥勒是19世纪初德国最著名的生理学家，《生理学概论》是其一生最著名的作品，这部名著搜集了当时所有的生理学知识。约翰内斯·弥勒对神经功能也很有研究，在这方面，他有一个非常实用的发现：人要经历哪一种感觉，只取决于感官器官的性质，它与神经的刺激方式无关。例如，光、压力或机械的刺激，在作用于人的视神经与视网膜时，同样会使人产生光亮的感觉。自伽利略时代以来，过去的哲学界一直认为，单凭人的感官是无法真正认识外界的。约翰内斯·弥勒的发现，给生理学的研究提供了非常充分的证据。

但是，不管这种研究取得了多大成效，当人们用物理和化学的实验方法来对生理学进行研究时，往往感觉





大脑半球

大脑半球为脑的一部分，是进行高级神经活动的场所，由内部的大脑核和外部的脑皮所构成。脑最大的部分是两个皱褶多纹的大脑半球，思想即是由此产生出来的。脑的外层叫灰质，内有极多的神经细胞。内层叫白质，主要由神经纤维构成。

大 脑

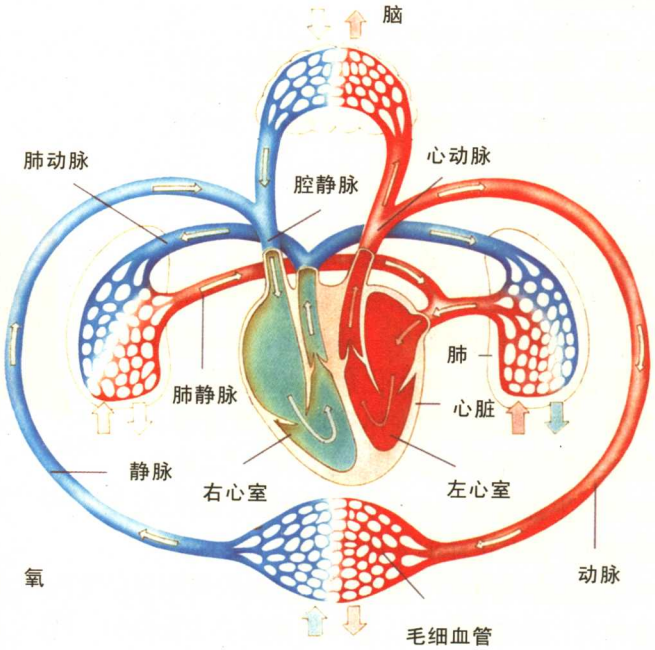
大脑主要包括左、右大脑半球，是中枢神经系统的最高级部分。人类的大脑是在长期进化过程中发展起来的思维和意识的器官，由约140亿个细胞构成，重约1400克，大脑皮层厚度约为2至3毫米，总面积约为2200平方厘米。一个人的脑储存信息的容量相当于1万个藏书为1000万册的图书馆，最善于用脑的人，一生中也仅使用了脑能力的10%。

到，在生理学方面，还有许多问题是用这些方法不能解决的。还有一些人的兴趣主要在形态学方面，他们提出了一种更加彻底的活力论观点。这种情况在法国特别突出，尽管那里有马让迪的实验科学，但科学界对自然历史的研究兴趣要远远大于对生理学的研究。此外，博物学家居维叶的理论，也对活力论产生了很大的影响。

在马让迪的学生中，克劳德·伯纳德是最出名的一个，在实验方面，他的才能并不亚于他的老师。克劳德·伯纳德提出，在进行实验时，需要缜密的思考和大胆的想象。克劳德·伯纳德主要研究神经系统在营养和分泌上的作用。在研究中，他在采用实验方法的同时，还直接进行化学研究。他的研究方法为后来的生物化学研究工作奠定了基础。

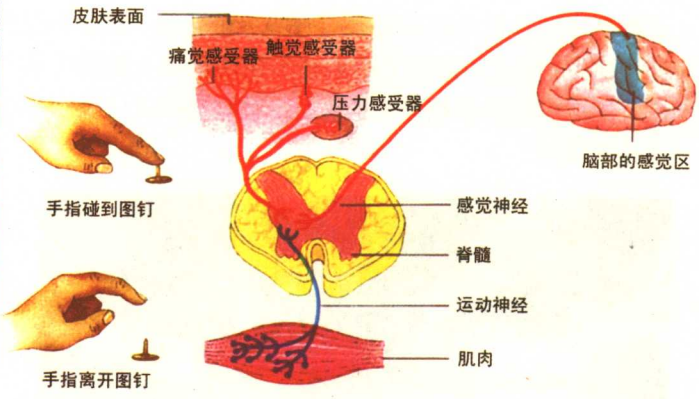
约翰内斯·弥勒曾在《生理学概论》一书中说，食物在胃里的化学变化，应该就是消化的全部过程。1833 年，美国一个陆军外科医生博蒙特，根据他从一个受了枪伤、胃中留下孔穴的病人身上观察到的情况，发表了许多有关消化方面的新事实。伯纳德也在动物身上，发现了同样的情况，由此，伯纳德提出：胰液能够将由胃进入十二指肠的脂肪分解为脂肪酸和甘油、可以把淀粉转化为糖，并能将含氮物质或蛋白质进行溶化。

杜马和布散果耳提出，植物的功能和动物的功能完全相反。因为，植物是通过吸收无机物来制造有机物，而动物在本质上具



血液循环

心血管系统是一个相对密闭的管道系统，由心脏和血管系统组成，血液在其中按一定方向流动，循环不已。根据血液循环路径的不同，血液循环分为体循环和肺循环。心脏通过动脉运送供应组织器官的氧气和营养物质，然后经过静脉把人体的代谢产物和二氧化碳送到排泄器官，从而维持机体内环境的稳定，称为大循环；空气中的氧气通过肺泡壁渗透到毛细血管，再由毛细血管进入肺静脉回到心脏，二氧化碳来到肺的毛细血管通过肺泡壁排到肺泡中，然后呼出体外，这种气体交换的过程，称为肺循环。血液经过肺循环后变成了含新鲜氧气的血液，供应了人体需要。

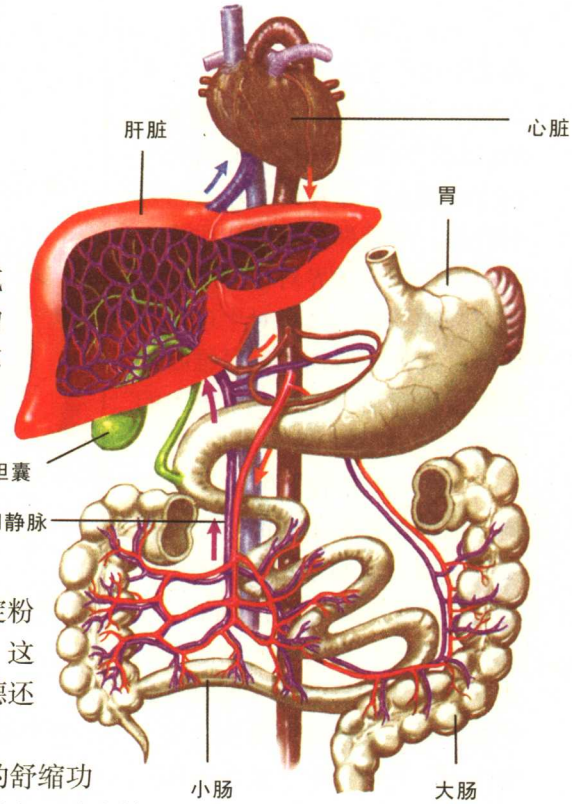


人体的痛觉

痛觉是一种触觉，由皮肤上的神经末梢受到压力所引起，它是有机体内部的警戒系统，能引起防御性反应，具有保护作用。目前，人类控制疼痛的方法主要有 4 种：外科手术镇痛、药物镇痛、生理学方法镇痛和心理学方法镇痛。

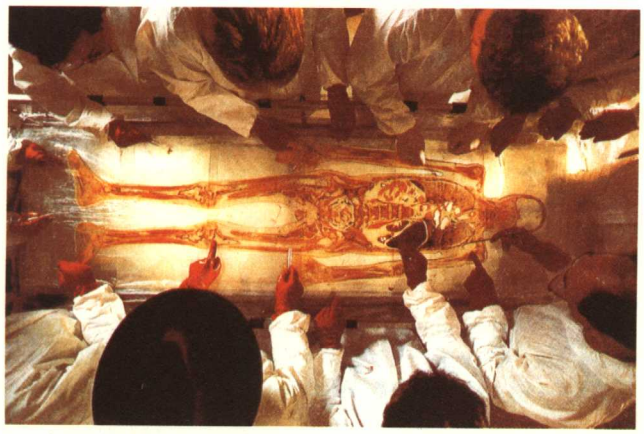
肝脏的血液循环

肝脏由肝动脉和门静脉双重供血。肝动脉为肝脏的营养血管，门静脉为功能血管，将胃肠吸收的营养物质和有害物质送入肝脏，以供肝细胞代谢和转化。两者均把血液输入肝窦，肝窦的血流汇入中央静脉然后送往腔静脉，进入人体各部，进行血液循环。



有寄生性，它们是通过把有机物变为无机物，或者变为简单的残渣来生存。动物在吸取有机食物时，虽然有时也会发生一些变化，但动物绝对不可能制造出脂肪、碳水化合物或蛋白质。克劳德·伯纳德通过用狗作实验，由此证明了在神经控制的内分泌的影响下，肝可以从血液中产生葡萄糖。1857年，伯纳德又通过实验证明，在有生命的人体中，肝可以生成一种类似淀粉的物质，伯纳德把这种物质叫做肝淀粉或糖元，经过酵解后，这种物质就成为葡萄糖。这样，伯纳德让人们知道了糖尿病的性质，伯纳德还提出，某些有机物质，动物也可以制造。

伯纳德的第三个大发现，就是神经对血管的舒缩功能。在感官的刺激下，神经可以控制血管。在研究一种由神经的节而引起的动物热时，伯纳德发现了神经的这种功能。后来的研究结果证明，产生这种动物热的真正原因是血管的扩张。福斯特曾说过："凡是具有一定深度的生理学讨论，迟早都要涉及血管舒缩问题"。由于这些问题是伯纳德在一个活的动物身上进行简单实验而发现的。因此，福斯特说："如果伯纳德出生在今天的英国，那么，他的那个实验就可能被禁止，这样，他的研究成果还在摇篮时就会遭到扼杀。"历史已经证明：动物身上的重要器官以及动物身体的各种功能如循环、呼吸、消化等，都是现代生理学、现代医学和现代外科必不可少的知识，而这些知识全都来自于在动物身上做的实验。不准用这个方法获取医学知识的人，在道德上应该承担相当大的责任，即使他们不了解这种实验的重要性，他们的责任也不能得到丝毫减轻。



把神经系统的研究推向一个新阶段的是韦伯兄弟。在研究中，韦伯兄弟发现了神经系统的抑制作用，比如说，刺激迷走神经可以使心跳停止。

人体研究与医学

传统上，人类研发的技术主要用于人体以外的世界，如控制环境、进行农业生产、建造城市等。现在，人类已开始将研究重点转向人体本身，医学家及生物学家们正在考虑如何改变人的思想、记忆、新陈代谢、个性及子孙后代的问题，人体自身已开始成为研究的前沿。

1838 年，马格纳斯在呼吸方面又获得了新的研究成果。马格纳斯发现，动脉血和静脉血均含有氧和二氧化碳这两种气体，但它们所含的比例不一样。马格纳斯认为，血液可以溶解气体。但在 1857 年，迈耶尔却提出，氧和二氧化碳这两种气体与血组合，形成的是一种松弛的化合物。伯纳德指出，一氧化碳之所以有毒性作用，是因为它将氧气从红血球的血红蛋白中置换了。因此，血红蛋白失去了作用，再也不能将氧气输送到身体的组织中去了。

1651 年，哈维在《动物的生殖》一书中，开始把胚胎学作为生物学的基础，但真正使生物学获得重大发展的是沃尔弗。沃尔弗出生在柏林，应俄国女皇叶卡捷琳娜的邀请，沃尔弗来到了俄国的圣彼得堡，后来死在那里。在沃尔弗活着的时候，他的研究成果遭到人们的怀疑而被忽视，但在生物学上，沃尔弗则是现代结构理论的创始人。他用显微镜来研究细胞，并详细介绍了从胚子到器官的形成过程。

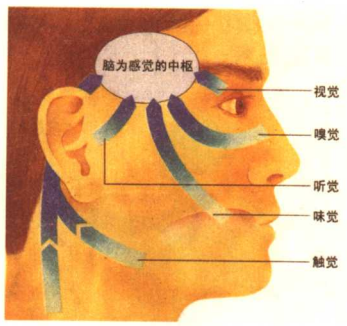
冯·贝尔认为，细胞的增殖和分裂，是所有胚胎在发展中都必须经历的过程，这个认识后来推广到整个动物界；因为，所有动物的发育都是按这个过程进行的。1827 年，冯·贝尔再一次发现了哺乳动物的卵子，由此推翻了过去所说的：每一个卵子都包含着一个完整小动物的说法，可以这样说，是冯·贝尔创立了现代胚胎学。冯·贝尔对梅克尔提出的“个体历史是种族历史的重演”的理论进行了批评，由于梅克尔的理论很早就得到了人们的承认；因此，在 19 世纪末年，进化论的研究者们都热衷于研究胚胎学，他们认为，通过这些研究可以在个体历史中发现某些事实，如果用其他的方法，则会经历无穷的困难才能得到这些事实。

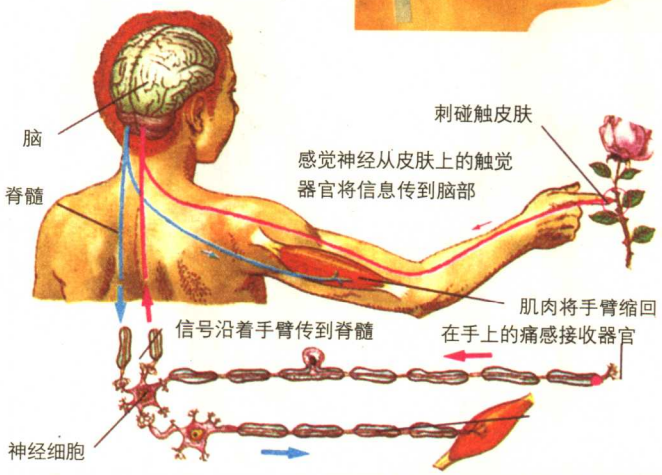
有关生物结构的细胞理论形成于 17 世纪。虎克从显微镜里发现了“小匣或小室”，随后，雷汶胡克、马尔比基和格鲁等人也发现同样的细胞。但取得最大成就则是在 19 世纪初，这个时候，米尔伯、杜特罗会以及他们的追随者奠定了细胞理论的基础，并从有核胚胎中产生的细胞及其分裂过程中，对动、植物组织的形成做了深入的研究。可以说，细胞理论是集体研究的成果。

杜宾根的冯·莫尔通过对细胞内容的认真研究，他把细胞膜内的黏性物叫做原形质。冯·耐格里发现，这种原形质含有氮元素。舒尔茨把他们二人的研究成果进行综合后提出，细胞就是“一团有核的原形质”，舒尔茨提出，原形质就是生命的物质基础。

人类的感觉

人对客观事物的认识是从感觉开始的，它是最简单的认识形式。在人类的感觉器官中，眼睛负责视觉，耳朵负责听觉，鼻子负责嗅觉，舌头上的味蕾负责味觉，脸部及全身皮肤中的感受器官负责触觉。人类的生存依靠感觉器官而存在。





神经反射

反射是人的最基本的神经活动。当人的手指刺痛时，感觉神经将信号传往脊髓，在此它们透过中间神经细胞直接返回肌肉，令中间神经细胞将手指缩回，这便是反射，一种不经思考而作出的自动性反应。

柏林的微耳第一次将细胞理论用于病理组织的研究，由此揭开了医学史上的一个新篇章。微耳在《细胞病理学》一书中提出，病态结构来自于细胞的变化，例如，癌就是因为细胞的病理发育而形成，如果要找到这种病的治疗方法，必须首先控制细胞的活动。

化学的范围不断扩大，与生命变化有关的许多问题现都纳入了化学领域，与此同时，物理学原理在生理学方面的应用也取得了很大的进展。哈维在解释血液循环时提出，血液是通过心脏的机械作用，才流入到动脉和静脉中的。这种说法为生理学研究披上了一层浓厚的自然主义色彩。但在18世纪后半期，人们又普遍采用“活力论”假说，一直到19世纪中期，法国的“超机械力”学派还在受活力论”假说的影响。但自此之后，情况就开始改变，这个改变是由有机化合物的合成和生理学方面的研究成果所引起的，随后，物理学方面的研究成果进一步推动了这个改变。自路德维希在生理学中使用了物理仪器后，迈尔和赫尔姆霍茨也用自己的实验表明，能量守恒原理也同样适用于生物机体。

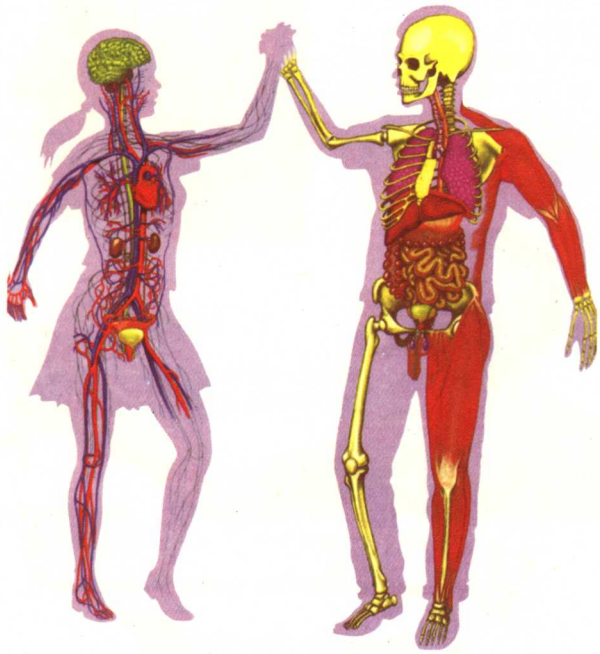


罗伯特·虎克的显微镜

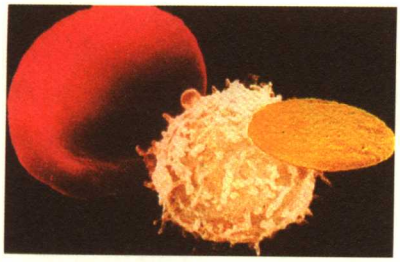
罗伯特·虎克（1635—1703年），英国物理学家，改进及创新出许多仪器，如钟表的摆轮、毛发湿度计、航海仪器、显微镜与望远镜。1678年，虎克首次公布了固体弹性定律，经后人修整作为弹性力学基础的虎克定律。他的《显微图集》首次显示了动植物和矿物的显微结构，并引入了“细胞”一词；该图集中还载有空气薄膜在光照下的彩色环带及其颜色与亮暗的周期变化，表明他是光的波动说创导人之一。图为罗伯特·虎克发明的显微镜。

人体组织和器官

人体的各项组织与器官，基本上是由细胞与支撑细胞的细胞外间质所构成，而细胞外间质主要是由结构性纤维和亲水性物质所组成，它们使人体的组织具有一定的机械强度，并使得人体组织能保有相当的水含量，且具有抗压性。



许多人都认为，迈尔和赫尔姆霍茨的实验结果是完全可能的，没有必要对它去作进一步的证明，因此，直到很多年以后，迈尔和赫尔姆霍茨的实验结果才得到精确的实验证明。李比希说过，动物热不是自然生成的，而是燃烧的一种结果，但这个说法也是在有人把各种食物放在量热器里燃烧并测定其热值以后，才得到证明的。1885年，鲁布纳通过测定，发现蛋白质和糖类的热值是每克4.1卡，脂肪是9.2卡。1899年，阿特沃特和布赖恩特公布了他们在美国进行实验的结果，他们对鲁布纳测定的数字进行了修正，在扣除了食物中不能消化的那一部分后，他们提出，蛋白质和糖类的热值应该是4.0卡，



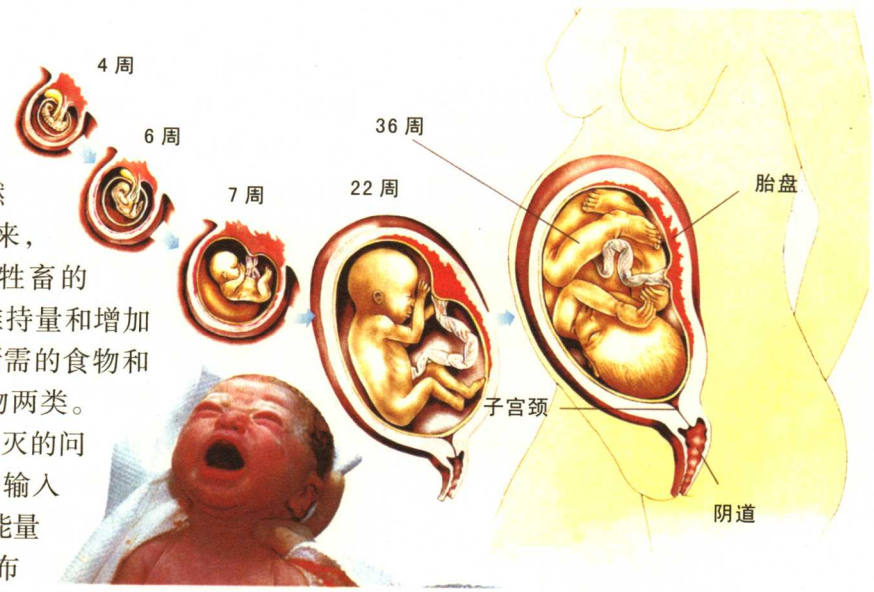
血细胞

血液是维持生命所必须的液体。血液通过心脏的搏动，透过由静脉、动脉和微血管构成的网路流动到达全身。人类血液里可以发现三种形式的血细胞，红血球呈面包圈状，白血球呈圆形，血小板呈碟形。

人类胎儿发育过程

生物学家在研究人类胎儿的发育过程时，惊奇地发现这一过程正是从低等动物到高等动物的进化史。这不由得人们不去相信人类进化理论，有关上帝造人的宗教传说就会被无情地摒弃。但是，真正的信仰是超验的精神状态，实际上并不会因为经验事实的改变而被否定。

脂肪是 8.9 卡。一个从事繁重劳动的人，每日所需食物的燃料值应该是 5500 卡，而不从事体力劳动的人，每日所需食物的燃料值为 2450 卡。近年来，伍德等人通过对农场牲畜的研究，又把食物分为维持量和增加量两类，即动物存活所需的食物和发育与产乳所需的食物两类。



如果要研究能量不灭的问题，就必须对从食物中输入的能量和排泄时输出的能量进行测定。1894 年，鲁布纳对狗身上的输入和支出进行了测量，通过计算，鲁布纳认为，这两个量的误差为 0.47%。1901 年，阿特沃特、罗莎和本尼迪克特用他们在人体上实验的结果证明，能量输入与输出的误差大约为 2‰。脑力活动也需要能量，但需要的数值不会很大。

以上研究基本符合能量守恒的原理，这说明，人体的体力活动，取决于人所摄入的食物的化学能量和热能量。由此，我们可以得出这样一个结论：如果能量的输出总额符合物理定律，那么，它的中间过程也可以用这些定律来描述。从逻辑的角度看，这个结论虽然说不上是十分严密但却非常自然。

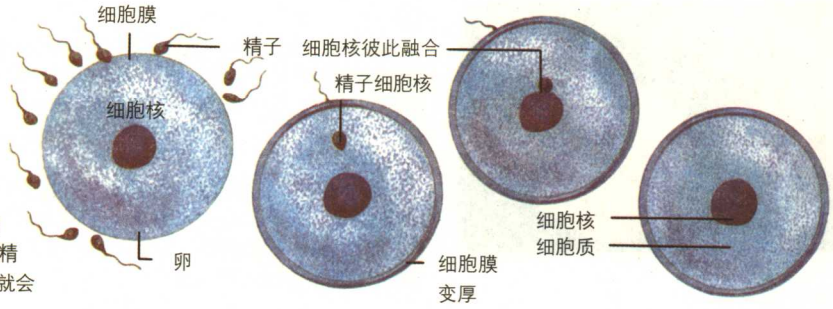
在细胞理论被众多研究者证明以后，这种自然主义思想得到了进一步的发展，并由此推动了对细胞结构与功能的研究。不久，人们就把同胶体物质有关的物理知识应用到生理学上，同时，人们还发现，神经发生作用时电也会出现变化。

事实证明，有许多先天的白痴如克汀病患者，就是因为甲状腺功能衰退而造成的。1884 年，希夫在动物实验中发现，动物食用了甲状腺素后，就可以防止甲状腺病。后来，这个研究结果被应用到人体，这使许多本来会以白痴度过终生的儿童，全部都成长为健康而智慧的人。

由于用科学方法可以解释人体的许多生理问题，因此，在 19 世纪中叶，机械哲学便日益盛行起来。人们认为：生理学不过是“胶体物理学和蛋白质化学”的一种特殊表现形式。不管生理学以及构成生理学基础的心理学和形而上学对这个问题怎样认识，有一点非常重要，

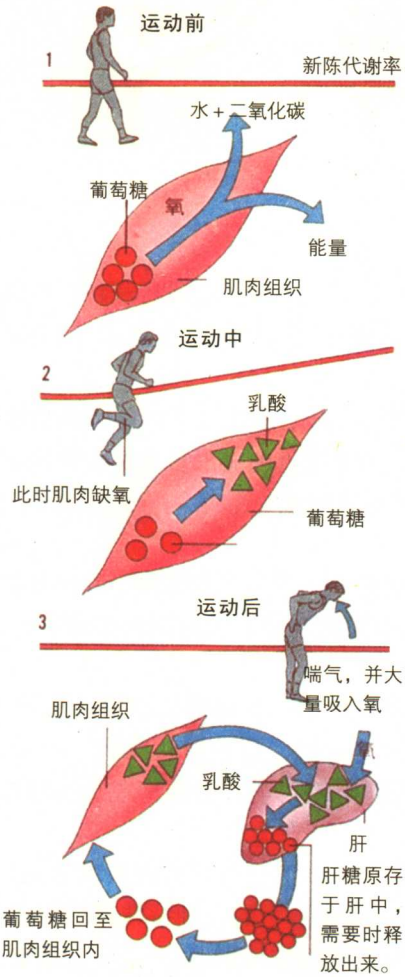
合 子

卵子或卵细胞受精后产生的结合体称为合子，这种单细胞具有来自双亲的遗传基因及形成完整有机体所需要的遗传基因。此图展示了合子的形成过程：两个性细胞（雄性精子和雌性卵子）的细胞核受精结合成合子，一旦精子进入卵中，卵外层的细胞膜就会变厚，以防止更多的精子进入。



乳酸的转换

乳酸为一种无色或略带黄色的液体，我们每天饮用的牛奶或其他凝固的乳制品内部都带有这一物质。图中展示了乳酸转换成葡萄糖的过程：1.在一般运动中，人体肌肉内的葡萄糖可用于提供能量并产生二氧化碳及水；2.在运动过程中，因没有足够的氧气来分解葡萄糖，因此葡萄糖转变为乳酸；3.当血液内有足够的氧气后，乳酸又会转变为肝糖，然后再转换成葡萄糖。



为了推动对自然界的科学研究，我们必须作出这样的假设：在细节上，所有动物的生理过程都是可以认识的。如果要增加新的知识，则必须应用过去确立的那些自然原则，但从当时有限的科学知识来看，物理学和化学的基本原理与定律就是当时自然原则的最终解释。当然，这种分析方法是否能够解决整个动物机体的问题，则是另外一个问题。举例说明，有一种学说提出：人的心灵支配身体，就像音乐家支配乐器一样，而乐器不过是一种物质结构而已。

在19世纪后期，人们开始从对无机化学催化作用的研究，发展到对生物机体的研究。到1878年，有机催化剂和酵素已经在生物化学上占据了非常重要的地位，在这方面作出重大贡献的库恩，给催化剂和酵素起了一个奇特的名字“酶”，酶的希腊文意思是“在酵母内”。酶的特性是：它与机器中的润滑油作用相同，能促进生物的化学反应并提高反应的速度，但酶自己却不加入到生物的化学反应中。酶是一种带有电荷的胶体物质，电荷可能是酶产生功能作用的主要原因。事实上，在1887年，阿累利乌斯也发现了离子的催化作用，比如说，离子在蔗糖中的旋转就是例子。20世纪初，柯尔、米凯利斯和索伦森先后开始研究离子对胶状酶的影响。在有机物的变化过程中，常常需要一些特殊的酶。有一些酶分量极其轻微，只有通过某些特殊反应才能发现它们，也有一些酶可以将其分离出来并进行研究。在酶的种类中，重要的有以下几种：分解淀粉的淀粉酶、分解蛋白质的胃蛋白酶和胰蛋白酶、分解酯类物的脂酶等。在生物体内，酶的作用非常重要，因为，酶是将复杂物体分解成比较简单物体的主要成分，但是，酶的作用是可逆的，它只能在物体已经发生化学变化的进行过程中，加快化学反应的速度。

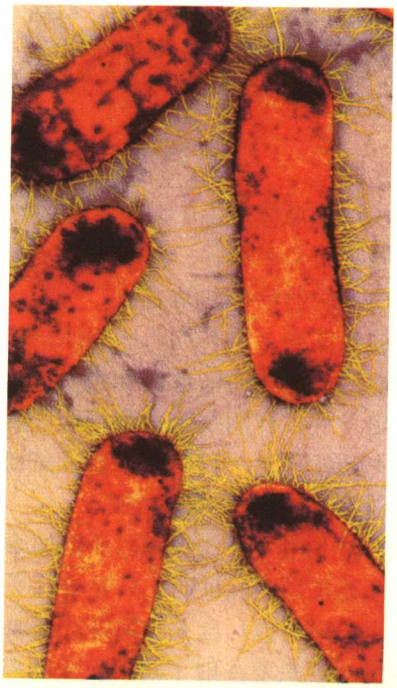
WEISHENGWU YU XIJUNXUE 微生物与细菌学

1882 年，科赫发现了一种新的微生物，结核病就是由这种微生物造成的。科赫的发现，极大地推动了细菌学的发展。

生物学在 19 世纪取得的最大进步之一，就是人们对动植物和人类细菌性疾病认识的提高。由于这种认识可以提高人类控制环境的能力，因此，生物学同其他应用科学一样，十分明显地影响着人们对“人与自然”的认识。大约在 1838 年，德拉托尔和施旺发现，处于发酵过程中的酵母，其实就是一些微小的植物细胞，这些细胞的运动，形成了发酵液体的化学变化。施旺还发现，腐败过程也同发酵过程相似，于是，施旺提出，如果人们用高温的方法将与物体接触的所有活细胞都杀死，并让物体只同经过赤热试管的空气接触，那么，发酵和腐败都不会发生。就这样，施旺证明了发酵和腐败都是因为微生物的活动而造成的。

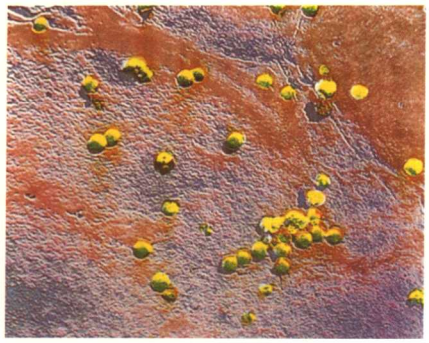
大肠杆菌

这些细菌称为大肠杆菌，它们发生在自然的消化系统中，有些食物中的大肠杆菌能引起呕吐和腹泻。



1855 年后，巴斯德加对施旺的结论作了进一步的发挥。巴斯德加认为，任何一个已知的自然事例，都没有反映出不是事实的真相。因为，细菌的存在，不是通过从外面进入，就是物体内部本来就有细菌。因此，巴斯德加提出，某些疾病如炭疽、鸡霍乱和蚕病等就是由特种微生物而造成的。后来，人们又发现了会产生其他疾病的奇特病菌，并考查了这些病菌的生活史，其中，由这些病菌引起的疾病大多都在人类中流行。

1865 年，利斯特曾听人介绍过巴斯德加的实验，到 1867 年，利斯特已经开始在外科手术中应用巴斯德加的研究成果了。利斯特第一个用石碳酸作防腐剂，后来他发现，最好的防腐方法就是做清洁。随着巴斯德加的研究成果在外科中的广泛应用，加上戴维爵士、莫顿和辛普森爵士等人发明的麻醉剂，外科手术的安全性达到了前所未有的高度。利斯特等人的发现以及在卫生、内科和外科方面所产生的作用，主要表现在城市居民的死亡率大大下降。例如，



发霉的番茄

切开后的番茄暴露在空气中很快就会发霉。这即是说，空气中随时充满病菌及具有传染性的微生物，它们攻击它们可以寄生的任何目标。发霉多半是由各种不同的真菌造成的。



显微镜下的病毒粒子

病毒粒子是指含有几个基因组的病毒粒子。图中电子显微镜拍摄的红外线照片，显示出黄色的病毒粒子和引发普通感冒的病毒非常类似。这一细微的生物体通过电子显微镜被放大了25000倍。

在200年前，伦敦居民每年的死亡率是8%，而在1928年，则降低到1.2%。

1876年，科赫在实验中发现，在炭疽杆菌中，其孢子的抵抗性远远强于杆菌本身。1882年，科赫又发现了一种新的微生物，结核病就是由这种微生物造成的。科赫的发现，极大地推动了细菌学的发展，可以这样说，科赫使细菌学成为了公共卫生与预防医学必不可少的一门学科。科赫发现的这些特殊微生物，一经分离后，便可在明胶或其他媒介物的培养液里自行繁殖，利用这些微生物，人们可以在动物身上测定这些细菌的病理效应。

后来，人们还发现，在一些特定条件下，微生物细胞还会发生某种变化，这是因为微生物细胞中含有一种特殊的酶。1897年，毕希纳将这种特殊的酶从酵母细胞中成功地分离出来。毕希纳认为，这种酶与活的酵母细胞一样，都能产生发酵作用，不过，这种酶在完成反应之后不会发生变化，但这种酶的作用非常重要，因为，单凭这种酶，就足以使生物产生化学反应。

1718年，蒙塔古夫人把天花病的接种方法从君士坦丁堡引入到英国。18世纪末，杰斯提根据他的研究提出，挤奶的姑娘如果患过轻微牛痘，就再也不会被天花感染。为了考证杰斯提的结论，英国乡间医生詹纳在用科学方法研究天花问题发明了种痘的方法。他的方法是：先将病毒置放在小牛的身体中，然后从小牛身体中提取出痘浆并将它注射在人身上，这就是为预防天花病而发明的种痘方法，通过种痘，可以使人减轻或完全避免天花病对人身体的危害。种痘方法开辟了免疫学研究的先河。

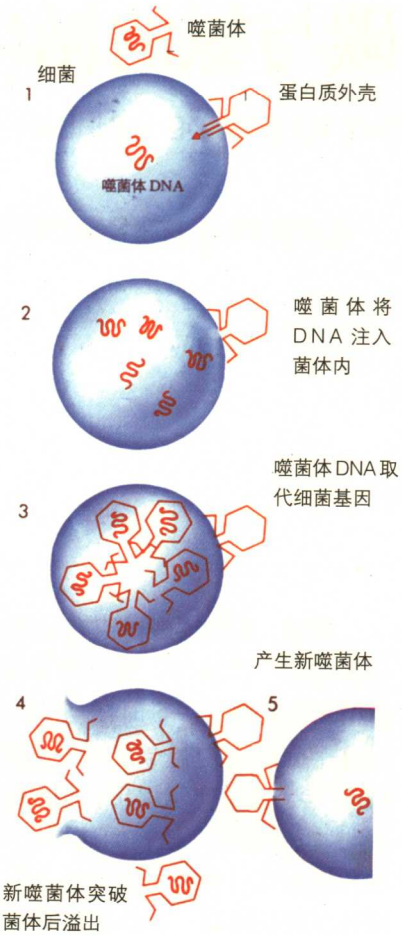
病原体产生于一种有毒的物质即毒素。1876年，詹纳首先在腐败物中发现了毒素这种物质，而十多年后，人们就可以通过对培养液过滤的方法，从细菌中提取毒素，这种毒素对白喉病的治疗非常有效。首先，我们从细菌的培养液中提取出毒素，然后将毒素注射到马的身体中，当马的肌肉组织内产生一种抗毒素后，再从已产生免疫力的马身上抽出血制成血清，这种血清可以让患白喉病的人恢复健康。用这种病菌消毒培养法，我们还可以制造出各种各样的疫苗，利用这些疫苗，可以提高人们对疾病的免疫能力。1884年，梅契尼科夫还发现了一种名叫“食菌细胞”的微生物，这就是白血球，研究结果证明，白血球具有消除病毒性细菌的功能。

伯登·桑德森和巴斯德加等生物学家，把詹纳的毒素原理推广应用于治疗其他疾病。巴斯德加用实验证明，只要注射了用毒素制成的疫苗，就是已经感染了狂犬病或恐水病的患者也可以治愈。自人们用毒素制成防治疾病的疫苗后，狂犬病、恐水病这些以前无法治疗的疾病，现只要注射了防治疾病的疫苗，就可以将死亡率降低到1%左右。

病原微生物的生活史非常复杂，有些病原微生物可以寄生在不同寄主的身体中并分别度过几个生活阶段，只有通过对这些活动物体进行科学的实验和研究，才能对它们的性质做出正确的判断。但有些寄主对寄生在自己体内的微生物没有丝毫的感觉，这给我们研究疾病的来源带来了极大的困难，人类对疟疾传染来源的研究就是一个例子。大约在 1880 年，法国军医拉维兰发现了疟原虫，几年以后，意大利人通过观察发现，人们感染疟疾是由于被蚊虫咬伤所致。后来，曼森和罗斯通过研究发现，在疟蚁类的蚊虫身上有一种寄生虫，这种寄生虫就是疟原虫的幼虫。因此，预防疟疾病的最好方法，就是消灭蚊虫的幼虫，要消灭蚊虫的幼虫，就必须排清沼泽地带的积水，或者在静水的池沼上面覆盖一层油膜，以防止蚊虫的生长。

后来，人们查明，马尔他病或地中海热病也来源于一种微生物，这种微生物寄生在山羊体内，通过羊乳传染给人，但奇怪的是山羊却不生病。人们还发现，黑死病与鼠、跳蚤以及寄生于人体的寄生虫有关。这是病菌通过间接途径传染给人体的又一个事例。人们只有在清楚认识这些病菌的生活史之后，疾病的预防工作才能收到预期的效果。

1893 年，莱夫勒和弗罗施开始对超显微镜的病毒进行研究，在研究中他们发现，患口蹄疫的动物的淋巴液用滤器隔离后，仍然可以传染给其他动物。于是，他们提出，这些病菌不是没有生命的毒质，而是可以繁育生殖的微小机体。至到今天我们都不能断定，那些超显微镜的、可以让动植物身患疾病的病毒，是否就是那种粒子状的细菌。这些细菌，大小与分子相当，因此，有人认为它们是一种非细胞的、有生命的新型物质。



病毒感染

病毒是由一串基因物质，外覆一层蛋白质组成。感染细菌的病毒称噬菌体，它的感染方式是将噬菌体 DNA 注入菌体内。噬菌体 DNA 占据细菌，并利用细菌制造出更多的噬菌体。最后，受感染的细菌破裂，释放出新生的噬菌体，侵犯更多的细菌。

碳与氮的循环过程

TAN YU DAN DE XUNHUAN GUOCHENG

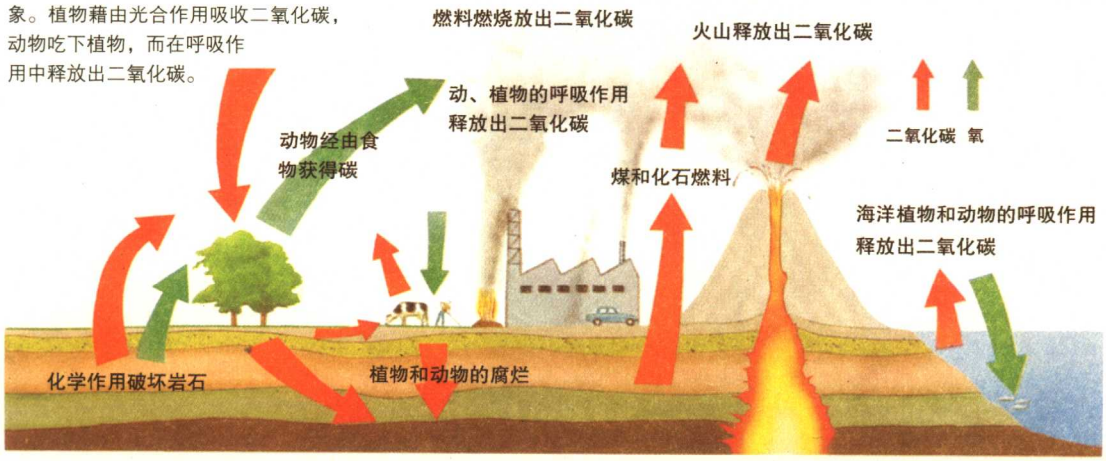
在动植物的生长和腐败过程中，碳元素和氮元素必须经历一个循环的变化过程。

现在，我们再来讨论有关呼吸的问题。拉瓦锡和拉普拉斯提出，动物的生命离不开二氧化碳与水。1774 年，普利斯特列在研究中发现：在被小鼠 “弄坏” 过的空气中，只要把绿色植物在此停放一个时候，这种空气就可以再一次恢复维持生命的功能。1780 年，英根豪茨对这个问题也进行了证明，英根豪茨认为，植物的这种功能只有在日光下才能发生作用。1783 年，塞尼比尔提出，植物的这种化学变化是把 “固定空气” 变成了一种 “脱燃素的空气”，也就是说，植物的这种化学变化把二氧化碳变成了氧。1804 年，德·索热尔还对植物的化学变化过程作了定量的分析。李比希在总结前人研究结果的基础上，对植物的化学变化进行了理论概括：在动植物的生长和腐败过程中，碳元素和氮元素必须经历一个循环的变化过程。

叶绿素是帮助植物增殖的活性物质，它的化学结构及其化学反应都非常复杂，直到现在，人们对它的认识都还有待提高。但叶绿素有一种能力，这种能力是地球上有生命的物体所必需的；就是说，叶绿素能利用日光的能量去分解空气中的二氧化碳并由此释放出氧气，

碳循环

碳循环是大气与动、植物间碳的不断交换现象。植物藉由光合作用吸收二氧化碳，动物吃下植物，而在呼吸作用中释放出二氧化碳。

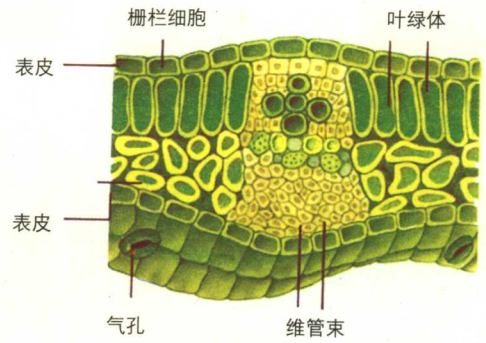


氧气与植物组织中的碳相结合而产生光合作用。根据吸收光谱的显示，叶绿素最大吸收量的位置与太阳光谱中最大能量的位置刚好相合。这样一种手段与目的统一，不管是因为什么原因形成，它都可以说是非常奇妙的。

一些动物以食用植物为生，一些动物则通过食用其他动物维持生命，也就是说，所有动物都依赖于叶绿素所收集到的太阳能量维持生命。通过呼吸，动物将碳化物氧化为有用的衍生物或排泄物，同时，动物还依赖氧化时发出的能量维持体温。植物也能够排放出二氧化碳，不过，在日光中，植物的这种变化隐藏在逆向的反应中。植物和动物都把所吸取的二氧化碳归还给空气，无用的有机化合物则堆积在地上，在被无数的土壤细菌分解后，变成了无害的无机物，而更多的二氧化碳则被排放在空气中，于是，碳的循环也就完成了。

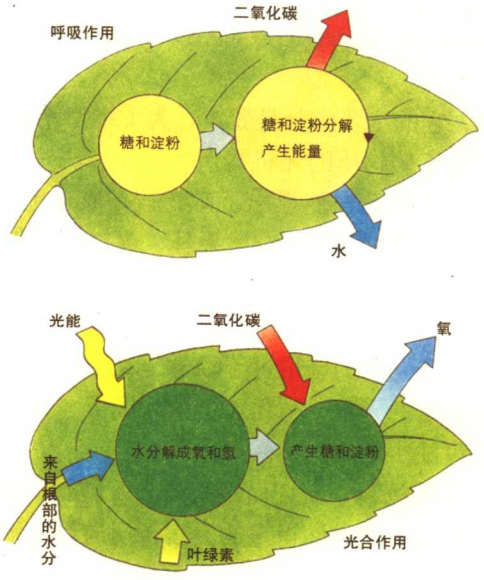
最近，人们又发现了氮的循环，氮的循环与碳的循环比较类式。罗马诗人味吉尔曾在他的《农事诗》中，劝告人们在种麦之前必须种上黄豆、紫云英或羽扇豆，现在，大家都已经知道这种做法的好处。但味吉尔《农事诗》中所蕴涵的道理，是在1888年，由赫尔里奇尔和威尔法斯对此进行专门研究后，人们才弄明白。原来，在豆科植物的根上，瘤藏着一种细菌，这种细菌能把空气中的氮固定在根上，并通过一种化学反应把氮变成蛋白质，然后通过根的吸收把蛋白质输送给植物。1895年，维诺格拉兹基在他的研究中发现：土中的细菌可以直接从空气中得到氮，而这些细菌所需要的能量则来自于死植物的纤维分解。植物中的氮就是来源于这两种情况。

在土壤中细菌的帮助下，一些含氮的废物变成了氨盐，随后又变为硝酸盐，而硝酸盐是植物把氮变成蛋白质的最好来源。土壤是物理、化学和生物的混合



叶绿素

绿色植物利用空气中的二氧化碳、阳光、泥土中的水分及矿物质来制造食物，整个过程名为“光合作用”，而所需的阳光则被叶子内的绿色元素吸收，这一种绿色元素就是叶绿素。叶绿素它是非常重要的一种生命源，没有叶绿素，就没有这个绿色的世界。图为显微镜下的树叶组织的复杂构造。



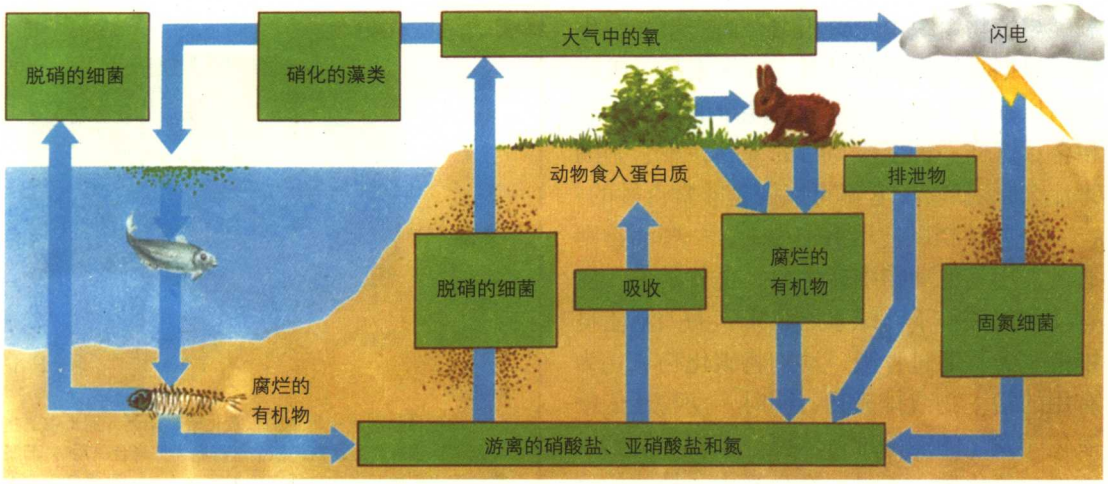
光合作用及呼吸作用

因为有叶绿素，水和二氧化碳得以在光合作用中结合成葡萄糖，来自土壤的水分被根部吸收后到达叶子，二氧化碳则由空气进入叶部，阳光的能量驱动光合作用的程序。呼吸作用则是这一过程的逆转，二氧化碳及水经由叶子释放到空气中。



根瘤菌

有些植物根部会与小的瘤状物共生，这些根瘤中含有能够固定空气中的氮的细菌，它们将氮气转化成氮化合物供植物吸收利用。固氮植物包括三叶草、豌豆等豆科植物。



氮循环过程

自然界的氮元素以分子态、无机结合氮和有机结合氮三种形式存在，大气中含有大量的分子态氮，但绝大多数生物只能够将大气中的氮气转变为硝态氮加以利用，植物只能从土壤中吸收无机态的铵态氮和硝态氮，用来合成氨基酸，再进一步合成各种蛋白质。动物则只能直接或间接利用植物合成的有机氮，经分解为氨基酸后再合成自身的蛋白质。在动物的代谢过程中，一部分蛋白质被分解为氨、尿酸和尿素排出体外，动植物的残体中的有机氮则被微生物转化为无机氮，从而完成生态系统的氮循环。

体，它的主要成分是胶体。为了维持平衡，土壤既需要来自于腐败动植物的有机盐，也需要来自于矿物质的无机盐。

李比希虽然提出了矿物盐在农业上的重要性，但是，他却忽略了氮在农业上的重要作用。19世纪中叶，布散果耳、吉尔伯特和劳斯等人，在罗森斯特德实验站对氮的问题进行了专门的研究，后来，他们的研究成果催生了现在的人工施肥技术。在植物的生命中，氮、磷、钾是必不可缺的元素，但在通常情况下，这些元素的分量都很少，在植物的生长过程中，如果某种元素的分量过于稀少，农作物的收成必定会受到限制。只有按照植物能吸收的方式添加必需的元素，植物才会茁壮成长。另外，其他一些微量元素，如硼、锰、铜等，也是植物不可缺少的。

根据科学研究而得来的人工施肥，让农民在耕作方法上获得了相当大的自由。当人们能够把由农作物而得来的元素再返还给土地并以此来维持土地肥沃性的时候，过去那种轮种和体种的耕作方法就可以得到极大的改变了。

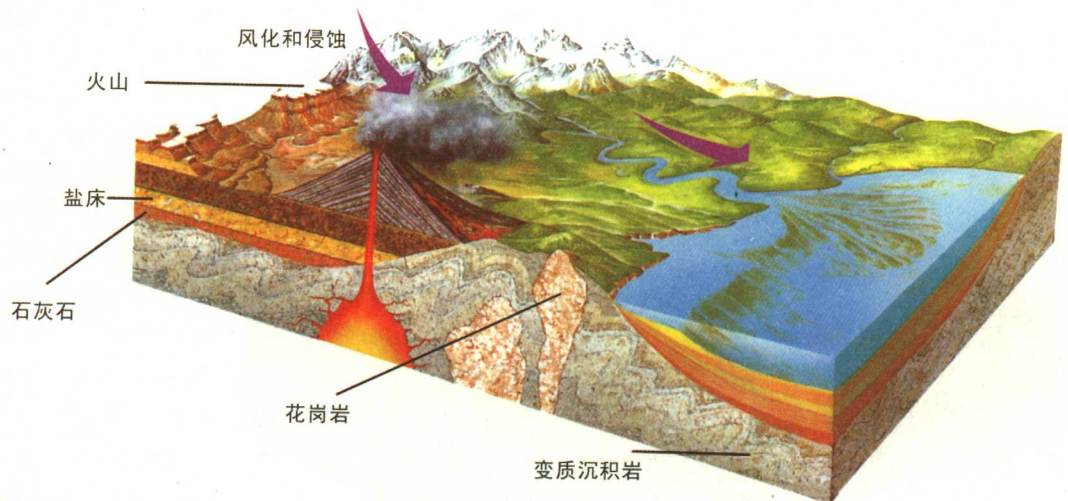
自然地理学与地质学

ZIRAN DILIXUE YU DIZHIXUE

赫顿的“天律不变学说”是现代地质科学的基础，但这种学说被人们接受，则是很多年以后的事。

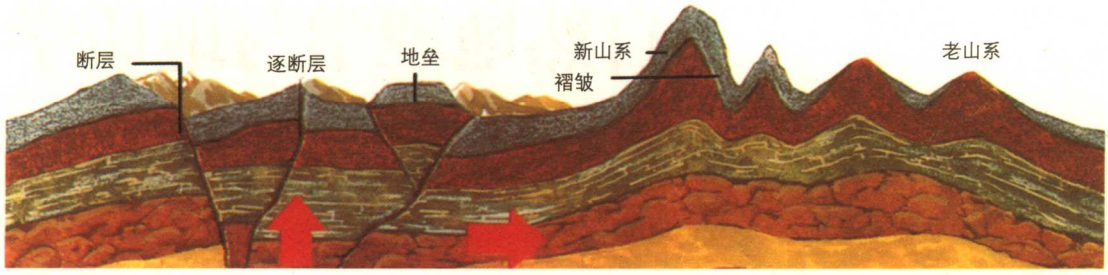
从 18 世纪晚期到 19 世纪，系统的世界探险工作发展迅速，并且，这些探险工作大多都是在科学思想的指导下进行的。1784 年，英国军需部在洪斯洛荒地测定基线时，开始把三角学知识用于测量中。自此之后，由法国地图学家丹维尔首创的那种精密地图和海洋图，就能够被人们大量地绘制出来了。

下面，我们对普鲁士博物学家和旅行家洪堡男爵的经历作个简单介绍。洪堡长期住在巴黎，在那里，洪堡协助盖伊·吕萨克完成了对气体的研究。随后，洪堡又花了 5 年时间到南美洲和墨西哥海湾沿海一带进行探险。根据这次探险旅行的考察结果，洪堡认为，自然地理学和气象学都是精确的科学。洪堡首先发明在地图上描绘出等温线，通过这个方法，可以对各国的气候进行比较。洪堡还攀登过安第斯山脉的琴博腊索山以及其他高峰，并对温度随海拔增高而降低的比率作了仔细的观察。他还对赤道带暴风和大气扰乱的起源进行了研究，在



地球的岩石

岩石是地壳的基本物质，组成岩石的化学元素基本上有氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁 8 种。岩石的种类繁多，形态、结构、颜色各异，但就其成因来说，可以分为组成地壳的基本岩石——岩浆岩、地壳最上部的岩石——沉积岩、以及沉积岩和岩浆岩发生重结晶现象后形成的变质岩三大类。这三类岩石便是地球的骨架。



山脉的形成

地壳的断层和褶皱，导致了地球上五种不同类型的山脉形成——褶皱山脉、穹形山脉、断块山脉、火山山脉和高原山脉。在这些山系中，新山系高耸而呈锯齿状；老山系则因为已受风化和侵蚀作用的破坏，显得较圆滑。

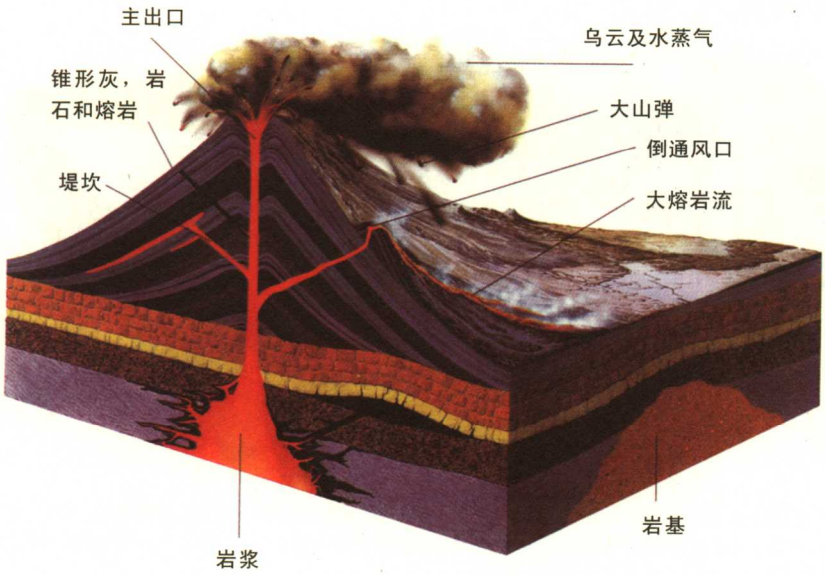
火山的形成

地壳之下100至150千米处，有一个“液态区”，区内存在着高温、高压下含气体挥发的熔状硅酸盐物质，即岩浆。岩浆沿着山脉隆起造成的裂痕上升，当熔岩库里的压力大于岩石顶盖的压力时，便向外迸发成为一座火山。火山在地球上分布很不均匀，它们都出现在地壳中的断裂带。就世界范围而言，火山主要集中在环太平洋一带和印度尼西亚向北经缅甸、喜马拉雅山脉、中亚细亚到地中海一带。

研究火山活动带的地位时，洪堡提出，火山活动带与地壳的裂缝完全吻合。洪堡还对动植物在自然条件影响下的分布情况进行了调查，他还研究了从两极到赤道地磁强度的变化，并用自己发明的“磁暴”一词来描述他所观察到的现象。

洪堡的探险活动激发了人们的冒险精神，这为欧洲各国的科学探险活动产生了极大的推动作用。1831年，英国派出了一艘名叫“贝格尔”号的科学考察船在海上进行了一次远航，这次远航，不但完成了对巴塔哥尼亚和火地的测量，还对智利和秘鲁的海岸以及太平洋沿海的一些岛屿进行了测量。当时宣布，这次远航“完全是出于一种科学的目的”，达尔文曾以“博物学家”的身份，在这艘船上为科学考察服务。

8年以后，著名植物学家胡克爵士的儿子约瑟夫·胡克，加入了由罗斯爵士组织的南极探险队，在探险队里，约瑟夫·胡克花了3年的时间来研究植物。后来，他又参加由政府资助的一个远征队，随这个远征队，约瑟夫·胡克最远到达了印度的北边。1846年，赫胥黎从英国来到了一艘名叫“响尾蛇”号的科学考察船，并在船上做外科医生。在澳大利亚海上考察期间，赫胥黎还做了大量的测量和制图工作。赫胥黎热情活泼，思想锐敏，他时常慨叹，没有机会从事自己感兴趣的科学研究工作。在19世纪的思想革命运动发挥过重大作用的人物中，就有三个曾在科学探险的航行中作过考察。大规模的考察与研究是“挑战者”号的远航。这次远航开始于1872年，在大西洋和太平洋上航行了



几年，这次考察记录了许多有关海洋学、气象学以及自然历史方面的资料。

通过海上航行和考察，海洋学变得日益重要。美国海军部的莫里，对一个半世纪前丹皮尔留下来的有关风和洋流的问题进行了研究，在研究中，莫里将海上航线做了很大的改进。海上有无数的集群生物，这些生物各具形态，但这些生物只有用显微镜才能看见，后来，亨森把这些生物命名为浮游生物和原生动物。在海底，还有各种大小不一的鱼类，这些鱼类的生活迁徙大都以生物为转移；因为，许多鱼群都以生物为饵料。所以，这些鱼类时常追随着生物而游行。

拉普拉斯曾试图提出一个合理的学说来解释太阳系的起源，并希望通过这个问题来激发人们研究太阳系的兴趣，拉普拉斯想告诉人们的是：地球只是太阳系中的一个成员。但在当时，哪怕是在思想最为自由的国家，虽然教皇的权威可以不顾及，但《圣经》内容的权威性则是不容置疑的。当时，除《创世记》外，任何有关地球起源的学说，都必须要经过一番艰苦的斗争后才能得到社会的承认。因此，即使到了 19 世纪中期，还有人一本正经地说，化石是上帝埋藏在地下，用来考验人们信心的。其实我们大家都知道，化石是怎样产生的。



搜集化石

在漫长的地质年代里，地球上曾经的生物死亡后的遗体或是遗留下来的痕迹被泥沙所掩埋，在随后的岁月中，这些生物遗体中的有机质分解殆尽，坚硬的部分与周围的沉积物一起经过石化变成了石头，但它们原来的形态，结构依然保留着，这就被称为化石。化石可以推断出古代动植物的生活情况和环境，可以推断出埋藏化石的地层形成的年代，可以看到生物从古到今的变化。

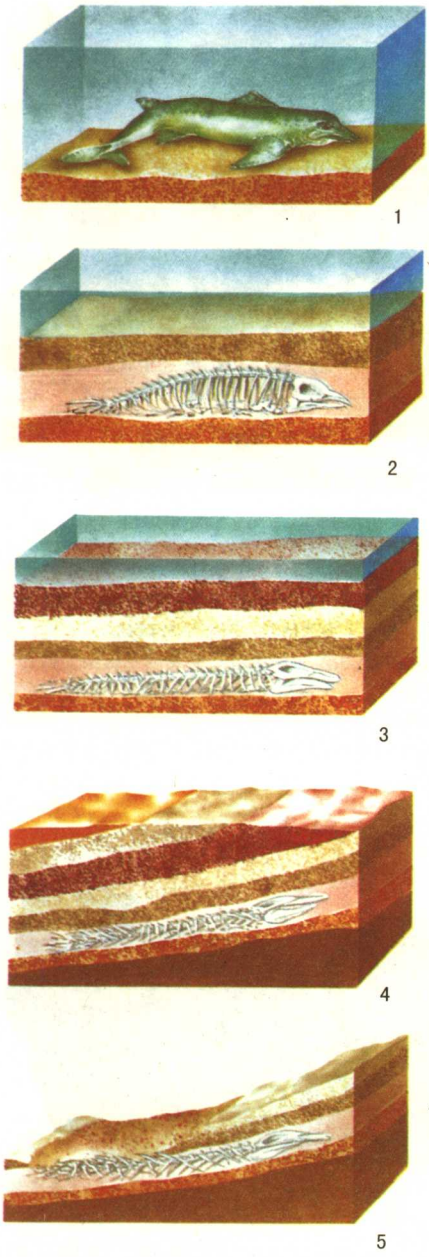


菊石化石

菊石是一种已经灭绝了的软体动物，它们最早出现在古生代泥盆纪初期，繁盛于中生代，广泛分布于世界各地的三叠纪海洋中。菊石化石均产于浅海沉积的地层中，并与许多海生生物化石共生。菊石是划分和对比地层最有效的标准化石，可划分出颇为精准的菊石带。

在很早的时候，人们就已经从开矿的过程中了解到一些有关岩石、金属和矿物的知识。最早获得这方面知识的是一些古希腊哲学家。在15世纪，达·芬奇和帕利西已经认识到，化石是动植物的遗体，但大多数人仍坚持认为，化石是“造物的游戏”，是自然界中一种神秘的“溯形力”。其中，只有个别的研究者如斯坦森提出，人们可以通过化石来探索地球的历史，但斯坦森的观点没有得到大多数人的认可。后来，伍德沃德将大批化石赠给了剑桥大学，这对化石来源于动植物的说法提供了许多有价值的证据。1674 年，佩劳尔提出，利用地上的雨量，就足以解释泉水和河流的来源。盖塔尔则介绍了风化怎样使地球改变面貌。尽管佩劳尔和盖塔尔说的都是事实，但为了附合《圣经》开辟天地时有洪水或大火的说法，所以依然有人对这些事实进行曲解，于是，便形成了水成派和火成派的争论。

为了同那些荒谬观点进行系统的斗争，1785 年，赫顿发表了《地球论》一书。这次论



化石的形成

图中展示了海洋生物死亡后形成化石的过程。1：海洋生物死亡后，其遗骸堆积在海底；2：随着时间的流逝，它被海底的沉积物——泥浆和海沙覆盖，渐渐地，生物的肉体开始腐烂，只留下坚硬的骨骼；3：由于海底沉积物的堆积，骨骼与包围在周围的沉积物一起经过石化变成石头，但它们原有的形态、结构依然得到保留；4：地球运动与海平面下降掀起海底的岩层；5：再经过漫长的时间演变，暴露于空气中的岩层上部慢慢被磨损，于是便显露出化石的骨骼。

争，是对自然过程的再一次认识，它为科学的发展铺平了前进的道路。赫顿为了对他的柏韦克郡农场进行改进，他先在诺尔福克研究本国农业，然后又到荷兰、比利时和法国去学习外国的农业方法，赫顿将人们所熟悉的沟、坑、河床等精心研究了14年。因此，当赫顿回到爱丁堡后，便提出了“天律不变学说”，并以此奠定了现代地质科学的基础。赫顿认为，如今，在海、河、湖沼等地方，岩石的层化和化石的埋藏仍在发生。为此，赫顿提出：“凡是不属于地球固有因素的一律不能使用，凡是不了解其原理和作用的一律不予承认”。赫顿的断定是一句真正的科学格言，因为，它要求在科学上，必须避免那些不必要的假设。

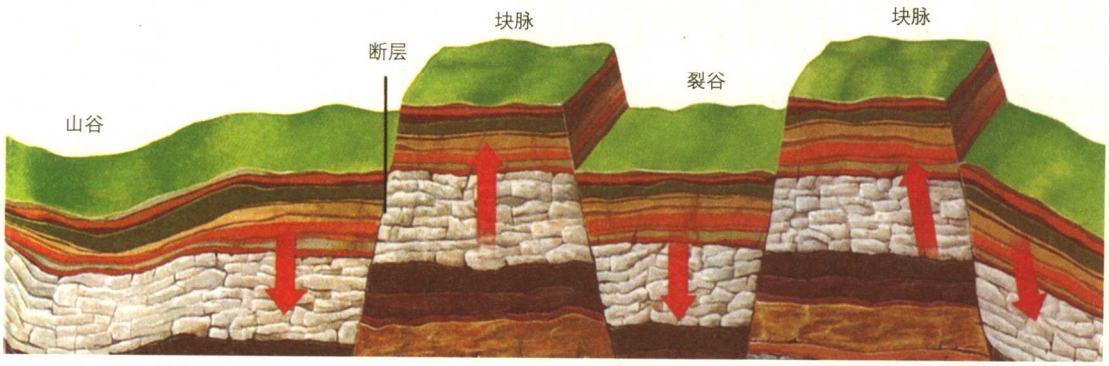
赫顿的“天律不变学说”是现代地质科学的基础，但这种学说被人们接受，则是很多年以后的事。具体来说，是在沃纳提出了地质岩层是以某种规律性相继出现以后，是在斯密斯根据化石的客藏推算出了岩层的相对年龄以后，是在居维叶根据化石与骨骼、重新复制出早已绝迹的哺乳动物以后，是在拉马克把今天的介壳与化石的介壳进行分类以后，是在赖尔爵士把水、火山、地震等至今仍在改变地球的证据以及与化石有关的事实，都收集在他的《地质学原理》一书以后，赫顿的“天律不变学说”才得到社会的普遍认同。于是，长期探索所积累的知识第一次被人类充分利用，人们发现，根据岩石现在仍在发生的自然作用去进行分析研究，可以推算出地球的历史，或者至少可以推算出地球上有生物的那一段时期的历史。

化石的生态表明，生命在各个确定的时期中曾发生过很大的改变，这与阿加西斯和巴克兰德在1840年收集到的有关冰河作用的地质证据是吻合的。



沃克氏重爪龙　化石

“沃克氏重爪龙”发现于英国萨里郡，原意为坚实的利爪。这只有趣的恐龙可能是以鱼为主食，因为在它胃部发现有鱼鳞的化石。沃克氏重爪龙的牙齿和上、下颚与鳄类极为相似，它可能生活在水边，或者潜入浅水中，用它可怕的利爪来捕食鱼类。



地表断层

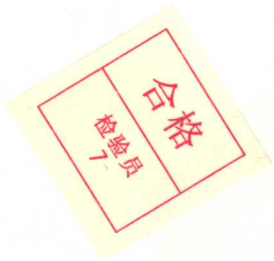
地壳岩层因受力达到一定强度而发生破裂，并沿破裂面有明显相对移动的构造称断层。断层是构造运动中广泛发育的构造形态，它破坏了岩层的连续性和完整性。在断层带上往往岩石破碎，易被风化侵蚀。沿断层线的常常发展为沟壑，有时出现泉或湖泊。



梁龙头骨化石

梁龙属龙脚类，草食性恐龙，生活在距今约一亿四千五百万年前的侏罗纪时期，全长 27 米，是有史以来陆地上最长的动物，它那又细又长的尾巴占其长度的很大部分。由于身材瘦长，体重大概只有 9 吨左右。

人类的起源问题和寿命问题是人类特别感兴趣的问题。由于原始石器的发现，赖尔才能够在 1863 年确定人类在生物中的地位。赖尔认为，人类在地球上存在的历史要比《圣经》所说的年代要漫长得多。根据我们现有的证据，人类的祖先摆脱原始状态而成为真正意义的人，大约是在距今百万至千万年之间，而人类进入文明社会只有五六千年的历史。



达尔文与物种起源

DAERWEN YU WUZHONG QIYUAN

达尔文在1844年就已经认识到，物种并不是一成不变，自然选择是物种起源的主要原因。

查理·达尔文是乡间医生罗伯特·达尔文的儿子，达尔文的父亲罗伯特·达尔文聪明能干且资产殷实，达尔文的外祖父约瑟亚·韦奇伍德是埃鲁里亚的一个陶工，也是一位充满睿智的人。达尔文族是林肯郡的地主世家，青年时代，查理·达尔文在爱丁堡攻读医学。后来，又到剑桥大学基督学院学神学。达尔文曾在“贝格尔”号船上做过博物学家，在南美海洋上航行了5年，使达尔文得到了最好的训练。在南美热带和亚热带地区，风景优美、生物繁茂，达尔文记载了许多有关生物互相依存的情况。从海上归来后不到一年，达尔文便开始着手整理资料，15个月之后，在读马尔萨斯的书时，达尔文受到启发，于是，一个有关物种起源的学说便产生了。

属于同一个种族中的不同个体，其天赋的性能则各不相同，对这些变异的原因，达尔文没有提出新的看法，他把这种变异作为事实来接受。达尔文提出，在生物的发展和进化过程



达尔文与蚯蚓　　漫画

1881年，晚年的达尔文出版了他的最后一篇著作《经过蚯蚓作用的土壤的形成》。他以生动有趣的风格探讨了蚯蚓的生活习性。该书一上市就受到了强烈欢迎，图为发表在《笨拙》周刊上的漫画，达尔文坐在书与铁锹之间，一条蚯蚓从他的脑袋里长出，并弯成一个大大的问号。

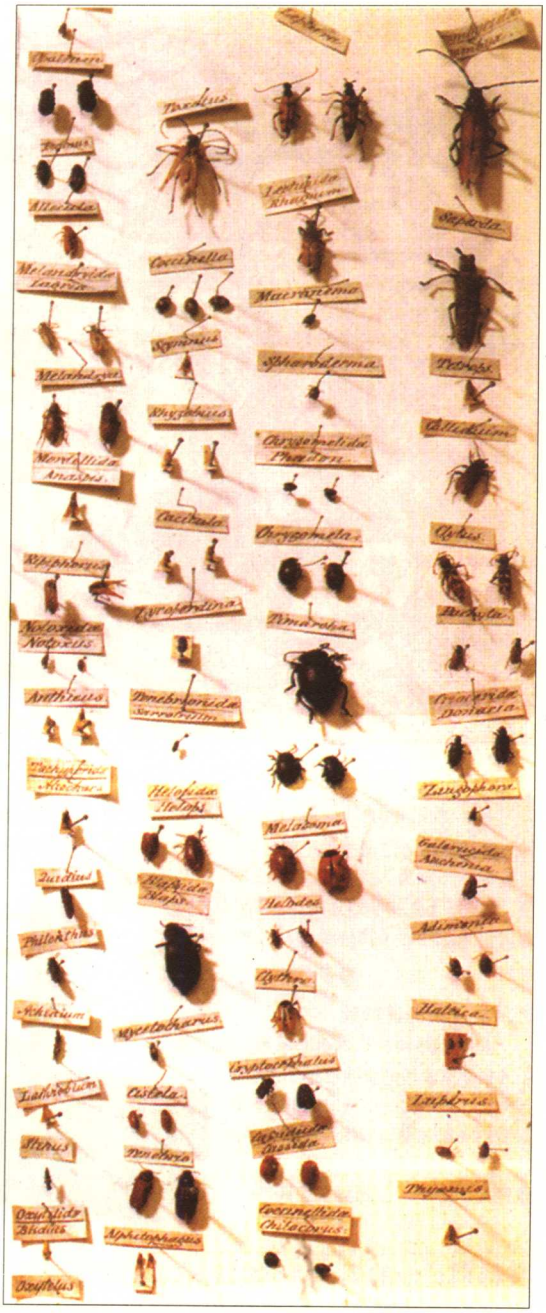


达尔文与甲虫　　艾伯特·韦

对甲虫、矿石、植物的搜集，是达尔文毕生的爱好。尽管他行医的父亲十分不满他在房间里塞满各种各样的虫子。此图由他的同学艾伯特·韦所描绘。图中的达尔文正骑在一只甲虫的背上，手里正拿着一个捕虫网，幽默地揭示了达尔文对自然的热爱。

中，为争取生存和争夺配偶，生物那些有用的性能全都具有“生存价值”。如果某一个体的这种性能占有优势，它就有更多的机会延长生命或得到配偶，同时，这种个体的后裔还能继承这一有益的变异性并能战胜其他生物，而不具有这种性能的个体将被逐渐淘汰。生物个体的这一特殊性将会扩大到全种族，随着种族的改变，一个新的永久性的种别就会逐渐地确立起来。这是一个完全崭新的观念，这个新观念在思想史上有着非常重要的意义。对这个新观念，赫胥黎的阐释非常精辟，凭着自己的演讲天才、辩论技巧和勇气，在促使人们接受达尔文和华莱士的学说方面，赫胥黎做的工作比任何人都多。赫胥黎说：“新种可以通过个体的变异、经过环境的选择而形成的说法，在1858年以前，对历史学家和生物学家来说，都是闻所未闻的。我们之所以把这种变异称为‘自然发生’，是因为我们不知道这种变异的根本原因。但个体变异是《物种起源》的中心思想，这个思想体现了达尔文主义的精髓。”

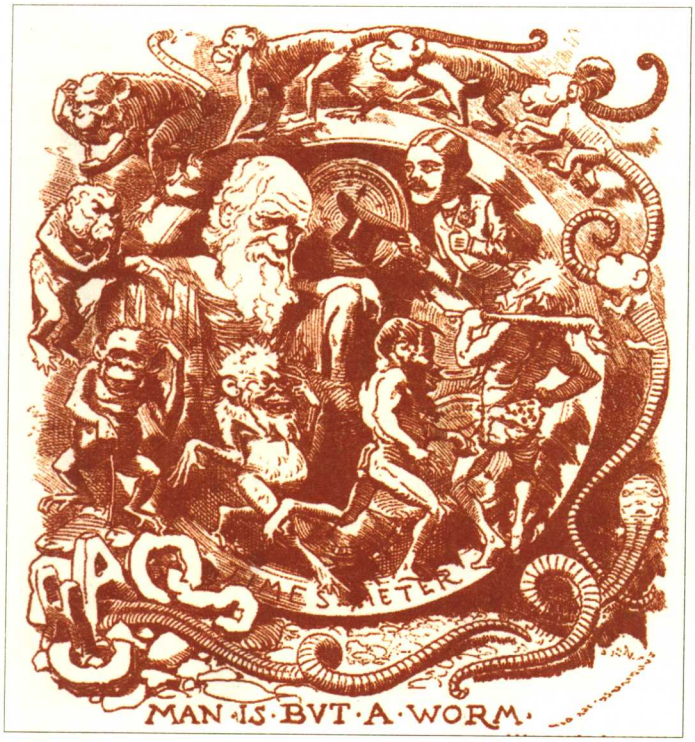
达尔文把个体变异作为一种假设，他花了20年的功夫来搜集事实和做实验。达尔文博览群书，他阅读了旅行游记、自然历史、园艺种植和家畜培养等各个方面的书籍。他还作过家鸽交配的实验，并对种子的传播、动植物在地质和地理上的分布也进行了研究。在一大堆复杂问题中摸排出事实真相方面 达尔文表现出了他的超人本领。达尔文的诚挚坦率，对真理的追求以及心境的平和与公正，都是理想博物学家的典范。为了指导工作，达尔文作了许多假设，但是，他绝不会让那些先入之见蒙蔽事实真相。达尔文说过：“我力图保持心无拘束，大胆假设。但是，只要证明是与事实不合的假设，我可以立刻放弃。”



达尔文收集的甲虫

在自然界里，昆虫的种类不计其数。达尔文凭着他对昆虫的爱好，收集了许多种类的昆虫标本。他的父亲常斥责他“只会往房间里塞满各种各样的死虫子”。但是，这种斥责并未曾影响他对甲虫收集的兴趣。图为列好明细的昆虫标本。

达尔文在1844年就已经认识到，物种并不是一成不变的。自然选择是物种起源的主要原因，但是，为了得到更多真实可靠的证据，达尔文仍是年复一年地继续工作。1856年，赖尔敦促达尔文尽快发表他的研究结果，但达尔文觉得自己的研究结果还不完满，便没有采纳赖尔的意见。1858年6月18日，华莱士从特尔纳特给达尔文寄来了一篇论文。这篇论文是华莱士在读了马尔萨斯的书后花3天时间写成的，达尔文发现，华莱士的论文夹杂着自己的



达尔文及《物种起源》

超人思想的来源有一种最流行的看法，认为是达尔文物种进化之说的延伸。其实这两者是毫不相干的，达尔文所注重的，乃是人种的起源，而尼采所重视的，则为人类的未来，超人说是基于文化价值，而非基于生物学的立场，这是最本质的差异。图为达尔文及他的《物种起源》一书的封面。



达尔文使用的显微镜

显微镜是科学工作者必不可少的工具。许多有名的科学家使用的显微镜都十分高级且昂贵。达尔文是个极节俭的人，在富裕的晚年时期仍旧使用他那绰号为“简单”的显微镜。他一直认为，此显微镜是他必不可少的科学工具。

一些理论要点。但达尔文不愿意去争夺自己用20年时间取得的优先发表权，尽管这是他应得的权利，达尔文认为，争夺的结果将会使华莱士的贡献失去意义，因此，达尔文只是把事实真相告诉了赖尔和胡克两人。赖尔和胡克同林耐学会商议后，便在1858年7月1日，将华莱士的论文和达尔文于1857年写给阿萨·格雷的一封信，以及达尔文在1844年所写的理论提要一并发表。

随后，达尔文便开始他的写作，他把自己多年的研究结果进行了概括总结。在1859年11月24日，达尔文发表了他的著作，他把这本书命名为《物种起源》。

前面，我们已经对进化思想的各个支流，即宇宙理论的、解剖学的，地质学的和哲学的等都作了探讨。这些支流，虽然被那些物种不变的思想偏见阻挡在堰闸后面，但在它们越聚越深，而达尔文所搜集的自然选择证据就像一股巨大的洪流，这股洪流以不可阻挡之势将堰闸冲破，于是，汹涌的洪水咆哮而出，并在整个思想领域中泛滥。随着时间的推移，我们的认识也不断提高，现在，我们已经发现，达尔文特别是他的门徒都同以前的希腊原子论者一样，他们都低估了生命问题的复杂性。分析形态学和古生物学的研究成果，尽管它们的进化过程非常明显，但在《物种起源》中，却没有这些进化过程的详细情节。也就是说，单凭自然选择，似乎还不能对生物的进化过程作出充分的解释。但是，我们不能以此来削弱达尔文学说在历史上的重要意义。从现代科学的角度看，达尔文的证明也许是不充分的，但在当时，达尔文的假设则是必不可少的。达尔文的自然选择观念，引导人们接受了一个更加重要的新思想，这就是——有机进化论。

当初，有人认为，接受这个理论，就需要把人类在哲学上和宗教上的各种重要成果全部推翻，如果这样，那摧毁的东西就未免太多了。对当时广泛流行的这种心理状态，我们不能妄加评论。现在，进化论思想已经成为我们科学研究中的一个重要学术观点，但在当时，我们很难想象进化论到底具有什么样的时代意义，也很难想象，当进化论的证据摆在世人眼前

时，又有多少人能对这种证据的价值作出正确的判断。这些证据全部都是对活着的生物和化石遗迹进行详细考查后得来的，一般人对此是不熟悉的，事实上，大多数人根本就没有听说过。现在，当进化论摆在他们面前并迫使他们作出抉择：要么否认进化论，要么抛弃祖先传下来的信仰。因此，在责备他们以前，让我们扪心自问：从事物的表面看，究竟是蛙和孔雀、鲑鱼和蜂鸟、象和小鼠有共同的祖先的说法容易让人相信呢？还是它们是被分别创造出来的说法容易让人相信。话虽如此，但向来喜爱郊野和动植物的英国人，只要对达尔文提出的证据能表示理解的，都愿意接受进化论。

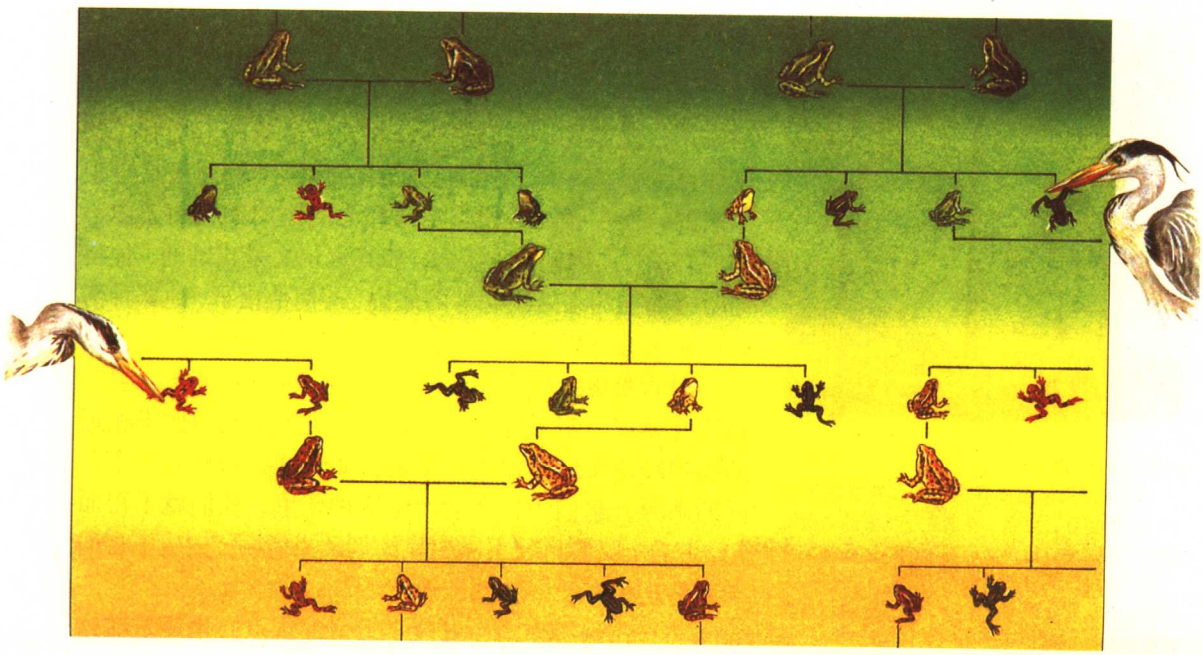
但是，有许多人包括某些博物学家仍对这个新观念怀有抵触情绪。在《爱丁堡评论》刊物上，大解剖学家欧文爵士就发表过措词激烈的反驳文章，欧文爵士的许多同事也附和他的意见。但是，胡克马上发表文章，表示赞同达尔文的意见，随后，赫胥黎、格雷、拉伯克和卡本特尔也相继表示赞同达尔文的意见。1864 年秋天，赖尔在皇家学会的聚餐会上公开宣布，他接受达尔文的观点。

从这场论争一开始，赫胥黎就是进化论阵营的主将，他把自己比喻为“达尔文的看家狗”。凭着过人的才能和极大的勇气、面对来自于各个方面对达尔文《物种起源》展开的攻击，赫胥黎总是冲在最前面，并时时带头对狼狈的敌人展开成功的反击。

1825 年，赫胥黎出生在伊林，但他的祖宗则居住在考文垂和韦尔斯的沼泽地区，所以，在赫胥黎身上，遗传着边境民族的斗争气质。赫胥黎告诉我们说：对于当时的科学家来说，《物种起源》的出版，就像黑暗中出现了一道电光。

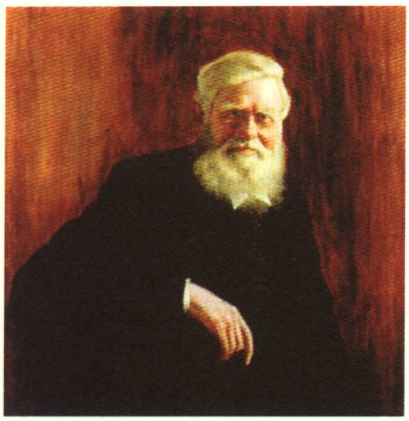
他在自己的著作中写到：

“我们不愿相信各种各样的空想，我们要抓住与事实相符的概念。《物种起源》为我们的工作作了必要的假设，并



青蛙的进化过程示意图

草枯死了，环境逐渐变化了，这时绿青蛙在沙地上就显得很明显，猎食者就把他们吃掉。因此，后来的各代青蛙就逐渐从以绿色为主变为以黄色为主，一个新的品种就进化出来了。可以想象，一些绿色青蛙在绿色的环境里生长、繁殖，绿色是父母遗传给他们的，在草丛里，它们有很好的伪装，猎食者没有发现它们。这种绿色是为生存而对环境的一种适应。少数小青蛙，由于变异而呈现别的颜色，猎食者就很容易在草丛中发现它们，所以，很快就被吃掉了——这就是自然淘汰。



拉塞尔·华莱士

跟达尔文一样，华莱士也观察到生物的地理分布特点，并思考了生物进化的问题。出身贫寒，又极其反对基督教的华莱士，没有达尔文作为上层社会人士的种种顾虑，因此以一股初生牛犊不怕虎的劲头，用3天时间写就了一篇论证自然选择的论文，并寄给达尔文征求意见。当达尔文读了华莱士的论文，第一个念头，是压下自己的成果，而让华莱士独享殊荣。最后，达尔文把自己的手稿压缩成一篇论文，和华莱士的论文同时发表在1859年林耐学会的学报上，但这两篇论文并没有引起多大的反响。随后，达尔文又发表了《物种起源》，这才掀起了轩然大波，并征服了科学界。



大自然的欲望

物竞天择是自然界的宗旨，在优胜劣汰中，唯有更好、更强、更适应于发展的动植物才会生存下来。达尔文在环游世界之后，发现了这一真理。物竞天择就是为了整个大自然的和谐共存。图为一幅和谐的人类、动物、植物共同并存的画面。

且，它还有一个非常重要的作用，那就是它使我们摆脱了一个进退两难的处境。如果你承认上帝创造世界的假设，那么，你又能提出什么学说，能够让所有小心谨慎的人都能接受呢？在1857年，我不能回答这个问题，我相信，世上也没有什么人能够回答这个问题。但在一年之后，我们就开始责备自己了：居然被这样的问题所难倒，真是太愚蠢了。我记得，当我捕捉到《物种起源》的中心思想时，我的感想是‘真笨，居然连这个都没有想到！’”

1860年，在英国科学协会牛津会议中，赫胥黎同威尔伯福斯主教展开了一场激烈的争论，后来，人们常常引述这场影响深远的争论。青年时代，威尔伯福斯曾在牛津数学院获得过头等奖，威尔伯福斯所在的大学认为，威尔伯福斯对自然知识的各个科目无不精通，所以，决定选他来维护正统的教义。但这位主教对进化论问题并没有真正的了解，他企图用讥笑的方式来摧毁进化论观念。赫胥黎对威尔伯福斯的论点进行辩驳之后，对他的愚昧，更是给予了严厉的抨击。在这场论争中，拉伯克也就是后来的艾夫伯里勋爵，也提供了胚胎学上的进化证据。

当辩论和讥评都不能阻挡达尔文学说传播的时候，达尔文的对手就采取了另外的手段，他们散布说，进化论学说并不是达尔文的创见。但对这个问题最有裁判资格的人却提出了不同的意见。牛津会议之后两年，赫胥黎在写给赖尔的信中说道：

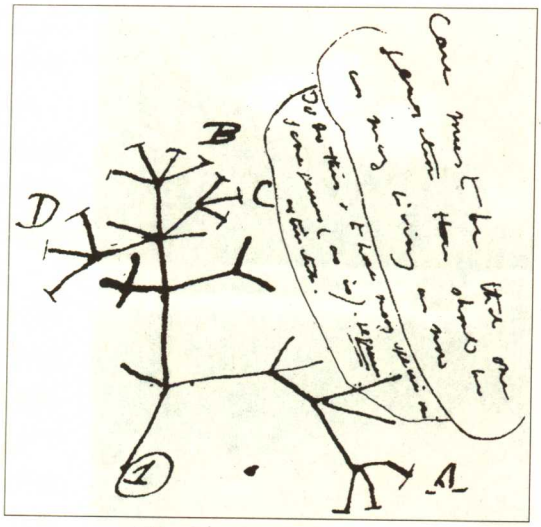
如果达尔文的自然选择说是正确的，那么，这个“真实因”的发现，就将使达尔文处在一个与他的先辈完全不同的地位上。我不可以说达尔文的理论是对拉马克理论的修正，就像我不可以说牛顿的天体运动理论是对托勒密体系的修正一样。托勒密解释天体运动的办法是空想出来的，而牛顿却是根据定律和力的作用来证明天体运动的必然性。因此，我认为，如其达尔文是正确的，他将与哈维那样的人处于同等的地位，即使他错了，他那种清醒而精确的思想也是拉马克望尘莫及的。

赫胥黎也指出了在证据方面存在的一个缺陷。例如，积累变异观忽略了这样一个事实：血缘不同但血缘相近的物种经杂交后往往生殖不蕃。如果这些物种有一个共同的来源，它们为什么会产生这种现象，我们就不得而知，并且，我们也找不出明显的例证来说明：生殖不蕃的杂交种是在实验中培育出来的。

将自然选择作为主要决定力量的观点，也就是在这

一点上最有问题。“适者生存”用来说明进化的轮廓是可以的，但用来说明种的差异就行不通了。达尔文的进化论告诉我们：不管哪一个物种，如果要生存，就必须在自然条件下繁盛起来。但是，没有人可以说出，在事实上，我们所说的种的差异怎样才能使物种繁盛起来。

赫胥黎虽然发现了这个问题，但在当时，还没有人意识到这个问题的严重性。人们认为，只要去做进一步的研究，这个问题就会迎刃而解，一直到 20 世纪，当人们大规模地进行科学育种实验时，才意识到这个问题的重要性。当时的生物学家，在刚听到进化思想时感到震惊，当震惊感消除之后，他们也接受了进化论，并且认为，自然选择的证据是真实而充足的。



种类分析草图

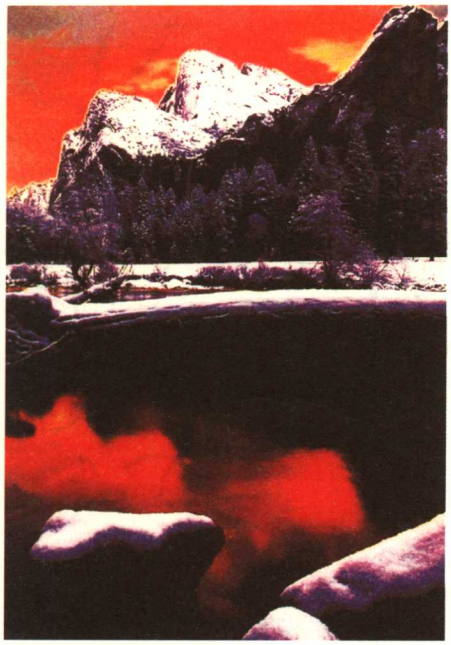
1877 年，达尔文发表了《儿童生理概述》，这是一部通过日常对婴儿的行为反应和表情来进行研究的论文。这部作品的原由是因为他刚刚喜获长子威廉，正是孩子天真无邪的表情引起了他浓厚的兴趣。图为 1837 年画的种类分析草图。

微耳和是大陆上最著名的人种学家，而他并没有接受达尔文的理论。但是，进化论在德国受到了热烈的欢迎。海克尔同另外的博物学家以及追随他们的条顿哲学家和政论家一起，创立了达尔文主义，他们的许多信徒，甚至比达尔文还要更加达尔文。

但是，达尔文在研究变异和遗传时所采用的观察实验方法，陷入了一种停滞的状态。人们已经认可，自然选择是进化和物种来源的根本原因。达尔文主义不再是早期的一种科学学说，它已经成为了一种哲学，甚至成为了一种宗教。实验生物学开始把人们的注意力转向形态学和比较胚胎学，其中，特别引人注意的是鲍尔弗与赫特维希创立的形态学和比较胚胎学。梅克尔提出了一个假说，海克尔对这个假说作了进一步的发挥，这个假说认为：个体的发育追随种族的历史并表现种族的历史。这样，就给胚胎学赋予了进化意义，而那种迟缓而费力的研究方法更是被人们所淡忘。

博物学家在田野里系统地研究动物和植物，育种家在园圃的农场里不断地培育新的植物和动物，他们希望通过自己的努力工作，来扩大他们对物种和品种的认识范围。博物学家和育种家认为，物种的界限依然是分明的，新种不是通过人们感觉不到的逐渐变化而形成，而是由一种突变而形成的，并且，变化刚一开始就形成了纯粹的种。但是，呆在实验室的形态学家并不去征求这些实际生产者的意见，对他们的实践经验也没有引起足够的重视。贝特森这样说过：“19 世纪 80 年代的进化论者，曾用非常肯定的语气说，物种只是分类学家的一种虚构，不值得人们去注意。”但到 90 年代，那些在实验室工作的生物学家，则又重新转回去研究变异和遗传问题。这些生物学家，分别以德·弗里斯和英国的贝特森为代表。

达尔文虽然坚信自然选择是进化的重要原因，但他对拉马克所说的用进废退而获得的特性可以遗传的说法，并没有采取排斥的态度。在当时，人们手中所掌握的证据还不能回答这个问题。但在 19 世纪末，开始在这个问题上打开了突破口。韦斯曼提出，身体细胞与身体内的生殖细胞截然不同，身体细胞只能产生和自己相同的细胞，而生殖细胞不但可以产生于新个体，而且还可以产生身体内所有的细胞。因此，组成生殖细胞的单元必须具备足够的数



内华达山 摄影 当代

在约5亿年前，内华达山脉还悬浮在远古海洋的下面。海洋动物的骨骼、植物的遗迹、河水带来的不明来源的物质毫无次序地罗列在这里。这些沉淀物存积在好几千米深的古代海洋地表上。在高压的作用下，较底层的沉淀物压缩成为岩石。



瓢 虫 摄影 当代

瓢虫为鞘翅目，瓢虫科。瓢虫的体长为1至15毫米，它的幼生期生活史很短。常见种类有：二星瓢虫、七星瓢虫、异色瓢虫、龟纹瓢虫、十二星瓢虫、十三星瓢虫、赤星瓢虫、大红瓢虫等。在街边、庭院常常可以看到瓢虫美丽的身影，农田、果园和森林中更为丰富。瓢虫还有一套“伪装”的“技巧”，当遇到强敌感到危险时，就赶快从树上落到地面，把它那三对细脚收缩在肚子底下，“装死躺下”以此瞒过敌人。

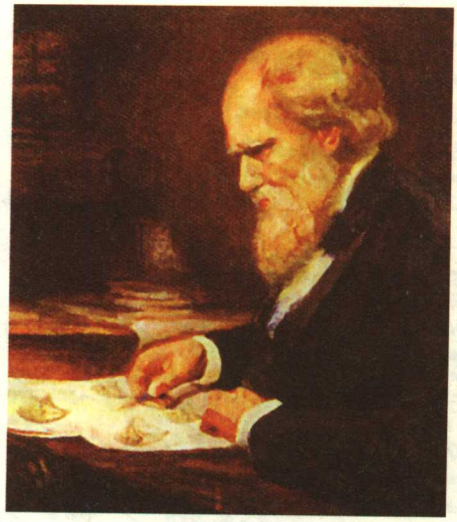
量，在种类上和排列上也必须要有明显的差别，并以此来形成自然界中的无数机体。生殖细胞通过细胞质一脉单传而复制出生殖细胞，由于身体细胞来源于生殖细胞。因此，每一个体的身体，都是亲体生殖细胞的副产品，它死后可以不留下后代。起延续作用的是细胞质，它通过细胞产生细胞，从不间断。

根据韦斯曼的分析，身体所遭受的改变，不会影响到生殖细胞的产物，这就像一个人的叔父身上发生的改变，对他本人不会产生影响一样。身体中的生殖细胞可能会遭到损害，但它的性质却不会发生改变。于是，韦斯曼开始对后天获得的遗传性质的证据进行研究，韦斯曼认为，所有的证据都不够充分，必须抛弃。自此之后，人们通过观察和实验发现，在某种特殊情况下，也可以产生一些效果，但这些只能算是一种例外，它不能得到博物学家的共同认可。

当韦斯曼刚宣布他的结果时，人们一度感到愕然，因为，生物学家一直都是用“用进废退”来解释未知问题的。一些进化论的哲学家特别是斯宾塞，一直都是把遗传当做种族发展的重要因素，而那些慈善家、教育家和政治家则默认这种说法为真理，并把这种说法看做是社会“进步”的根本基础。很快，生物学家就接受了这种新的理论，但斯宾塞一生都在同韦斯曼辩论。就是到现在，政治改革家们对那些同他观点相反的理论仍然是熟视无睹。如果认为后天获得的性质不能遗传，也就等于说天性重于教养，遗传重于环境。生活条件的改善，虽然会让个体得到一定的好处，但这对一个种族的天赋性质却没有丝毫的提高。

为了对遗传进行解释，韦斯曼设想了一些特殊的机制，这是充满智慧的设想，因为，这些设想可以对韦斯曼的追随者的研究工作进行指导，并促使他们去考察：生殖细胞是通过什么过程形成的？体细胞又是怎样从生殖细胞中发展出来的？这些研究工作是从19世纪开始的，但取得显著成果则是很久以后的事，因此，这个问题应该放在后面去讨论。

在19世纪末，还进行了另外一场争论，这场争论是围绕着一种新知识展开的。达尔文主义的忠实维护者韦斯曼认为，自然选择是生物进化的主要原因，而通过自然选择所形成的变异也非常微小。例如，人体的身长就存在着一系列的差异。在这些差异中我们可以发现，在平均数的两边相当宽广的范围内，个人



伏案工作的达尔文

在达尔文开始研究进化论时，他首先研究的是家养和自然环境下动植物的变异。他研究了所有可能到手的资料，并与园丁和饲养员对话，很快得出了家养动植物的变异是人工精心选择造成的结论。但是，对于自然环境下的变异他仍然迷惑不解。在阅读了马尔萨斯的《人口论》后，达尔文突然意识到，任何物种的个体都各不相同，这些变异导致个体的生存能力有强有弱。随着种族的繁衍，生存能力强的遗传性状在数量上逐渐取得了优势，而生存能力弱的个体则逐渐被淘汰，所谓“适者生存”就是这个道理。图中达尔文正在潜心研究。

的身长相差大约为 1% 英寸。自然选择就是在这种细微的差异中进行的，通过一个相当长的时间后，就可以产生出新的品种。

但是，在 20 世纪以前，博物学家德·弗里斯和贝特森，把育种家、饲鸟人和园艺家积累的经验作为研究的基础并进行实验，通过实验，德·弗里斯和贝特森发现，韦斯曼的设想与事实不符。因为，在自然选择的过程中，大的突变随时都可能发生，特别是在进行杂交后，很快就可以产生新的品种。到了 1900 年，早已被人遗忘的孟德尔的研究成果重新被人们发现，于是，历史又掀开了新的一页，那种认为自然选择只产生微小变异的说法，已经不能对生物的进化作出合理的解释，但用德·弗里斯和贝特森等人的新观点也许可以对此进行解释。不过，这个可能到底能在多大程度上得到实现，这个问题我们留在后面来讨论。

FIGURA COMET

Ephemeris observationum Cometæ hyemalis A. C. 1664 mens. Nov. et Dec.

1664

Nov. 22/12 Kechel Leid.
Dec. 2
Nov. 3/10 12 Meier. Rustum
Dec. 1/11 3 Meier.
2/12 4 Salisburg
3/13 5 Meier. Hev. Hag. Com.
4/14 6 Hevel. Geden. Kirch. Rom. Grav. Freneq. Sever. Hamb.
5/15 7 Hevel. Hev.
6/16 8 Salich.
7/17 9 Sever. Rudbeck et Fornel. Ubsal.
8/18 10 Hevel. Buthner. Geden. Bureau. Hanov er. Kirchet et Grevius Ro. Scherer. Manning
11 Sever.
9/19 12 Digiser. Trident. Gotin. Busm. Rudb. Fornel.

10/20 13 Salich. Stuttgard. Ingolstad. Dublin. Hibern. Digeser. Schster
11/21 14 Hevel. Bull. all. Par. Grav. Digiser. Schorer

23 Stuttgard
26/16 24 Grav.
25 Gotin
26 Norib.
27 Stuttgard
27/17 28 Nadstad
29 Gotin. Burm. Kirch.
30 Mans Hevel. h. 2.
28/18 31 Norib.
32 Kirch. Gotin. Digis.
29/19 33 Hevel. Kirch. Gotin. Digis.
34 Salich
35 Hevel. Gotin. Digis.
30/20 36 Grav.
37 Sever. Hamb. vesp. h. 12.
38 Sev. Man. h. 2.
31/21 39 Hevel. Digis. Colon. Agrip.
40 Nadstad

1664 Dec. 28 / 1665 Jan. 8
41 Busm. vesp. h. 6.
42 Sev. vesp. Reiher. Rittel. h. 4.
43 Hevel. vesp. Reiher. h. 10.
44 Grav.
45 Salich.

31/1 46 Bardelin. No Busm. Sin Rejh. Digis. Gotin.
47 Grav.

1/22 48 Nov. Gott. Busm. Digis. Sev.
49 Bardelin.
50 Grav.

2/2 51 Nov. Bard. Digis. Busm. Grav. Sin. Hamb. Nu.
52 Nadstad

26/7 53 Nov. Gott. Digis. Trid. Hin
54 Salich.
27/8 55 Nov. Bard. Gott. Grav. Siv.
28/9 56 Nov. Bard. Busm. Flor. Franc. Hamb. Rejh. Sev.

2/7 57 Bard. Hamb.
3/8 58 Nov. Busm.
59 Salich.



星象图

16 世纪，哥白尼革命解决的是天体怎样运行的问题，随着人类知识的提高，人们必然要提出宇宙由何而来，并要求作出科学的而不是纯思辨的回答。18 世纪的天文学，从观测手段、知识体系和宇宙观等方面，对以前的天文学进行了全方位的突破，建立了一个以宇宙演化、恒星演化为核心的演化式宇宙图案，被称为继哥白尼之后的第二次天文学革命。这幅 18 世纪的星象图，曾掀起欧洲人对天体的狂热关注。

第 8 章

天体物理学

根据欧几里得的空间观和牛顿的时间观，人们一直认为，世界是无穷的，空间无限地向前延伸，时间连接着过去和未来，永恒而不可逆地流逝着。然而，天体物理学提出的物质在宇宙空间的运动，则完全改变了人们对广袤宇宙的看法。

太阳系 TAIYANGXI

人们时常都在讨论，其他星球是否也存在着有生命的物体，而在观测太阳系的时候，人们谈论的更多的则是其他行星的情况如何。

我们在前面说过，刻卜勒对太阳和行星所作的观测，为人们提供了一个太阳系的模型，不过，只要有一个行星的距离没有被测定，这个模型的比例也就无法确定。从1672年开始，里希尔用了两年的时间来做这个测定工作。这次测定，在许多方面都达到了相当高的精确性。

随后，人们又对太阳系进行了多次测定，并在测定过程中发现了三种观测方法：

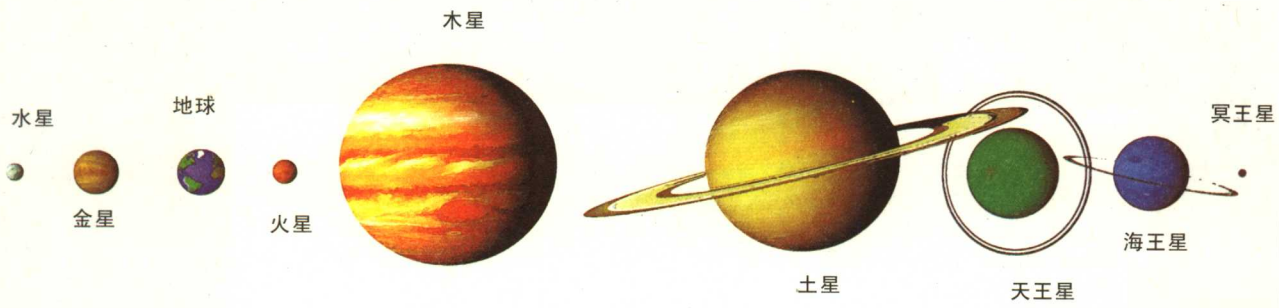
一、利用光行差来测量地球运行速度和运行轨道的大小。1728年，布莱德雷发现了远星的“光行差”，所谓“光行差”是指地球来回两次从同一星球经过时所产生的星光方向的差异。“光行差”刚被发现时，人们准备用它来证明光是以一种有限的速度在运行，但由于光速已经有了另外的测定方法，人们便将它用来测量地球运行速度和运行轨道的大小。

二、利用三角学来计算太阳的距离。当金星位于地球和太阳之间时，这时，金星、地球和太阳刚好形成三角形，根据地球上两个点所测定的时刻，可以用解三角的方法，计算出太阳的距离。

三、利用三角测量法来测定小行星的距离。1900年，当小行星（亦称爱神星）从地球附近经过时，人们采用三角测量法测算出了小行星与地球之间的距离。

巨行星和远日行星

木星和土星是行星世界的巨人，称为巨行星。它们拥有浓密的大气层，在大气之下却并没有坚实的表面，而是一片沸腾着的氢，所以它们实质上是液态行星。天王星、海王星则被称为远日行星，它们拥有主要由分子氢组成的大气，通常有一层非常厚的甲烷冰、氨冰之类的冰物质覆盖在其表面上，再以下就是坚硬的岩核。



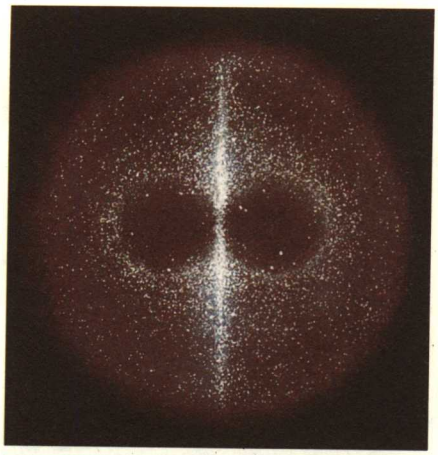
后来，人们用以上三种方法来测算太阳系的大小，测算的结果完全相同。即地球和太阳之间的距离是 9280 万英里，如果光以每秒 18.6 万英里的速度行走，从地球到太阳则需要 8.3 分钟的时间。太阳的直径大约为 86.5 万英里，太阳的质量是地球的 33.34 万倍，而平均密度为每立方厘米 1.4 克，地球的平均密度则是 5.5 克。

我们对太阳系的了解，是通过汤姆保于 1930 年在海王星轨道外发现的一颗新行星而认识的。美国亚利桑那州旗杆天文台，对天空中可能出现行星的区域作了全方位的搜索，具体的搜索方法是，天文台的研究人员将前几天所拍的两张照片进行比较，如果照片上有一个光点发生位置变化，说明这个光点就是一颗行星。汤姆保发现的这颗新行星，围绕太阳运行一周的时间大约为 248 年，它与地球的距离是 36 亿 7500 万英里。这颗行星后来被命名为冥王星。冥王星运行轨道的直径是73亿5000万英里，完全在太阳系的范围内。

人们时常都在讨论，其他星球是否也存在着有生命的物体，而在观测太阳系的时候，人们谈论的更多的则是其他行星的情况如何。在有关行星的所有情况中，最重要的是行星外围的大气性质问题。大气通过一种“脱离速度”而得以存在，所谓的脱离速度，就是气体分子在运动时能够脱离行星吸引力的速度、脱离速度的公式是 $V_2 = 2GM / a$，公式中，G 表示引力常数，M 表示行星的质量，a 为半径。运动的速度是每秒以英里计算，对于地球来说，V = 7.1，太阳则为 392，而月球为 1.5。在分

奥尔特云

奥尔特云是一个假设包围着太阳系的球体云团，布满不少不活跃的彗星，距离太阳约5万至10万个天文单位。奥尔特云天体在较接近太阳的地方形成，与其他行星及小行星相似，后被大型气体行星的强大引力逐出太阳系内部，使它们拥有极为椭圆或抛物线状的轨道。同时，这个过程也把它们的轨道偏离黄道面，并形成奥尔特云呈球状的形态。



行　星

人类经过千百年的探索，到 16 世纪哥白尼建立日心说后才普遍认识到：地球是绕太阳公转的行星之一，而包括地球在内的八大行星则构成了一个围绕太阳旋转的行星系——太阳系的主要成员。行星一般本身不发光，以表面反射太阳光而发亮。在主要由恒星组成的天空背景中，行星有明显的相对移动。



月　球

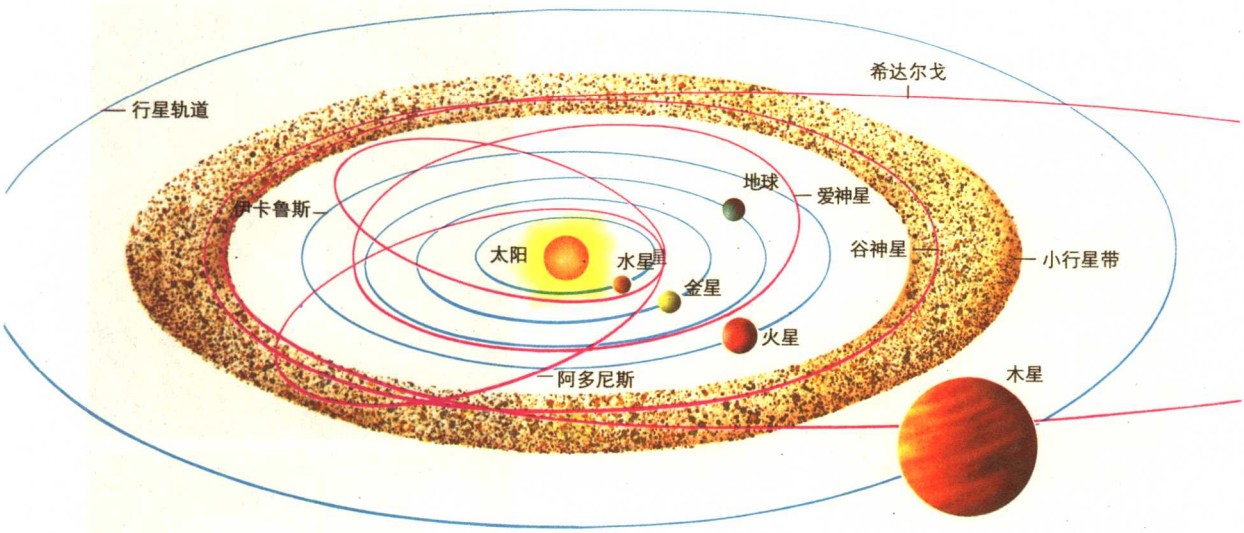
月球是地球的卫星，它和地球一样，都是在 46 亿年前因粒子碰撞聚集而形成，但和地球不一样的是，月球的直径只有地球直径的四分之一，而且重力十分微弱。月球表面布满了由火山口与岩石撞击出的坑洞，大部分火山口是由流星碰撞所造成的，有迹象显示有些坑洞是古代火山的遗迹。



火　星

火星是太阳系八大行星之一，按照距离太阳由近及远的次序为第四颗。肉眼看去，火星是一颗引人注目的火红色星，它缓慢地穿行于众星之间。由于火星荧荧如火，亮度经常变化，位置也不固定，所以中国古代称火星为“荧惑”。而在古罗马神话中，则把火星比喻为身披盔甲浑身是血的战神“玛尔斯”。





小行星

小行星是与行星一样围绕太阳运行的小天体。到目前为止，所发现的小行星绝大部分都在火星和木星间的小行星带轨道上。最大的小行星是谷神星，直径约1000公里。

子中，运动最快的分子是氢分子，在0℃的条件下，每秒为1.15英里。根据秦斯的计算，如果脱离速度是分子平均速度的4倍，那么，在5万年内，大气就会完全逃逸，如果脱离速度是分子平均速度的5倍，逃逸率就会小到可以忽略不计。所以，月球上是没有大气的，而较大的行星如木星、土星、天王星和海王星等，则有着比地球更多的大气，火星和金星上的大气大约同地球相等。金星上有较多二氧化碳，但没有氧气和植物，因为，金星上还没有具备能够让生物生存的条件，至于火星，也许过去曾出现过生物，或者将来会出现有生命的物体。

恒星、双星和变星

HENGXING SHUANGXING HE BIANXING

如果用肉眼看，好像许多星都是单颗的，但用望远镜看，这些单颗的星多数都是成双成对的。

在冥王星的运行轨道以外，是无边无际的星空。当地球在6个月中，从轨道的一边运行到另一边时，通过细心地观测，可以察觉到，离我们最近的恒星在位置上发生了一些变化。6个月后，恒星又会回到原来的位置。如果把这些星本身的微小运动略而不计的话。由于我们已经知道地球轨道的直径，因此，只要计算出恒星自身的运动和光行差，然后根据这颗恒星在6个月中的视差，采用三角测量法，就可以测算出恒星和地球之间的距离。

1832年，在南非好望角，韩德逊对恒星的视差作了仔细的观测。1838年，贝塞耳和斯特鲁维也对恒星视差作了较为精确的测定。通过这些观测，人们发现，距离地球最近的星是一个微弱的小光点，叫做半人马座比邻星，这颗星与地球的距离是2.4 × 1013即24万亿英里，以光的速度来计算，光也要走4.1年。这个距离大约是冥王星轨道直径的3000倍。明亮的天狼星与地球的距离是5 × 1013英里，即8.6光年。采用这种方法，已对大约2000

宇宙星团

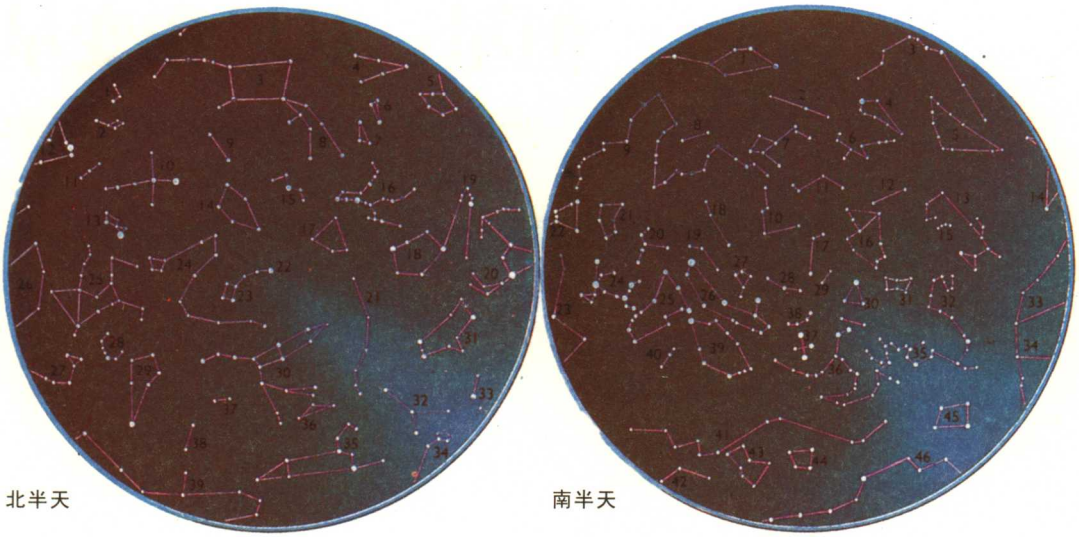
星团是由于物理上的原因聚集在一起并受引力作用束缚的一群恒星，它们中的成员恒星因有共同起源而在物理上相关，并由彼此之间的相互引力而保持在一起。星团按形态和成员星的数量等特征分为疏散星团和球状星团。

半人马比邻星

半人马比邻星是离太阳最近的恒星，它和另外两颗恒星组成了半人马座α恒星系统，从半人马比邻星发出的光到达地球只需4.22光年。







星 座

星座是指一群恒星在天空中所形成的特殊图形。在北半天和南半天分别可以从夜空中看到不同的星座。一年中，太阳行经空中路线上的十二个星座，就是公元前 2000 年前，古巴比伦天文学家命名的黄道十二宫。

颗恒星的距离进行了比较精确的测定，但现在，这种方法只能用于 10 光年以内的恒星。

晴朗的夜空，人们可以用肉眼看见上千颗恒星，如果使用大口径的望远镜，则可以看见更多恒星。不过，数量的增加与望远镜的口径并不成比例，就是说，恒星的数目并不是无穷的。1928 年，世界上最大的望远镜是美国威尔逊山天文台 100 英寸的反射望远镜，这台反射望远镜能够观测到的星大约在一亿颗以上。而在我们所处的银河系里，据估计，恒星的数目大约为 15 亿到 300 亿不等。目前，200 英寸的反射望远镜正在制造中。

按照星的亮度，希帕克曾将星划分为 6 个“星等”。现在，星的等级已扩充到 20 多个，其中，有些微弱星的亮度只有一等星的亿分之一。星的这种量度方法，是以地球上所看见的恒星的视亮度为标准。对那些已经知道其距离的星，我们可以计算出它在移动时应有的视星等，这种星等叫做绝对星等。

如果把星按绝对星等来进行分类，那么，所有的星的数据都存在于星等中。这正如赫兹普龙所说：高星等和低星等的星的数量，要比中星等的星多得多。后来，罗素证实了赫兹普龙的说法。高星等的星叫“巨星”，低星等的星叫“矮星”。有关这方面问题，我们在后面还要详细讨论。

根据我们对那些光谱型相同并已知其距离的恒星的认识，绝对星等和某些谱线的相对强度具有一种极具规律性的联系。如果对这些具有决定性作用的谱线进行认真研究，就可以求出那些至今都不知道距离的星的绝对星等，然后，根据视星等就能够推算出它们的距离，哪怕这个距离相当的遥远。这是推算恒星距离常用的几个间接方法之一。

如果用肉眼看，好像许多星都是单颗的，但用望远镜看，这些单颗的星多数都是成双成对的。由于许多双星几乎都位于同一视线上，因此看上去就像是一颗星。在太阳系中，双星的数量很多，双星都位于同一视线上的这种说法，并不能解释所有的双星现象。在多数情况下，在双星的两颗星之间，一定存在着有某种联系。1782 年，威廉·赫舍耳开始对双星进行

观测，到了 1793 年，威廉·赫舍耳已经找出了双星的许多行径，并证明了双星以椭圆形上的一个焦点为公共重心，围绕着这个焦点，双星沿着椭圆轨道运行。威廉·赫舍提出，双星的运动也遵循牛顿提出的引力定律。

如果双星的距离和轨道已经测定，那么，它们的质量也就可以测出，一般来说，它们的质量是太阳的一至三倍。这些数据与通过其他方法测量的结果非常相近。其实，在质量上，各类星的差别都不大，但它们的大小同密度却有极大的差别。

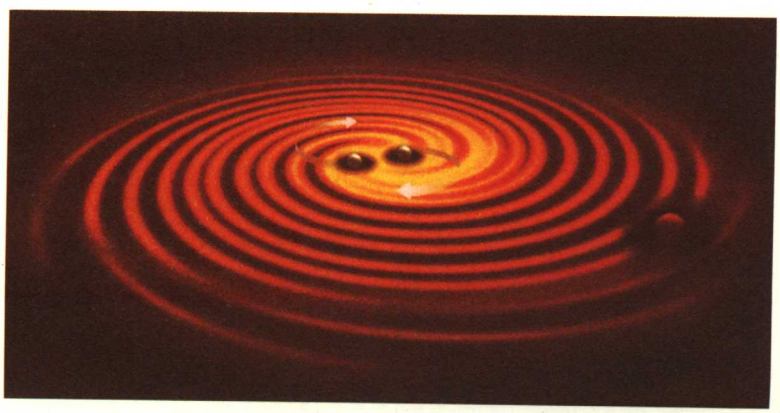
有一些双星相互间的距离太近，甚至用望远镜也无法识别，但用分光的方法则可以进行辨别。如果我们的视线刚好与双星的轨道平面平行，而双星的联线则垂直于视线时，我们就会看到这样一种现象：一颗星面向我们走来，另一颗则背离我们而去。根据多普勒原理，双星中一星的光谱谱线向蓝端移动，另一星的谱线则向红端移动，因此，在双星的光谱中，其谱线的数目将增加一倍。当两颗星的位置分别是一前一后时，它们是在超过我们视线的方向运动，这时，在双星的光谱中就不会出现增加一倍的现象。通过对光谱谱线变化的观测，我们可以推算出双星的周转周期和速度，并能计算出两星质量的比值。如果目视和分光这两种测量方法都可以运用，那么，还可以测出两星的质量。

1889 年，皮克林采用分光的方法第一次发现了一对双星，于是，皮克林宣布：大熊座 & 星光谱中出现谱线倍数增加，意味着这颗星是一个周期为 104 日的双星。自皮克林发现双星之后，数百个“分光双星”被人们陆续发现，这些双星大多数都是由美国和加拿大的天文工作者，用大望远镜和摄谱仪，在晴朗的天空中发现的。

天文工作者在观测中发现，太阳系中，有许多恒星光的亮度经常会发生变化。如果光的亮度变化没有规律，就可能是因为炽热的气体发生爆炸所致。但是，在人们的观测记录中，有许多光变都是具有一定规律的。于是，人们推断，产生光变的原因是：当一颗亮星同另一颗较暗的伴星相互环绕运动时，由于亮星光的一部分或全部没有暗星的遮蔽，因而形成亮星的星食，这就是“星食说”。后来，这个推断从光谱中得到证实：当亮星在面向地球或背离地球运行时，它的谱线会发生周期性的移动。对亮星的亮度随时间变化而产生的曲线以及谱线进行测量，就可以对某些双星系形成一个较为完整的认识。比如说，大陵变星和天琴座 B 星就是例子。

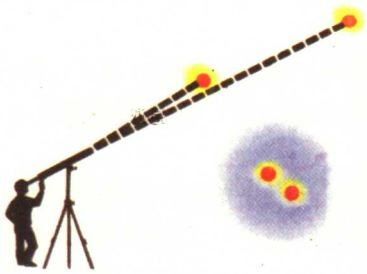
双星的数量虽然很多，但还有比双星更为复杂的聚星，我们可以用观测双星的方法来观测聚星。例如，人们比较熟悉的“北极星”，如果用分光方法测量，可以测得北极星中有一个双星，这个双星运行一周需要四天。除此之外，北极星中还有一个周转期为 12 年的第三星，以及一个周转期为 2 万年的第四星。

而其他变星如仙王座 & 星等，则不能用“星食



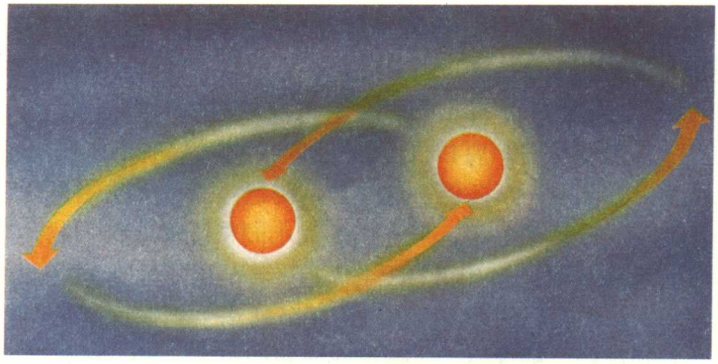
引力波

引力波是爱因斯坦广义相对论引力方程的波动解所预言的引力场波动形式。图中，在PSR1913 + 16区域的两个中子星因发射引力波而失去能量，因此它们以螺旋形轨道相互靠近。



光学双星（左）

光学双星亦称“视双星”，“假双星”。用望远镜观测，它们彼此靠的很近，但实际上在视线方向相距很远，并无力学关系，即彼此不互相绕转的，叫做“光学双星”。



双 星（右）

一些恒星两两成双靠在一起，引力使它们相互环绕转动，这样的两颗恒星，就称为双星。在浩瀚的银河系中，半数以上的恒星都是双星体，它们绕共同的质量中心作圆形轨迹运动，这其中包括著名的第一亮星——天狼星。

说”来解释，因为，这些星每隔数小时或数日，就会爆发出比它们的最小亮度要强若干倍的光来。这些星属于造父变星中运转周期较短的一类，说明有部分变星的光变周期和光亮度同绝对星等有一定的关系。1912年，哈佛大学的勒维特女士发现了这种关系。这种关系一经发现，赫兹普龙和当时在威尔逊山天文台工作的夏普勒很快就认识到它的价值。这些变星的光变现象很有规律，根据这些规律，可以去测量那些至今尚不知道距离但类型相同的星的光变周期和绝对星等，然后，对这些星的视星进行观测，就可以计算出它们的距离。这种测量方法通常用于对那些距离较远的星的测定。

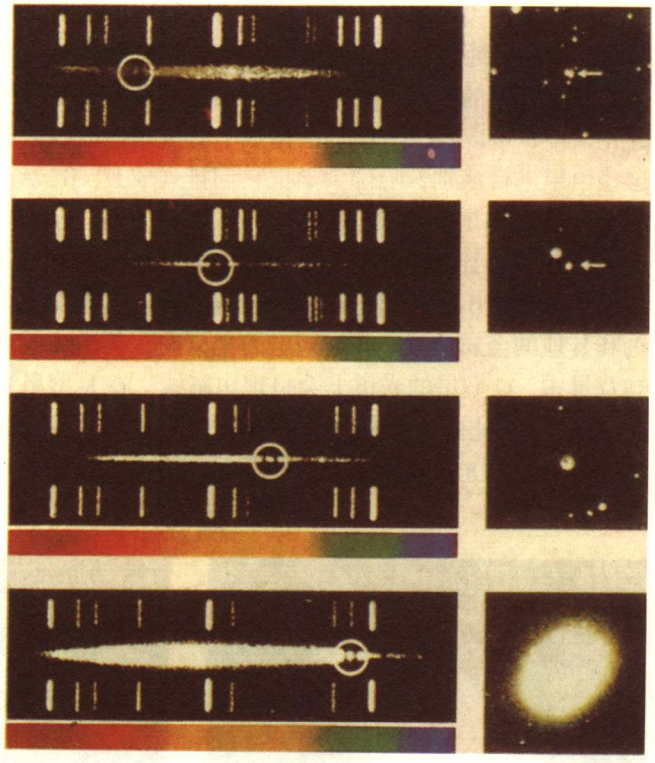
YINHEXI 银河系

恒星系聚集在银道面而形成的扁平形态，就像一个巨大的透镜，恒星集合体就位于这个透镜中。

天空中，恒星分布最多的区域是一个宽度不一的地带，这个地带叫银河。银河围绕天穹形成一个巨环，在银河的某些地区，由于聚集了太多的恒星以致形成了一种“恒星云”，因此，必须借助于高倍望远镜，才能对这些恒星的值星进行鉴别。另外，银河中还掺杂着一些既不规则又无法分析的“星云”。一条由恒星聚成的长带，将银河剖分为两个大平面，这两个大平面叫做银道面。银道面是恒星系的一个对称平面。恒星似乎都喜欢聚集在银道面，特别是那些较热的星和较暗的星，因此，银道面的星大多都是距离较远的星。

恒星系聚集在银道面而形成的扁平形态，就像一个巨大的透镜，恒星集合体就位于这个透镜中，地球也在这个集合体内，但不是位于正中心。我们能在银河里看到这么多的星，是因为我们在观测银河时，望远镜对着的是透镜的边沿，在这里，恒星占据空间的厚度要比其他地区大得多。

银河里除聚集着恒星云和不规则的星云之外，还有百多个恒星“球状星团”，它们主要分布在银河中段外的一片地区，造父变星也在其中。根据这些“球状星团”的光变周期，



红移现象

宇宙的膨胀使所有星系彼此分离，星系分隔得越远，分离的速度也就越快，造成光波的间隔变长，使到达地球的光移向光谱中长波或红色的一端。根据宇宙射线的红移现象可以判断，宇宙仍然还在扩张。

夏普勒采用多种间接方法测算出，这些星团与我们之间大约有 2 万到 20 万光年的距离。

由此得知，恒星系中，最长的直径至少也有 30 万光年，太阳在中央平面偏北处，距这个星系的中心大约有 6 万光年。根据多年来对恒星视运动的观测，人们发现，太阳是以每秒 13 英里的速度，向着武仙座的方向运动。如果把这个运动的方向作为参照线，就会看见两个主要的星，将从这个空间经过。

在天空中，最惊人的莫过于那些巨大的旋涡星云。这些旋涡星云，很可能就是正在形成中的星系或银河系，有关这个观点方面的论证，我们在后面还要讨论。旋涡星云的范围非常广泛，它由一种稀薄气体所组成，其中，每一个星云都蕴藏着足以形成 10 亿个太阳的物质。这些星云数量众多，据加利福尼亚威尔逊山天文台的哈布耳博士估计，通过该台 100 英寸的望远镜，可以看见的星云大约有 200 万个。这些星云离我们非常遥远，至少在 50 万到 14000 万光年之间，这些星云很可能已经是在银河系外。宇宙中，还有很多由恒星汇聚而成的银河系，也就是夏普勒所说的“岛宇宙”，我们所在的银河系只是众多星系中的一个而已。

1904 年，荷兰格罗宁根的卡普登在统计恒星时发现，在银河系中，有两个各自朝不同方向运动的星流。现在，我们应该把这两个星流与奥尔特的另一个发现放在一起来讨论，实际上，这是整个银河系的自转，它围绕着距离我们一万秒的人马星座的一个中心旋转。按照引力定律，其自转的速度在向外时不断减少。在我们的区域，轨道速度大约为每秒 250 公里，运转一周需要二亿五千万年即 2.5 × 108 年。整个银河系的质量大约等于 1500 亿个太阳。

1867 年，赛奇神父约于在罗马提出了一个按恒星的光谱进行分类的方法，后来，哈佛天文台对这个分类方法作了改进，人们用肉眼也能看出星的颜色差别。由于照相机对紫色光谱敏感，因此，通过照相机而得到的星等，与用肉眼观测的结果并不相同，它们之间的差异成为了量度星色的一种方法。其实，在各种恒星的光谱中，也可以发现这些差异。在这些恒星的光谱中，可以找出一系列的谱线，通过这些谱线，人们可以发现各类恒星的特性，为了对这些恒星进行区别，哈佛大学把它们排列成 O、B、A、F、G、K、M、N、R 的序列，序列的前面，通常都是颜色较蓝的星。

如果背景比较黑暗，O 型星的光谱就会出现若干条明线，而在某些光谱中，氢和氦的谱线则非常强。B 型星的光谱虽然较为灰暗，但氦线却十分明显。A 型光谱既有氢谱线、也有钙和其他的金属谱线，在 F 型星的光谱中，其谱线通常都比较长。太阳归属于 G 型星，在明亮背景中，G 型星的光谱上会呈现出暗线。在 K 型星光谱中，第一次发现了含有碳氢化合物的谱线。M 型星有一条宽的吸收谱带，其中，含有氧化钛的谱带特别明显。N 型星通常表现为红色，它的光谱是一条含有一氧化碳和氰的宽谱带。R 型星虽没有 N 型星那样红，但它有





着一条与 N 型星相同的吸收谱带。

对光谱这些观察，可以用来预测各型恒星的有效温度。如果将一个黑体的辐射体的温度逐渐增高，那么，这个辐射体的辐射特性和强度也会逐渐改变。就温度而言，辐射能量和波长通常表现为一种特殊的曲线关系，当某一特定波长达到最大值时，随着温度的升高，这一最大值的位置就会向光谱的蓝端移动，以此便可以发现温度的变化情况。人们在研究能量分布问题时，还采用了另外几种方法，比如，人们采用照相法来研究辐射的特性，同时，还把温度与电离对于光谱的影响，限制在人们所能控制的范围内，并把它应用于实验室的研究。1920 年，萨哈、福勒和米尔恩都曾用恒星光谱中吸收谱线的形态，来对起吸收作用的原子温度做测度。



旋涡星系

太阳系所处的银河系是一个旋涡星系，主要由质量和年龄不尽相同的数以千亿计的恒星和星际介质组成，它不仅包括了“老年”旧星，还包含了数量庞大的年轻恒星及大量的气体与尘埃。

在测度巨星的温度时，人们采用了多种方法，其结果也基本吻合。人们用肉眼能够看见的星的温度大约为 1650 度，而已知的星中，温度最高的可达 23000 度。当然，这些都是辐射表皮层的温度，而星的内部则比表皮层更热，其温度更是高达几千万度。



宏观宇宙

美国航天局哈勃空间望远镜拍摄的哈勃深场图，在这张“最深”的图中可以看到几百个星系。

我们在前面讨论绝对星等时说过，恒星中大部分都可以按“巨星”和“矮星”进行分类，“巨星”的光亮度要比“矮星”大得多。但有一点必须注意，这种分类适用于 K 型星以下的冷星，即温度不超过 4000 度的星。对那些温度较高的星，这种分类就不能产生效果，特别是对 B 型星，这种分类就完全没有意义了。因为，B 型星全都是巨星，它们发出的光的热分别是太阳的 40 倍到 1600 倍。

以上事实为人们证明了这样一个结论，即：所有的恒星都要经历一个大体相同的演化过程，恒星在形成之初温度都比较低，以后逐渐升高，一旦达到最高温度后渐趋冷却，然后逐渐下降。



不同形状的星系

宇宙中星系的形状是不同的。银河系是一个具备围绕其核心的旋臂的旋涡星系。银河系旋转一圈大约需花费二亿二千五百年。另一类型的旋涡星系是棒旋涡星系。椭圆星系就好像失去旋臂的旋涡星系，而有一些没有特定外形的星系则被称为不规则星系。

当恒星温度升高后，会发出大量的光，这时，恒星的体积异常庞大，因而被称为“巨星”。但当恒星的温度逐渐冷却时，它在温度方面经历的则是一个同以前完全相反的过程。此时，观测恒星的光谱型，虽然在个别细节上略有变化，但总体上与温度升高时期相同，不过，这个恒星现在的绝对星等即光度，却比以前小了许多，这意味着这个恒星的体积比以前小，已经变成“矮星”了。

以上就是罗素所阐述的恒星演化过程，它与勒恩和利特尔提出的动力学理论不谋而合。勒恩和利特尔认为，恒星中的气体团相互吸引，如果某一气团的质量足够大，则重力将使其发生收缩，这时，这个气团会因放出的热量而变热。但气团在收缩时，其收缩的速率呈递减趋势，到了某一临界密度，这个庞大的炽热气团所产生的热量，就会小于它的辐射热量，于是，这个气团开始逐渐冷却。在讨论太阳的年龄时我们说过，不能用这个过程来解释太阳所放出的全部热量，因为，当时已经有人提出，某种能量的来源是取决于温度，其过程也非常相似。

现在，人们已用最新的研究成果，对这个恒星演化理论进行了修正，并将有关原子结构的新知识应用于天体物理学。人类凭借着自己处在原子和恒星中间的有利位置，可以把通过研究其中一方而获得的知识作为参考，用来研究另一方。

已知太阳或任何一个恒星的大小和平均密度，在假定它们都是气体的前提下，由此可以计算出太阳或恒星的压力变率。第一个进行这个计算的是爱丁顿，在对恒星的观测过程中，爱丁顿发现，恒星的光度是随质量的变化而变化，在一定的限度内，恒星的光度是与质量成正比的。在恒星中的任何一层，其上层的压力都被下层的气体

恒星的演化过程

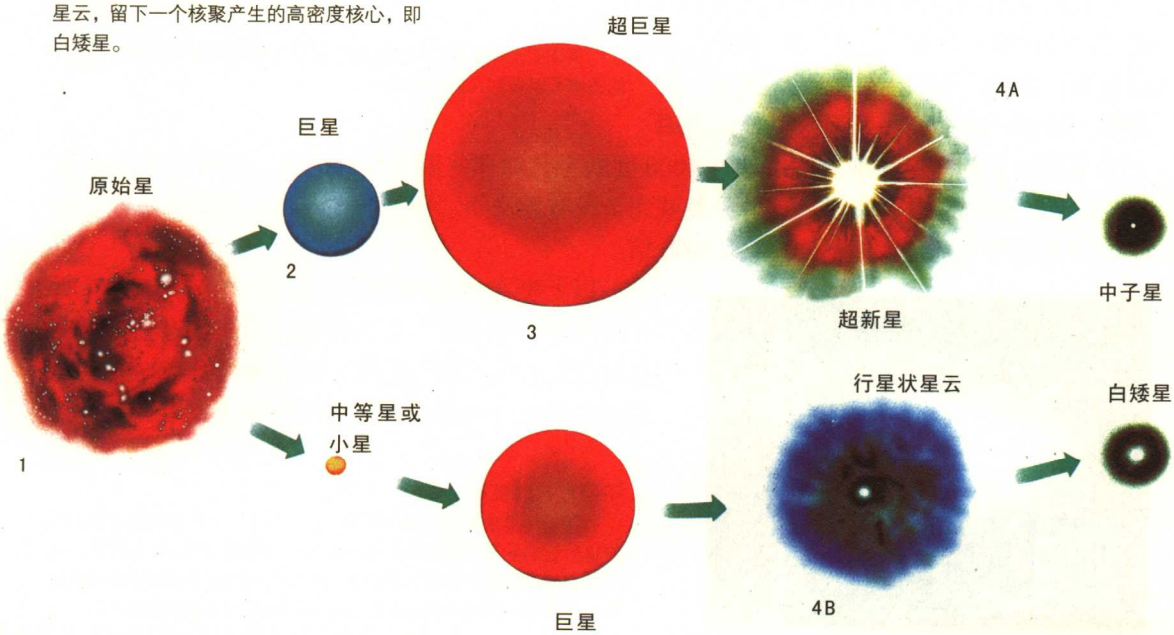
1：星际空间存在着由气体和尘埃构成的极稀薄的物质，它们成块状出现，形成弥漫的星云。如果星云受到外界的影响，它们会向内收缩或分裂，反复多次出现收缩或分裂后，星体中心便会形成致密的核，当氢核反应能进行时，一颗新的原始星便诞生了。

2：当恒星中心由氢聚变为氦的核反应产生的辐射达到与引力平衡时，恒星进入一个相对稳定的演化阶段，一些质量非常小的原始星达不到足够开始核聚变的程度，它们会成为中等星。

3：当氢消耗殆尽后，星体受中心氦核球温度升高，重新开始热核反应的影响，向红巨星或超新星转化。

4A：超出 5 倍太阳质量的恒星膨胀成为超巨星后，其核心被重力压缩，温度和密度的上升会在极短的时间内造成一次剧烈的超新星爆发，目前已知两种爆发后演化的终点：中子星或黑洞。

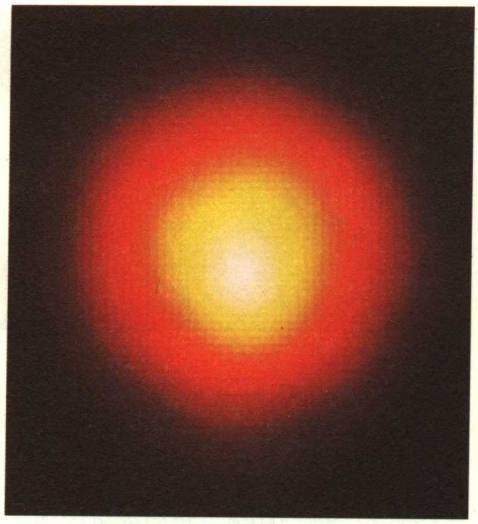
4B：恒星演化到红巨星阶段后，已不能维持核聚变反应，它们将外壳抛出行星状星云，留下一个核聚产生的高密度核心，即白矮星。



弹力和辐射压力所支撑。根据有关分子运动的理论，气体的弹性是由气体分子发生碰撞而形成，而气体中分子的速度将随温度的变化而变化。要承受太阳或与太阳类似的恒星内部的巨大压力，其温度必须高达 4000 万度到 5000 万度。根据爱丁顿的推算，如果恒星过于巨大，那么，它的辐射压力必然也大，这将使恒星变得不稳定而容易发生爆裂。因此，星的大小有一个天然的上限。

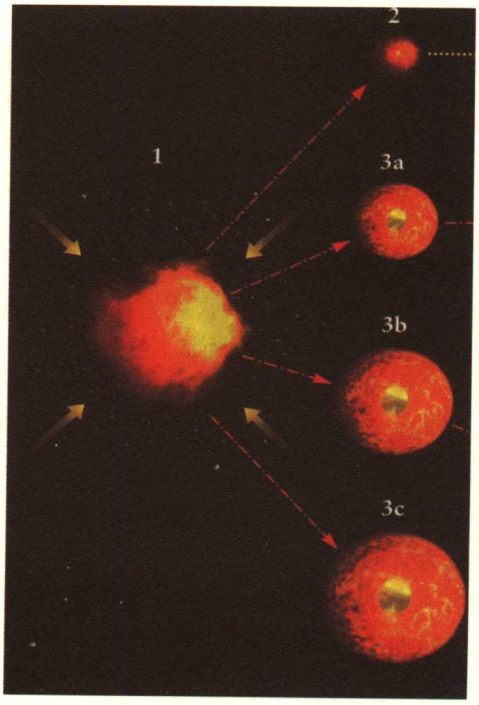
在恒星内部，有一片区域始终保持着恒温，这片区域的总辐射是以绝对温度的四次乘方而变化。根据已知定律，当温度上升时，其辐射的最大能量将使光谱的波长逐渐变短。当温度高达数百万度时，其辐射的最大能量便越过光谱的波段而来到 X 射线区域或波长更短的辐射区域，不过，当这些辐射来到恒星外层的时候，会因不断受到原子的碰撞而变成波长较长的辐射，最后，这些辐射又以光和热的形式向外发射出去。后来，麦克伦南、米利根和科赫斯特等人发现了这些穿透力极强的射线即“宇宙线”。这些射线的份量不大，但它可以从空间直接穿过我们生活的大气层。秦斯说：“从某种意义上讲，这些辐射可以说是整个宇宙中最基本的物理现象，在空间的大部区域，这些辐射比我们所看见的光和热要多得多。不管是白天或夜晚，它都将从我们的身体穿过，它一秒钟可以破坏我们体内数百万个原子，而这些原子可能就是生命的要素，就是说，这些辐射可能是在对我们的生命进行杀害”。有人说，这种穿透力极强的辐射，是在质子和电子互相湮灭或氢聚合为重原子时而发射出来的，发射地点可能就是星云或空间中那些极度稀薄的物质，因为，从这些地方发射出的能量，可以毫不费力地穿过覆在恒星外部的物质。

大家知道，X 射线和穿透性更大的 Y 射线都是成效显著的电离剂，因此，恒星体内的原子都是被高度电离了的，即这些原子的外部电子都是被剥夺了的。以上观点是秦斯在 1917 年提出的，后来，有很多人都对这个问题进行过研究。一个普通原子所占有的空间体积是其他原子不能贯穿的，原子的空间体积，也就是那些外部电子的轨道所占有的体积。如果原子的外部电子遭到剥夺，那么，这个原子的有效体积一定会减小，实际上就会成为原子核



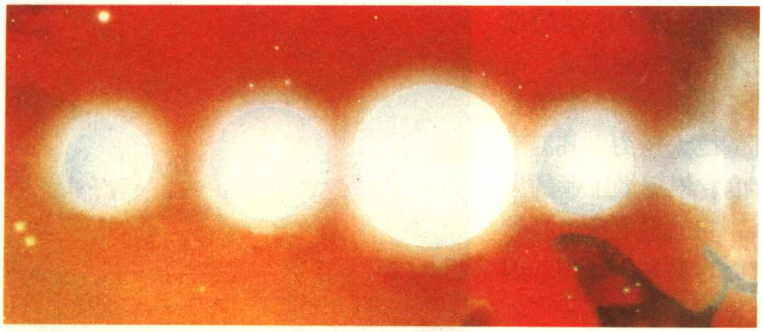
猎户座红超巨星

半规则变星是变星的一种，它通常是红超巨星，半规则变化通常是指周期的场合，但也有周期变化不规则的。最著名的例子就是猎户座的参宿四，其光度在 +0.2 至 +1.2 之间变化。图为哈勃太空望远镜观测到的红超巨星——猎户座参宿四。



恒星的发现

如果一个恒星的质量比钱德拉塞卡极限还要小，它最终会成为褐矮星或白矮星。如果它超过这个极限，该超巨星的最后引力坍塌会产生一个中子星或黑洞。



超新星

当收缩的大质量恒星的核心在爆炸时，就会诞生一颗超新星。在爆炸的前 10 秒中，所产生的能量比太阳在其 46 亿年生命中所产生的全部能量还多 100 倍。

与其最近电子环的体积。其结果，恒星内部的原子将变小，它们相互间的干扰也比我们实验室的干扰小。所以，即使是在高密度的条件下，恒星也同那些“理想气体”一样，严格遵循着波义耳定律。

如果将恒星假设为一种气体，那么，我们就可以用数学方法来计算一颗星的质量与它所发出的光和热的关系，换句话说，我们就可以知道这个恒星的光度是多少。1924 年，爱丁顿计算的结果是：星的质量越大则其辐射也越强。后来，爱丁顿把他的计算数据作了进一步的调整，从而使这个理论公式与事实基本符合。实际上，这个公式对许多恒星都适用。但由于恒星的密度较大，在 1924 年以前，人们还一直认为恒星不是液体就是固体，因此，多数人都认为，爱丁顿的理论不适用于恒星。但爱丁顿认为，虽然太阳蕴藏的水较多，其他恒星蕴藏的铁较多，但它们都是气体，由于它们的电子都被剥夺，因此，它们的原子体积都比较小，在大部时间里，它们彼此之间不会发生接触。

后来的一个新发现使人们认识到，恒星的实际密度要比人们想象中的密度大得多。1844 年，贝塞耳看见天空中最亮的天狼星在椭圆轨道上运行，于是，贝塞耳推测，可能有一个伴星围绕着天狼星运动，这个伴星的质量大约是太阳的 4 / 5。18 年之后，克拉克在观测中发现，天空中确实存在着这个伴星。用现代天文望远镜可以很容易地看见这个星，这个星发出的光大约是太阳的 1 / 360。在当时，人们曾以为，这是一个发红热的、行将没落的星。后来，亚当斯在威尔逊山上观察到，这个星不是红热的而是白热的，它发出的光的总量较小，是因为它的体积较小，实际上，它比地球大不了多少。根据这个星质量和体积，可以得出它的密度大约是每立方英寸一吨，这个结果非常惊人，因此，当时的人们认为，这个结果不可信。

但是，新的证据很快就出现了。按照爱因斯坦的理论，物体的质量和体积不同，发出辐射的频率也不同，所以，谱线就应该按半径与质量的比例向红端方向移动。亚当斯对天狼伴星的光谱进行了测量，得到的高密度与天狼星完全相同，大约是铂密度的2000倍。目前，在新发现的几颗星中，有的星的密度与天狼伴星相近，有的星的密度比天狼伴星还要大。秦斯认为，这些星不是由气体构成，而是由一种近似于液体的物质构成，也许，这些星的原子只剩下原子核了，可能连它们最内层的电子也被剥夺了。而天狼星和太阳等较为正常的恒星，则由原子核外层电子中的原子构成。因此，以下现象，可以用原子结构理论来解释：恒星有明确的分类，而每一类恒星的体积也有一定的限度。在高温条件下，地上的原子会全部发生破裂。为维持自己的体积，恒星体内那些未知的原子一定要重于地球上的原子，而恒星体内那些质量较轻的原子，则会浮在面上成为辐射的表层。

推测恒星的年龄有三种方法：

一、根据恒星运行轨道的变化状况，可以计算出恒星的大概年龄。双星的运行轨道最初

是圆形状，但在受到过路星的引力作用影响下，会逐渐变形，而这种影响变形的频率是可以计算的。

二、由明亮的恒星组成的星团在空间运动时，那些质量小的恒星会逐渐丢失，通过计算这些小恒星丢失的时间，可以推算出恒星的年龄。

三、同气体分子一样，恒星的运动能量也具有平均分配的趋势，因此，根据分子运动论，通过计算产生这种运动能量平均分配状况所需的时间，也可以推算出恒星的年龄。

用这三种方法计算的结果是，银河系中，恒星的平均年龄大约是 5 万亿到 10 万亿年。



天狼星

天狼星是夜空里最亮的恒星，距太阳系约 8.6 光年。它是大犬座中的一颗双星和第一颗被发现的白矮星。天狼星中的亮子星是一颗比太阳亮 23 倍的蓝白星，体积略大于太阳，温度则比太阳高得多。天狼星与伴星都在偏心率颇大的轨道上互相绕转，平均距离约为日地距离的 20 倍。



爱丁顿

亚瑟·斯坦利·爱丁顿（1882—1944 年），英国天文学家、物理学家、数学家，是第一个用英语宣讲相对论的科学家，自然界密实（非中空）物体的发光强度极限被命名为“爱丁顿极限”。

恒星的生命能维持如此长久，这需要大量的辐射能量，其数量之巨，并不是仅仅用引力收缩或放射性物质就能解释的。爱因斯坦的理论很容易让人们产生这样一种认识：这些辐射能量可能来源于阳性质子与阴性电子的相互湮灭。1904 年，秦斯在解释放射物的能量时，就采用了这种说法。现在，这个理论已经十分完备。可以肯定地说，恒星的质量是在不断地损失，而由辐射带来的定量压力，则形成了一个可以计算的动量，这个动量就是质量与速度的乘积。在太阳的表面，平均每平方英寸辐射出 50 马力，这说明，太阳每天损失的质量达 3600 亿吨，用质子与电子的相互湮灭，可以解释这种损失发生的原因。太阳在体积最大年龄最轻时，它质量损失的速度也最快，因此，我们可以给太阳的年龄设定一个上限，即 8 万亿年。这个结论同用其他方法推算出来的恒星年龄大体相当。但从后来的研究看，这个结论值得商榷。

星的演化 XING DE YANHUA

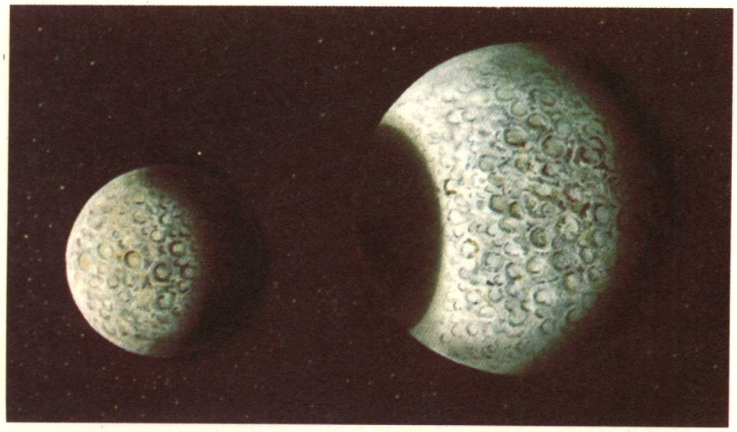
就是说，双星可能就是恒星的一个正常演化过程，而另一个演化过程则形成孤独的单颗星。

既然恒星的年龄可以计算，由此我们会产生这样的疑问，恒星到底是怎样产生的呢？即使用最大的望远镜，我们也无法知道恒星的体积，因为，即使是最近的恒星也离我们是太远了。尽管看不见恒星，但天空中那些一片片的明亮区域即星云，则早已被人们发现。在发明望远镜以前，人们用肉眼就可以看见仙女座中的大星云，1656年，猎户座中的另外一个星云也被惠更斯发现。

天上的星云可以分为三大类：

1. 不规则的星云，如猎户座的星云。
2. 形状像行星的星云，这种星云的结构较小但形状有一定的规则。
3. 旋涡星云，这种星云的形状像一个明亮的大旋涡。

这三类星云中，数量最多的是旋涡星云。我们在前面说过，用现代望远镜在天上寻找，可以看见的旋涡星云大约有二百万个。这些星云的光谱是连续而重合的，并有吸收谱线，与F型到K型这一类星的光谱非常相似。旋涡星云中，有的是炽热气体团，有的则包含着定形的恒星。所有的星云都呈现出一种急速转动的形态。在轨道平面的边上，通过平视就可以看见的星云，一般都能用于光谱学的研究，而那些与我们视线正交的的星云，通过每年拍摄的

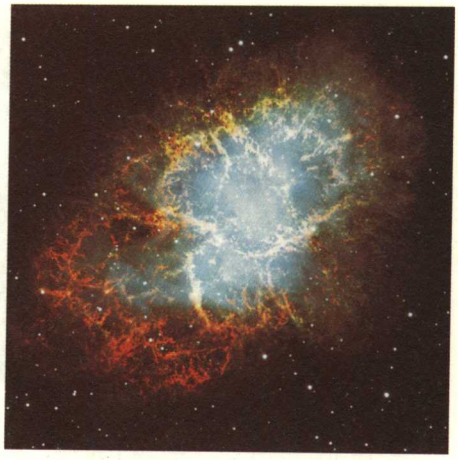


冥王星及其卫星

这是由哈勃太空望远镜观测到的冥王星和它冰冻的卫星冥王一。冥王星是由70%岩石和30%冰水混合而成。地表上光亮的部分可能覆盖着一些固体氮以及少量的固体甲烷和一氧化碳。冥王星的名字源于希腊神话中的冥府之王，卫星冥卫一则是带领众人渡过冥河的船夫。根据2006年8月24日国际天文学联合会大会的决议：冥王星被视为是太阳系的“矮行星”，不再被视为行星。

照片，可以发现它们在缓慢转动，每转一周大约需几百万年的时间。在观测中我们发现，这些星云有很高的线速度，它们转动的周期长，不是因为运动缓慢，而是它们的体积过于庞大。

如果我们作这样一个假设：不同的星云都有一个相同的转动速度。那么，根据上面所述，自轨道平面边上平视而见的星云，通过光谱学，可以测出它们的线速度，而那些越过我们视线外的星云，也可以通过光谱学测出它们每年的角速度，把这两种速度进行比较，就可以对它们的距离作出一个大概的估计。在旋涡星云的旋臂中，可以看见造父变星，如果假设造父变星的光变周期同绝对亮度有一定的联系，那么，对造父变星的视亮度和距离就可以进行测量。用这种方法，我们测出造父变星的距离大约在几十万到几亿光年之间，也就是说，大多数旋涡星云都离我们很远，远在银河系以外。

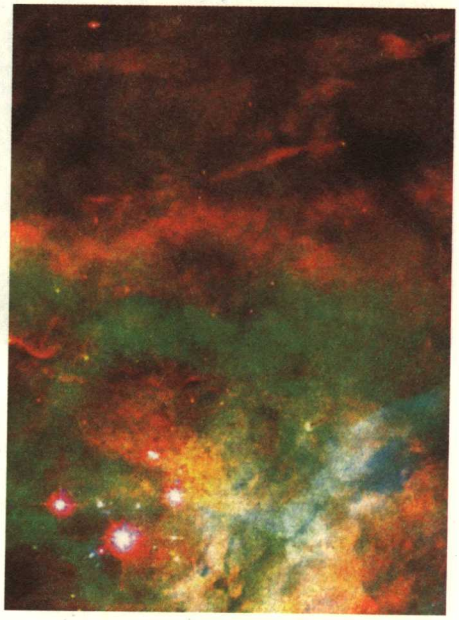


蟹状星云

因该星云的形状像螃蟹，而得名蟹状星云。蟹状星云的脉冲周期为 0.0331 秒，是超新星爆发时形成的坍缩致密星。

有关恒星演化的星云说，最早是由康德提出来的，18 世纪末，拉普拉斯在解释太阳系的起源时，引用了康德的星云说。根据自己对气体星云的理解，拉普拉斯提出：在海王星轨道内的空间充满着星云，这些星云通过旋转运动，让自身的引力不断进行收缩，由于在收缩时角动量不变，它们的旋转速度将逐渐加快。在收缩的各个不同阶段中，这些星云会遗留下环形的物质，这些物质凝结后将变成行星或卫星，围绕着一个中心物质转动，这个中心物质就是太阳。

拉普拉斯这个学说存在着许多缺陷。1900 年，莫尔顿指出，环形物质不会破裂也不会变成球形。张伯林也提出，像气体星云这样大的气体团，它的引力并不能让分子的扩散速度和辐射压力缩小。秦斯也用论据证明，行星不可能是由物质凝结而形成的。



恒星的形成

恒星有自己的生命史，它们诞生、成长、衰老，最终走向死亡。恒星与生命的联系不仅表现在它提供了光和热，实际上构成行星和生命物质的重原子就是在某些恒星生命结束时发生的爆发过程中所创造出来。

实际上，天上的旋涡星云要比拉普拉斯想象的大上百万倍，旋涡星云的实际发展过程也与拉普拉斯的想象有很大的区别，在旋涡星云中，其引力比气体压力和辐射压力的作用更大。这些星云不但不扩散反而会收缩，它们的旋转速度比拉普拉斯所想象的还要快。在解释小规模的太阳系时，以上说法行不通，但用来解释那些庞大的星系则非常有效。

秦斯通过数学证明：一个具有引力的气体团，在受到其他物质团潮汐作用的影响而产生转动后，会逐渐形成一双凸透镜的形状。如果旋转速度加快，其边缘会因不稳定而分裂成两个旋臂，旋臂上局部地方会出现凝结现象，而每个凝块都可以形成具有一定体积的恒星。这



彗 星

彗星是太阳系成员之一，环绕着太阳运行。当彗星临近太阳，气体和尘埃粒子会被吹向彗星后面，形成彗尾。当彗星远离太阳时，彗尾将会朝向移动的方向。



暗物质

各种宇宙学观测强烈地暗示，在看到的星系和其他星系中必然存在有比观察到的更多的物质。从 20 世纪 70 年代开始，天文学家们便知道，在螺旋星系的外面区域观察到的恒星旋转速度，与从星系的可见恒星分布的公转速度存在偏差。这表明，在螺旋星系之外，存在更多的暗物质。

是一个根据理论而推测出来的预言，不过，这个预言已被哈布耳的观察结果所证实。因为，哈布耳对星云的划分，是完全按照秦斯的预言来进行分类的。这样，我们通过旋涡星云，还可以发现在银河系之外那些正处在形成过程中的其他星系。

旋涡星云臂上的小凝块，是不是变成了另一个太阳系呢？根据秦斯的数学推证，这种情况是不大可能的。如果这种小凝块的转动速度快得能够酿成分裂，那么，分裂的结果也只能是形成互相绕转的双星。就是说，双星可能就是恒星的一个正常演化过程，而另一个演化过程则形成孤独的单颗星。

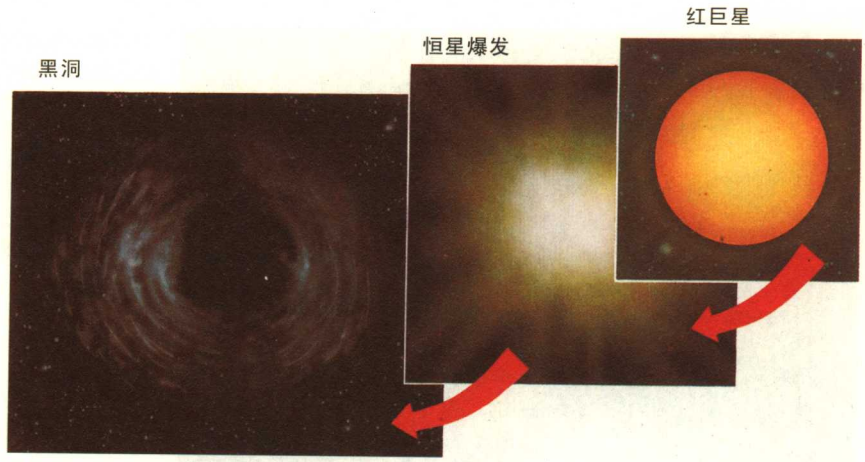
但是，莫尔顿、张伯林和秦斯等人，对太阳系的起源提出它们的一些推测：在早期阶段，当两个运行的气体星互相接近时，就会发生潮汐波，在两星接近到某一临界距离时，这个潮汐波就会发射出长臂状的物质，这个物质经过分裂而形成地球和其他行星。不过，发生这种事件的可能性很小，根据秦斯的计算，像那些伴随行星系的恒星，大约每 10 万个中才有一个。

我们把有关恒星演化的新学说概括如下：恒星是从旋涡星云的旋臂中飞出来的、大小相似的一种气体团。恒星在发出辐射时其质量会因此而减少，但由于它们的体积较大、发出辐射的速度也比较快，因此，它们的质量在总体上是逐渐趋于相等。

不管恒星的温度和压力怎么样，最年轻的星质量也最重，而辐射也最多。如果它们全部都是由地上的原子组成，那么，在温度和压力增高的时候，其辐射也相应增加，这与我们前面所说的情况有所区别。但这些情况说明，辐射能量大部分都来自于人们迄今未知的几种极端活跃的物质。当恒星衰老时，这些物质也跟着消逝，也可能是因为原子的嬗变，使这些物质发生湮灭并转化为电磁辐射。但由此释放的能量异常强大，按照相对论的解释：质量 m 可以转化为 mc^2 的能量，这里的 c 表示光速，即每秒为 $3 \times 10^{[10]}$厘米，就是说，质量为一克的物质转化为辐射后，其能量相当于 $9 \times 10^{[20]}$尔格。因此物质湮灭也就是一种适宜的嬗变，它

所释放出来的能量也是非常惊人的。

这是天体物理学上的一个新理论，这个新理论使人联想到牛顿在《光学》一书中所说的一句话："那些庞大的物体和光不是可以互变吗？物转变为光和光转变为物，这同那种乐于变化的自然程序则是十分吻合的。"



黑洞后方遥远的恒星发出的扭曲了的光

黑　洞

黑洞被视为一个大质量恒星寿命的最终阶段。恒星在大爆炸中向内坍缩，变成一个"洞"。它之所以会被视为一个洞，是因为有一个强大的引力作用，致使没有任何光线可以由此从恒星中逃逸。处于时间与空间之间的黑洞，使时间放慢脚步，使空间变得有弹性，同时吞进所有经过它的一切。1969 年，美国物理学家约翰·阿提·惠勒将这种贪得无厌的空间命名为"黑洞"。

也许，恒星正在向辐射转化，宇宙间的物质，不是直接转化为空间的辐射，就是变成懒惰的不运动的事物，构成我们世界的主要物质就是如此。地球上的物质含有 92 种元素，按原子序数排列，排在第 1 位的是氢，排在第 92 位的是铀。如果地球上还存在着另外的元素，它们不是同位素，就是具有更高的原子序数，其结构也比铀更加复杂。现在，人们至少已经发现了一个名叫钚的新元素。由于这些元素具有强烈的放射性，因此它们一般都不会稳定，可能大多数都是早已不复存在了。人们过去认为，根据光谱提供的证据来看，物质的演化过程是由简单到复杂，是从老年星中的氢转入到青年星中的钙。但是，今天对这些事实的解释就与以前大不相同了。人们认为，各种恒星的演化过程表明，这种演化将有利于氢或钙在大气中的运动以及辐射的放出。有天文学家提出，在恒星的演化中也伴随着复杂原子的分裂，其中，大多数原子直接转化为辐射，少数原子则变成不活泼的灰分。这些灰分虽然只是宇宙变化的一种副产品，但它们却是组成我们的世界和我们身体的主要物质。铀与镭是介于活泼原始原子和不活泼元素两者之间的物质。

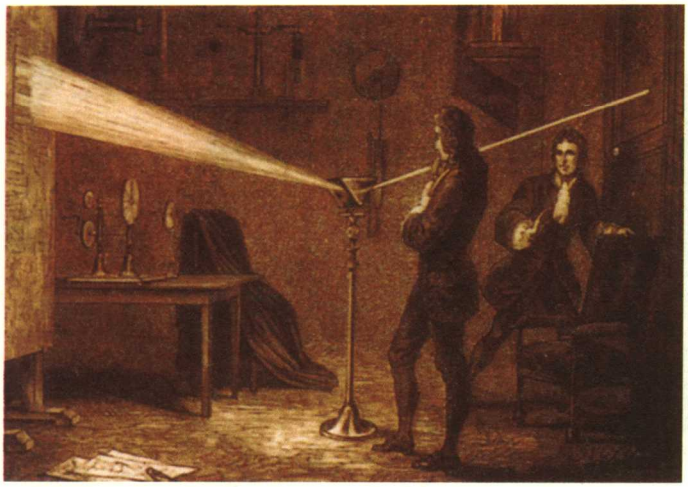
海王星

海王星是环绕太阳运行的第八颗行星，也是太阳系中直径第四大的天体。海王星由各种各样的"冰"和含有 15% 的氢和少量氦的岩石组成，它的大气多半由氢气和氦气组成，还有少量的甲烷。海王星的蓝色是大气中甲烷吸收了日光中的红光而造成。



在宇宙中，只有与地球条件相似的星球才可能有生命存在。行星系几乎没有这种可能，因为，我们的行星好像不可能维持"来自其他世界的生命"。

凯尔文的能量放射原理对恒星演化最后的状态作了具体阐述，在恒星演化的最后状态中，物质和能量都是均匀分布，它们不再有运动的可能。现代的理论虽然把恒星的演化过程做了一定的修改，但得到的结论也基本相同。宇宙发展的趋向是：从活泼的恒星原子转化为空间的辐射，或变成即将熄灭的太阳的和凝冻的地球中的惰性物质。也就是说，宇宙中的物质将



牛顿的光学实验

在牛顿之前，墨子、培根、达·芬奇等人都研究过光学现象，而反射定律更是很早就被人们认识的光学定律之一。牛顿与他的前辈一样，用极大的兴趣和热情对光学进行研究。1666 年，牛顿在家休假期间，用三棱镜做实验，得出了白光的颜色组成原理，这是牛顿在光学领域的第一大贡献。

全部毁灭，所产生的辐射只能使空间的温度仅仅增高几度而已。秦斯计算出：只有当温度升高到 $7.5 \times 10^{[12]}$度时，辐射和再度沉淀的物质才能在空间出现饱和状态，活动物质中那些遗存的原子和辐射非常巧合地聚集在一处，因此，物质再度沉淀的概率非常小。但是，不管我们需要等待多长的时间，永恒总是更长久。霍尔丹曾经提出过这样一种看法：在现有的宇宙消灭后，原子和辐射的聚集可能会重新创造出一个新的宇宙，也许，我们现在的宇宙就是在辐射弥漫的漫长年代之后产生的。但秦斯和爱丁顿都否认这种说法。

在这些问题上，我们好像找不到确切的证据。历史昭示我们，科学研究必须谨慎从事。现代天体物理学才创立几年，许多未知的东西还有待于我们去探索和研究。

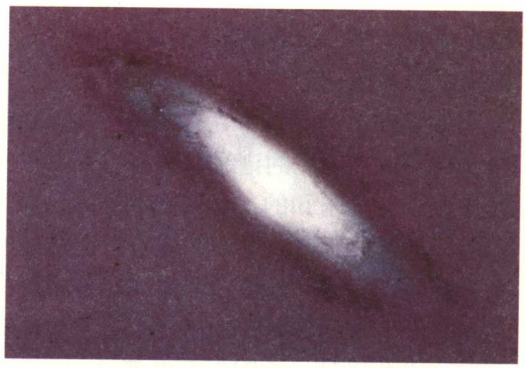
TIANTI WULIXUE XIANZHUANG 天体物理学现状

量子理论是埃格特在 1919 年提出的，1921 年，萨哈把它应用到恒星的外层空间，并在此基础上建立了现代恒星光谱理论。

暗物质性质

螺旋星系的中心部分主要由恒星组成，这些恒星的外围有宇宙学家不能直接看到的暗物质主导。目前，宇宙学家的工作是去发现恒星外围暗物质主导形式的性质。一般认为，这些暗物质是由质子、中子和电子组成的平常物质，且处于某种不易检测的形式。然而，随着研究的深入，宇宙学家们开始相信，暗物质中的可观部分应该是与平常物质不同的形式，甚至是由更奇异的粒子种类构成，但它们还没被实验检测到。

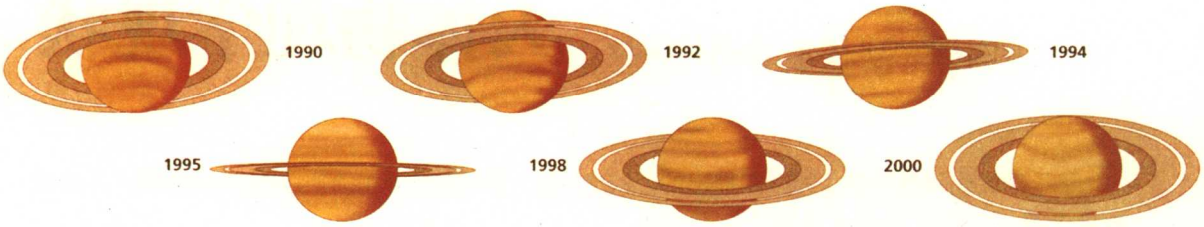
现在，已有许多证据证明，星际空间存在着一种稀薄物质。猎户座 & 星是一对双星中的一个成员，同其他双星一样，当猎户座 & 星环绕着伴星旋转时，它的谱线将表现出一种移动现象。1904 年，哈特曼通过观察发现，H 和 K 这两条钙线并不参与这种周期性的移动，另外，在其他双星的光谱中，D 谱线好像也是固定不动的。但普拉斯基特和皮尔斯认为：这些谱线并不是真的固定不动，它们的运动有点像我们星系的自转运动。这些看起来是固定的谱线，只有在 1000 光年以外的恒星光谱中才能看见，并且，恒星的距离越远，其谱线也越强，这显然是由散布在空间的钙和钠造成的。在某些地方，这些钙和钠将凝聚成宇宙云或气体星云，但这种星际物质的密度非常小，大概平均为 10^{-24}，也就是说，每立方厘米中只有一个原子。即使那些典型星云例如猎户座大星云的，也是 10^{-20}，它们只有实验室所造的高度“真空”的密度的百万分之





氢元素　合成图片

氢有三种同位素：1H（氕）、2H（氘，也叫重氢）、3H（氚，也叫超重氢），其中 1H 在自然界的丰度约为 99.98%。氢的单质在通常情况下为无色、无味的气体。氢气是最轻的气体，微溶于水。



土星的光环

在太阳系的行星中，土星的五个光环（三主环，二暗环）最惹人注目，它使土星看上去就像戴着一顶大草帽。观测表明，构成光环的物质是碎冰块、岩石块、尘埃、颗粒等，它们排列成一系列的圆圈，绕着土星旋转。从地球上看，土星呈现出南北方向的摆动，这就造成了土星环形状的周期变化。

一。由于很少发生碰撞，宇宙星云中质点的热量也很少丧失，因此，它们能够维持的温度高达15000℃，而天空中陨星的温度则可以降到零下270℃。

气体星云自身不会发光，它是反射它区域内的极热星的光。极热星发射的光，对气体星云的质点起了激发作用，从而使气体星云发射出不同周期的光线，也就是说，这是一种荧光效应。还有一种星云叫暗星云，这种暗星云阻挡着远处的星的光从此透过。暗星云和亮星云的性质基本相同，只是在暗星云的区域内，没有能够发光的极热星，这些暗星云，它们的质点、大小和光的波长都极其相似，另外，它们都具有极强的吸光能力。

在亮星云的光谱中，有许多明线，这些明线主要是电离氢和氦的谱线，还有一些是在实验室中不可能看见的谱线，例如，其中有两条绿色的谱线，最初，人们推测这两条绿色的谱线来源于一个未知的、名叫氧的元素。但包温在1927年发现，这些奇怪的谱线是来源于双电离氧原子，所谓双电离氧原子，也就是可以从一个轨道跃到另一轨道的卫星电子。在地球上那些比较烦扰的环境中，通向这些轨道的路径是封闭的，而在安静的星云里，这些路径却是一直敞开着的。另外的谱线来源于单电离的氮，它们的卫星电子也遵循着“禁戒跃迁”的原则。由此可见，空间里存在着钠和钙以及我们熟悉的氧和氮。

1869年，勒恩作了这样一个假定：太阳上的质点和理想气体中的质点都进行同样运动，并且，它们内部的热量都是物质的。根据这种假定，勒恩计算出了太阳的理论温度。而爱丁顿从另一个角度提出了辐射的重要性，爱丁顿认为，辐射从太阳内部发出，被外层的原子和电子捕获后，便由X射线降为一种可以看见的光，而它的能量也只能慢慢地散发。因此，近年来，人们感觉到在高温下，辐射的和物质的这两种热量的差别要比想象中的大，但在事实上，这两种热量是基本相等的。在5000℃的温度中，每平方英尺的辐射压约为1/20英两，但在太阳中心摄氏2000万度的高温下，每平方英寸的辐射压就高达300万吨。

如果我们能够得到太阳质点的压力，就可以推算出太阳为维持其体积所必需的内部温度，起初，人们认为，在太阳中自由运动的质点就是一般的原子和分子，但现在，人们将用新的原子理论去探讨这个问题。

纽沃尔曾向爱丁顿提出，太阳或恒星的高温必定会使原子电离，也就是说，太阳或恒星的高温会剥掉原子外围的电子。以氧原子为例，氧原子的原子量是16，它的外围电子共有8个，加上一个核，这样，就有9个质点，从1.75到2.46，平均量为1.78，约等于2。而氢原子则是分裂为质子和电子两个质点，其质点的平均量不是2而是1 / 2。因此，按温度划分，我们可以把质点分为氢和非氢两类，星的含氢量越多，它的光度也越小。根据观测的结果，多数恒星的光度都是按1/3氢和2/3非氢的比例构成。1929年，阿特金森和霍特曼斯提出，在

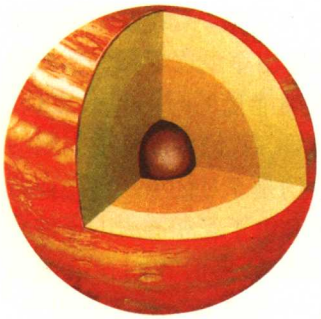
太阳内部温度很高的条件下，如果没有外围电子作保障，原子核将遭到摧毁。

有关恒星物质电离的说法得到了量子理论的支持。量子理论是埃格特在 1919 年提出的，1921 年，萨哈把它应用到恒星的外层空间，并在此基础上建立了现代恒星光谱理论。

天文学家在分析了许多与原子有关的新知识后，又重新回到勒恩的理论中来，他们假设巨星质点的作用与理想气体相同，即使在前面所说的致密恒星中也是如此。在那些致密的恒星里，原子外围的电子已经被剥掉，因此，它们的核和电子所产生的作用，与独立的质点完全相同。

在银河系外那些距离遥远的地方，还有许多的星系，它们以旋涡星云的形态出现在我们眼里。在威尔逊山上，100 英寸的反射望远镜去观测，能够看见的旋涡星云有数千万之多，其中，与我们距离最远的大概在 5 亿光年以外。200 英寸的反射望远镜，其功能是 100 英寸反射望远镜的两倍，如果这些星云呈均匀分布状态，而空间又无吸光物质的话，200 英寸的反射望远镜能够看见的星云将是 100 英寸反射望远镜的 8 倍。在这里需要提示一下，以上所说的宇宙线主要是指这些外围区域，也就是旋涡星云。

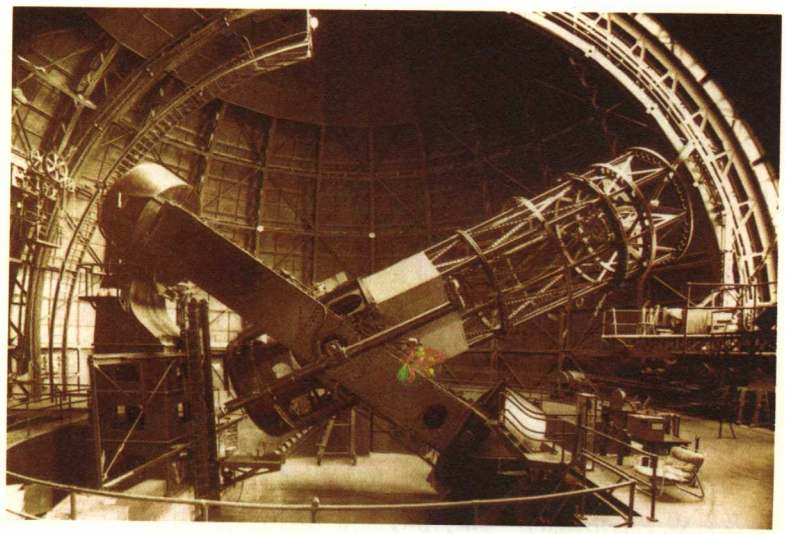
我们在前面说过，与地面对应的谱线相比较，旋涡星云的谱线是向红端方向移动的。这意味着，旋涡星云可以退行，而退行的速度是同距离成正比而增大的，因而有人认为，这是宇宙在不断膨胀的具体表现，德·西特的空间理论也提出了这种宇宙膨胀说。可以这样说，理论与实际观测是相符的。



木星结构图

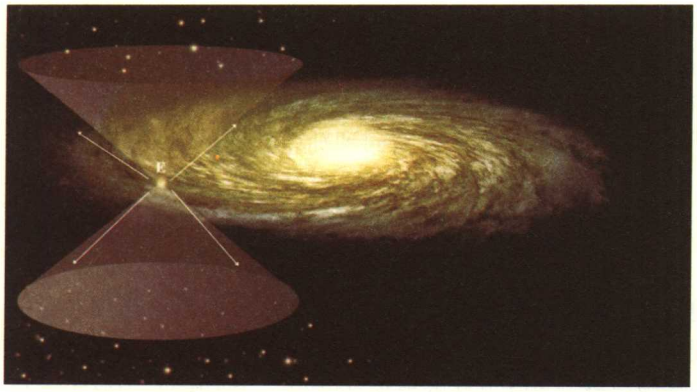
木星古称岁星，是太阳最大的一颗卫星，它有一个石质的内核，相当于 10^{-15} 个地球的质量。木星的内核上大部分是行星物质集结地，以液态金属氢的形式存在，液态金属氢由离子化的质子与电子组成。木星的大气层相当紊乱，这表明了它内部的热量使得飓风在做急速运动。

米耳恩认为，如果星系一开始就具有现在的速度，那么，密集在小范围内而又具有最大速度的星系，就会离我们越来越远。通过观测，我们可以得到旋涡星云的距离与退行速度之间的关系。1932年，爱丁顿推算出旋涡星云的退行速度大约是每秒528公里，在 15 亿年以后，宇宙的体积将增加一倍。这样说来，宇宙的半径一开始就是 10 亿 6800 万光年，宇宙的总质量相当于 1.08 × 1022 个太阳的质量，宇宙的质子数或电子数是 1.29 × 1079。有人提出，现在的热力学可能就是宇宙膨胀的一种特性。事实上，托尔曼早就提出了一种相对论的热力学，托尔曼认为，



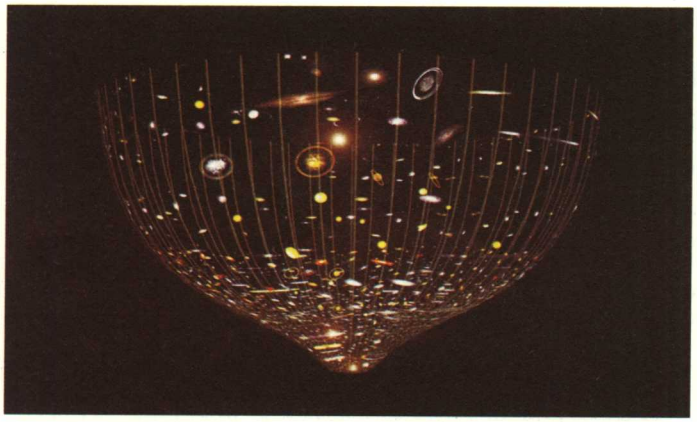
虎克望远镜

对宇宙深处奥秘的好奇让科学家和工程师们不断挑战望远镜的极限。1917 年，主反射镜口径为 100 英寸的虎克望远镜在美国威尔逊山天文台建成，正是使用这座望远镜，埃德温·哈勃发现了宇宙正在膨胀的惊人事实。



地球公转

地球（E）围绕着位于螺旋的银河系外部区域的太阳公转。螺旋臂上的恒星尘埃遮住了我们在银河系平面上的宇宙视野，但是我们在该平面每一边的方向圆锥中的视野都非常清晰，而且能够画出遥远星系的位置。



宇宙的膨胀

广义相对论彻底地改变了有关宇宙起源和命运的讨论。它使宇宙的膨胀理论日益得到证明。科学家们对宇宙的星系进行观测的成果都表明宇宙正在膨胀：几乎任何一对星系之间的距离都在增大。

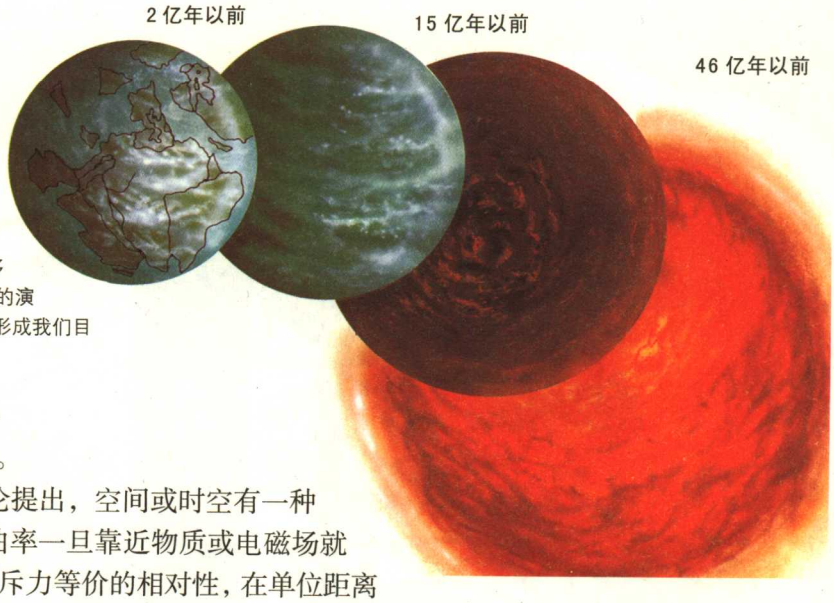
在不断收缩的宇宙中，第二律是反向的，当能量越来越多，从辐射再转化成物质也是可能的。以上观点使我们作出这样一种假设；可能有一种脉动的宇宙，而我们所处的时代刚好是它的膨胀阶段，这样的宇宙没有一个开始和终结。

但重要的问题是：太阳和恒星的辐射能量来源于何处？由于太阳和恒星的内部温度保持几千万度以上，因此，能量不可能从外面进入，它只能来自于内部的某种原子。爱因斯坦的质量与能量理论提出，太阳能够储蓄的总能量是 $1.8 \times 10^{[54]}$ 尔格。以太阳现在的输出率计算，这足够人类使用15万亿年，但随着质量的减少，其输出率也逐渐减少，太阳供给人类能量的时间将会更长。通过推算，我们可以知道太阳的年龄大约是5万亿年。这是在假设质子和电子互相湮灭的条件下得出的结果，但我们在前面说过，由于阿斯顿发现了正电子，因此，这个假设很难成立。

1920年，阿斯顿对氢的原子量作了精密的测定，在此基础上，阿斯顿提出，当氢嬗变为另外一种元素时，由此可以产生大量的能量，这为能量的来源提供了一种新的说法。通过近几年的观察，这个说法具有相当大的可信度。这个能量的来源过程，就是氢在碳和氮的催化作用下转化为氦。

但是，通过这种方法所获得的能量，比由质子和电子互相湮灭而获得的能量要少些，因为，质子和电子互相湮灭时要用去太阳的全部质量，而由氢转化为氦只会用去太阳质量的10%。这样，太阳的辐射仍然可以维持100亿年，如此长的时间，足够满足地质学者的研究需要了。恒星的年龄大概是星系退行所需时间的几倍，也就是几十亿年，如果把引力收缩和放射物质所释放的能量计算在内，恒星的年龄可能还要大一些。阿斯顿的理论证明了太阳和恒星具有相对的稳定性，这是人们相信这个理论的一个重要原因。

我们可以把以上数据同地球的年龄进行比较，地球的年龄是根据岩石里的放射元素铀、以及钍蜕变后形成的产物的相对含量来测定的，用这种方法，人们推算出地壳形成的最早时



地球的形成

一般认为地球大概是在 46 亿年以前形成。它先是由一层雾状的气体和灰烬在重力作用下形成的固态球体，经过漫长的岁月后，岩石、地壳、海洋及大气层渐渐形成。约 2 亿年以前，地球表面只有一个大陆块，后来大陆块逐渐分裂成许多较小的陆地。又经过上百万年的演变，这些陆地经过漂移，最后形成我们目前居住和熟悉的各大洲。

间大约在 16 亿年以前。

爱因斯坦的相对论提出，空间或时空有一种自然曲率，这种自然曲率一旦靠近物质或电磁场就会增加，它具有与宇宙斥力等价的相对性，在单位距离中，宇宙斥力是一个常数，即 Y，这个常数的值，可以通过对星系的退行速度和万有引力的推算而得出。根据爱丁顿的计算，星系的退行速度和距离成正比，星系的退行速度大约是每秒 500 公里，在 15000 万光年处，是每秒 1.5 万英里。在 19 亿光年处，则是每秒 19 万英里，由于这个数字大于光速，显然存在着一定的错误。也许，爱因斯坦或德·西特的闭合时空理论，可以弥补我们理论中的缺陷。





第 9 章

20 世纪的哲学

20 世纪初，科学在物理学、化学以及生物学方面取得的巨大成就，猛烈地冲击着自柏拉图以来的传统古典哲学，特别是达尔文进化论给思想界带来的强烈震动，更是让许多哲学家意识到，哲学已经不可能局限在自身基础上孤立地发展，它必须吸收其他学科的知识才能获得新生。

水 洼　埃舍尔　木版画　1952 年

我们总是试图去描述世界存在的终极价值意义，而忽略现实世界本身，如果我们的研究方法一直保持这个视角，那么哲学的人文关怀就会被架空在一个虚伪的角度，而不能关注存在的本身。埃舍尔善于把握现实存在的一些微观事物，从中得出现实世界的存在价值。这幅图描绘的只是一个平常的水洼，画面却充满着令人炫目的美：水洼里映照着明月和树木，泥土上印着车辙和脚印。就是这样一洼小小的自然景色映现着天上与地下，自然与人类的整个世界。

进化论与哲学 JINHUALUN YU ZHEXUE

进化论只是生物学中的一种学说，但到后来，进化论竟演变成了一种哲学，甚至有人把它当着一种信条。

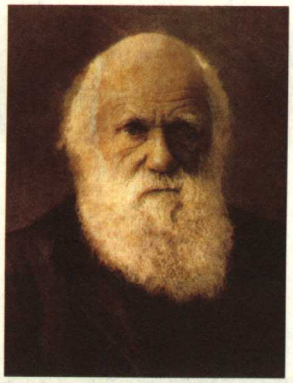
法国百科全书学派所传授的哲学，主要来源于牛顿的科学思想。后来，这种哲学与达尔文的学说融合在一起，共同构成了德国的唯物主义哲学。在唯物主义哲学产生以前，康德、黑格尔及其他们的信徒已建立了一种唯心主义的哲学。尽管这种哲学在经院派哲学中占有一定的优势，但由于大多数科学家都对它表示反感，因此，一百多年来，许多科学家都对哲学持否定态度。

1879年，罗马教皇列奥八世颁发诏书，再次宣布将圣托马斯·阿奎那的学说定为罗马教会的官方哲学，从而使托马斯的学说在天主教的思想中得以复活。在当时，有人尝试着用一种正统神学家能够接受的现代科学知识，来对中世纪经院哲学进行诠释，但是，这种尝试的结果，只是使经院哲学对某些科学知识进行了一定的妥协，它并没有让经院哲学接受整个科

达尔文（中）及《物种起源》

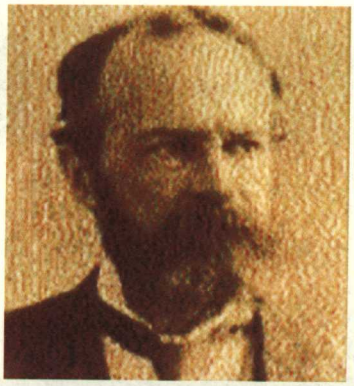
查理·达尔文（1809年—1882年），英国博物学家、进化论奠基者。22岁以博物学家的身份作历时5年的环球航行，并由此形成了生物进化的观念。1859年，达尔文发表划时代的巨著——《物种起源》，震惊了科学界和整个世界。达尔文在书中阐述并论证了高等生物，是由低等生物逐渐演变而来的进化论思想，并提出了以自然选择，适者生存为基础的进化学说。进化论与能量守恒转换定律、细胞学说一道，被誉为19世纪自然科学的三项伟大发现。图为达尔文（中）及他的《物种起源》。





威廉·詹姆斯

威廉·詹姆斯（1842年—1910年），心理学家、哲学家，实用主义的奠基人，同时也被认为是美国哲学的创始人。詹姆斯的实用主义极大地影响了美国人的思想和行动，它造就了美国气质，同时影响了整个世界。



学精神。就是说，这些尝试的成果不在我们的讨论之列，我们只对哲学在其他方面的发展状况进行探讨。

20 世纪初，许多科学家都不自觉地怀有一种朴素的唯物主义思想，或者说，只要他们对这类问题进行思考，他们的思想不是倾向于马赫和皮尔生的现象论，就是倾向于海克尔和克利福德的一元进化论。



海上的星期日　奥古斯塔伯爵　油画　19 世纪

该画描绘的是星期天的“贝格尔”号舱内的情景。“贝格尔”探测船是英国皇家军舰，1831 年至 1836 年，达尔文跟随该舰进行了历时 5 年的环球科学考察。图中，该舰舰长菲茨·罗伊率领大家在读《圣经》，左下角的达尔文则在研究观察日记。

达尔文虚怀若谷，在他的心目中，进化论只是科学中的一种学说，用自然选择假设说，可以对进化论的某一部分进行解释，但到后来，进化论竟演变成了一种哲学，甚至有人把它当着一种信条。进化论在生物学方面给思想界带来的真正意义是：任何事物都是不断发展变化的，如果这种发展变化与环境不相适应，就可能被自然界的规律所淘汰。我们已经发现，思想界已经逐步接受这些思想，并在许多方面加以推广应用。但这种科学学说给思想界带来的影响，并不是它成为一个哲学体系的理由，这种学说也不能用来解释客观实在的基础和意义。生物学和古生物学告诉我们，从一个简单的种进化到具有各种复杂类别的种属，需要几百万年的时间，而进化论的哲学家们自斯宾塞开始，都一直认为这个进化过程是事物的普遍定律。因此，尽管进化论在最初是同唯物主义决定论相联系的，但在某一个时期，竟演变成为乐观主义的哲学了。即使死亡是个人生命的终结，但人们也可能会意识到，人的生命是有机体系或宇宙结构中，不断进化的若干连锁环节中的一环。

近年来，进化论哲学出现了一些新动向，其中，特别引人注目的那种企图用生物学来否定物理学的机械观点，而柏格森更是极端，他不但要否定物理学，而且还要把逻辑学及其基本原则全部否定。柏格森认为，在生命不断循环转化的宇宙长河中，时间的分段是虚幻的，客观实在可以在生活中得到，但不能用理性思维去推敲。柏格森对终极因的说法表示认可，但他认为产生终极因的原因同宿命论者所主张的原因不一样，终极因是随着进化论的创立而重新形成的。

因此，柏格森推崇与理性相对立的本能和直觉。柏格森认为，理性只是在生存竞争中，通过自然淘汰而产生出来的一个具有实用作用的优点而已。如果用这种说法来解释本能，可能更为合适。实际上，在原始而实用的需要中，最具生存价值的就是本能的需要。知识的拓展依靠的是理性以及直觉和理性的有效结合，其中直觉和理性的作用与自然选择没有关系。但是，为了有利于科学的研究，在柏格森创立的自然选择学说和进化论哲学中，理性和直觉则是必不可少的。

威廉·詹姆斯的实用主义是进化论哲学的另外一种形式。这种实用主义把信念的真理性作为唯一的试金石，衡量一个事物的实用价值就是看它是否有用。实用主义闭而不



计算时间的仪器

从古至今，人们计算时间的方式有很多种。沙漏及水钟是利用沙或水由一容器流向另一容器的速度来计时。钟摆时钟以摆动的钟摆来计算时间。石英表和原子钟分别利用石英晶体及原子的振动来计算时间。

谈科学和宗教上的不可知论。归纳法的可靠性问题，是一个长期都没有定论的难题。实用主义提出：如果我们要生存下去，就必须把归纳法看成是可靠的，假如我们把过去的观察作为将来的指南，我们一定会遭遇灾难。根据自然选择学的说法，宗教既然能够广泛流行，那么，许多宗教信仰就是有生存价值的。而按照实用主义的解释，这些宗教信仰就是“真理”。我们不妨这样说，如果一个实用主义者为了求得生存而改变了他的信仰，那么，他的“真理”内容也就会发生变化。比如说，一个实用主义者为了在亨利八世、爱德华六世、以及玛丽和伊丽莎白等四个朝代的统治中生存下来，他就会不断地改变他的信仰，这样一来，他的“真理”内容就会不断地扩充。詹姆斯说过，在科学和日常生活中存在着许多信念，但只有在实践中行得通的信念才算得上是真理。但是，还有一些其他的信念，必须要用另外的试金石来检验，这个另外的试金石就是直接观察和实验。于是，这就为狭义的实用主义者提供了一个新的检验标准。

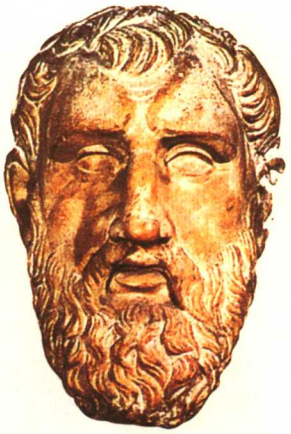
随着科学和哲学发展，进化论也成为了历史学、社会学和政治学的普遍原则。但是，各个时代都有这样一些哲学家，他们始终坚持着起源于柏拉图，后经德国哲学继承和发展了古典哲学传统。黑格尔认为，有关客观实在世界的知识，可以通过逻辑来推导，而英国的布莱德雷则把这个学说推向了现代化。1893 年，布莱德雷在他的《外观与实在》一书中提出，用空间概念和时间概念表述出来的现象世界是虚幻而矛盾的。在巴门尼德、芝诺和柏拉图时代，还产生了一种客观实在的世界应该与逻辑相互吻合的思想。

自 1900 年后，黑格尔派的这种思维方式，在哲学家中日益盛行。但与此同时，逻辑学家胡塞尔则发现了黑格尔哲学中的一些谬误，并且，胡塞尔对布莱德雷提出的时间与空间是自相矛盾的观点也表示否认。在这个问题上，逻辑学家与数学家的观点一致。另一方面，一些人对理性的束缚开始进行反抗，他们反对那种认为世界符合逻辑的古典形式主义，在反抗过程中，他们接受了柏格森推崇的直觉和本能的学说，有的还陷入詹姆斯的实用主义即激进经验论。激进经验论认为，实在的观念只能建立在经验的基础上。逻辑学家和数学家的思想具有较强的科学性，由此再一次推动了物理学与哲学的携手发展。

马赫在分析经验时所提出的那些观点，在詹姆斯的激进经验论中被再一次提出。这种观点与逻辑学、认识论以及数学原理方面的新观点一起，共同形成了一个新的哲学流派，人们把它称之为“新实在论”。新实在论诞生于哈佛大学，它摈弃了那种要建立一个包罗万象的系统的思想，就像 17 世纪科学摈弃经院派哲学思想一样。在研究普遍问题时，新实在论把那些零散的知识合并在一起来研究，如同科学对具体问题的研究一样，每当在观察或实验中发现证据不充分时，它们就提出一些假设。新实在论不相信实在会以某种方式随人们的思想而转移，在这个问题上，它与唯心主义是有很大区别的。但是，新实在论的哲学思想超越了马赫的纯粹现象论范围，新实在论认为，科学不但可以研究人的感觉和心理，通过某种方式，

它还可以对永恒的实在进行研究。新实在论对逻辑学的认识是：通过某一事物的内在性质，并不一定就可以推出这一事物与其他事物的联系。实际上，在逻辑学和认识论方面，新实在论又重新采用了分析的方法。但是，新实在论在哲学研究中运用了大量的数学原理，这在思想界产生了相当大的影响。

罗素说：从埃利亚的芝诺开始，唯心主义的哲学家们，总是竭力败坏数学的信誉，他们有意制造出各种矛盾，企图以此来证明数学不能求得实在的形而上学的真理，而哲学家却能奉献出优秀的作品。这种作风在康德身上比较突出，而在黑格尔身上特别严重。在 19 世纪，康德哲学的大部分内容已被数学家摧毁，特别是洛巴捷夫斯基发明的非欧几里得几何学，更是把康德先验美学的数学论据彻底否定。后来，魏尔斯特拉斯论证了数的循环不包括无穷小，坎托发明了数的循环理论和无穷大的理论，从而一举解决了自古以来哲学家们津津乐道的那些疑难问题。康德提出的算术与逻辑没有联系的观点，经弗雷格证明也是错误的。这些成就，都是通过运用通常的数学方法而取得的，其准确性不亚于乘法歌诀。而那些唯心主义哲学家采用的对抗方法，就是不看与数学有关的著作，只有那些具有新思想的哲学家才吸收这些新成果。因此，对那些固步自封、以无知为荣的对手，通过辩论就可以把他们一举击溃。



芝　诺　雕塑

斯多葛派创始人芝诺的学说大体上是犬儒主义与赫拉克利特思想的结合品。芝诺强调法律统治以及政治体制的普遍有效性。除了圣教的断章引句外，他的著作未能流传下来。

哲学领域中这次思想革命的意义，只有那些精通数学知识的人才能领会。这次革命的结果证明，哲学已经不可能局限在自身基础上孤立地发展，它必须吸收其他学科的知识共同发展。在中古以及现代的一些哲学体系中，其他学科是哲学家从预定的宇宙结构中推导出来、并用来解释这个宇宙结构的。新实在论要求哲学家必须向牛顿那样，在建立自己的思想体系庙堂之前，对数学和科学要有充分的认识和了解。这个庙堂只能通过一砖一瓦慢慢地建立，它不可能从理想中一下子就取出一个完整的庙堂来。

新实在论以数理逻辑为工具，在研究方法上，它与以往的哲学有很大的区别，它能够发现科学新知识的哲学意义。因此，新实在论的研究方法虽然主要得益于数学的发展，但其重要数据则来源于物理学的相对论、量子论和波动力学。现在，我们尽量撇开枯燥的专业术语，对建立在科学基础上的这个最新哲学流派作一个简单介绍。

柏格森

亨利·柏格森（1859 年— 1941 年），法国哲学家。他倡导的生命哲学是对现代科学主义文化思潮的反驳。他提倡直觉，贬低理性，认为科学和理性只能把握相对的运动和实在的表皮，不能把握绝对的运动和实在本身，只有通过直觉才能体验和把握到生命存在的“绵延”。1927 年，“为了表彰其丰富而生气勃勃的思想和卓越的技巧”，他被授予诺贝尔文学奖。



逻辑学与数学 LUOJIXUE YU SHUXUE

数理逻辑能够帮助学者认识抽象的概念，并能提示人们重视那些容易被忽视的假说，数理逻辑诱导出了一个有关物理学概念的理论和关于数论的新学说。



约翰·斯图加特·穆勒

约翰·斯图加特·穆勒（1806年—1873年），英国哲学家、逻辑学家、经济学家，实证主义和功利主义主要代表之一。1823年随父去东印度公司，1858年回国。1865年当选为英国下议院议员。主要作品有《逻辑体系》、《政治经济学原理》、《功利主义》等。

逻辑学是运用推理来进行论证的基础科学，因此，逻辑学涵盖了所有的推理方式。不过，由于历史的一种偶然巧合，逻辑学最早却来源于演绎法。希腊学者创立的演绎几何学所产生的重大影响，使亚里士多德在创立逻辑学时过于偏重演绎推理。与此相反的是，弗兰西斯·培根却坚持认为，归纳法的重要性才是独一无二的。因为，培根发现，新的实验方法具有非常远大的前途，但培根同时也强调推理的重要性，他把推理方法分为三种形式，即从特殊到特殊，再从特殊到普遍，然后再从普遍到特殊。穆勒将亚里士多德的研究成果与培根的研究成果结合在一起，在此基础上提出：真正的科学方法应该包括归纳和演绎。

形而上学是研究与存在和意识问题有关的学问，而心理学则是专门研究意识问题的学问，其中包括意识的活动，推理就是意识活动中的一种。因此，按照分类法，逻辑学应该属于心理学的一个分支，但由于逻辑学所具有的重要性，以及逻辑学这个分支可以从心理学中单列出来研究。这样，逻辑学就成为了一个独立的学科。

在不久以前，形式逻辑还只是亚里士多德和中古学者用来传授专门术语的三段论而已，值得庆幸的是，在一些讲究实际的科学家手中，这种非形式的推理方法被不断推广而逐步发展起来，这种推理方法，把归纳推理和演绎推理相结合。最早使用这种推理方法的是伽利略，后来，演绎推理在发展过程中不断探索新的方法，但一些逻辑学者却墨守成规。

1920 年，坎贝尔提出：对科学家来说，逻辑的三段论法也应该属于归纳方法。举一个大家熟悉的例子，每个人都难免一死，苏格拉底是一个人，所以，苏格拉底也难免一死。我们通过观察和实验发现，人的肉体和心理是互相联系的。“人”这个概念与“死”这一特性是有联带关系的，并且，这个联带关系是具有普遍性的，由此我们可以推出这样一个定律：每个人都必有一死。这个定律适用于所有的人，由于苏格拉底是人，因此，这个定律也适用苏格拉底。用这种方法去论证，那么，其中就包含了归纳的意义。不过，那些纯粹的逻辑家也许会说，这些大前提是事先假设的，而逻辑所涉及的内容只是对大前提的演绎而已。但坎贝尔提出，如果推理中没有归纳的因素，那么，这种推理一定不能让科学家信服。



黑格尔

黑格尔（1770 年—1831 年），德国哲学家，德国古典唯心主义集大成者。黑格尔创立了欧洲哲学史上最庞大的客观唯心主义体系，并极大地发展了唯心主义辩证法。认为思想和存在统一于绝对精神，绝对精神是一独立主体，是万事万物的本原和基础，它的辩证发展经历了逻辑、自然、精神三个阶段，他的哲学也就相应地由逻辑学、自然哲学、精神哲学三个部分组成。

传统的逻辑学假定：逻辑的每一个命题，都是宾词附于主词之后。根据这个假设，哲学家黑格尔和布莱德雷等人得出了这样的结论；逻辑的每一个命题只能有一个主词。因为，如果出现了两个主词，其命题的宾词就不会附于两个主词中的任何一个。由于这个假定在逻辑上具有普遍性，因此，有人就否认关系的实在性，而只是把关系归结为在表面上互相联系的名词的一种特性。这样一来，科学研究的对象也变得像感觉的对象一样虚幻了。

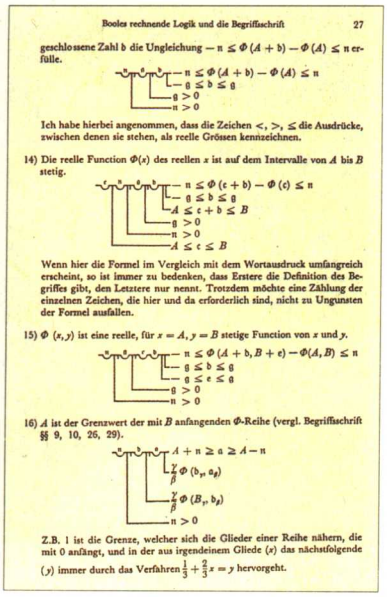
那些对称关系，如两个事物的相等或不相等，也可以看成是特性的一种表现。但对于那些非对称的关系，比如说，当一事物大于另一事物，或一事物出现在另一事物之前，这个特性说便不能自圆其说。因此，我们必须承认关系的实在性，因为，只有这样，那种假定世界是虚幻的纯逻辑才无处立足。

也许，在习惯于科学推理的人的眼中，这种文字争论并没有什么实际意义，但是，通过这种争论可以促使人们去寻找数学证据。下面，我们将对这个问题进行探讨。

现代数理逻辑是布尔于 1854 年创立的。为了能够从前提推出结论，布尔发明了一种数学符号。随后，皮诺和弗雷格用数学分析法证明，传统逻辑认为属于同一形式的许多命题其实是有区别的，例如“此人必然会死”和“每个人都必有一死”这两个命题是完全不同的。之所以会出现这些概念上的混乱，其原因是传统逻辑把事物的关系与特性，具体概念与抽象概念，感觉世界与柏拉图理念世界混为一谈。

数理逻辑能够帮助学者认识抽象的概念，并能提示人们重视那些容易被忽视的假说，数理逻辑诱导出了一个有关物理学概念的理论和关于数论的新学说。这个数论新学说是 1884 年由弗雷格发现的，20 年后，罗素也发现了这个与数论有关的新学说。

罗素说：很多哲学家都认为，物理现象和心理现象，已经包括了世界的所有现象。一些人说，数学的对象不应该是主观的，它应该是物理的和经验的。还有一些人说，数学不应该是物理的，它应该是主观的和心理的。就他们所否认的对象来说，他们都有道理，但就他们所作出的论断而言，他们都存在着一定的错误。而弗雷格的优点则表现在，他对这两方共同否认的方面都能够接受，并且，弗雷格还承认逻辑世界既不是心理的也不是物理的，这



Booles rechnende Logik und die Begriffschrift 27

geschlossene Zahl b die Ungleichung $-n \leq \Phi(A+b) - \Phi(A) \leq n$ erfülle.

$$\begin{array}{l} -n \leq \Phi(A+b) - \Phi(A) \leq n \\ \quad\ \ \delta \leq b \leq \delta \\ \quad\ \ \delta > 0 \\ \quad\ \ n > 0 \end{array}$$

Ich habe hierbei angenommen, dass die Zeichen $<, >, \leq$ die Ausdrücke, zwischen denen sie stehen, als reelle Grössen kennzeichnen.

14) Die reelle Function $\Phi(x)$ des reellen x ist auf dem Intervalle von A bis B stetig.

$$\begin{array}{l} -n \leq \Phi(c+b) - \Phi(c) \leq n \\ \quad\ \ \delta \leq b \leq \delta \\ \quad\ \ A \leq c+b \leq B \\ \quad\ \ \delta > 0 \\ \quad\ \ n > 0 \\ \quad\ \ A \leq c \leq B \end{array}$$

Wenn hier die Formel im Vergleich mit dem Wortausdruck umfangreich erscheint, so ist immer zu bedenken, dass Erstere die Definition des Begriffes gibt, den Letztere nur nennt. Trotzdem möchte eine Zählung der einzelnen Zeichen, die hier und da erforderlich sind, nicht zu Ungunsten der Formel ausfallen.

15) $\Phi(x,y)$ ist eine reelle, für $x = A, y = B$ stetige Function von x und y.

$$\begin{array}{l} -n \leq \Phi(A+b, B+e) - \Phi(A,B) \leq n \\ \quad\ \ \delta \leq b \leq \delta \\ \quad\ \ \delta \leq e \leq \delta \\ \quad\ \ \delta > 0 \\ \quad\ \ n > 0 \end{array}$$

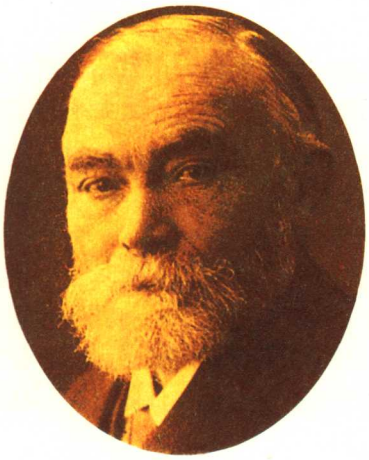
16) A ist der Grenzwert der mit B anfangenden Φ-Reihe (vergl. Begriffschrift §§ 9, 10, 26, 29).

$$\begin{array}{l} A + n \geq a \geq A - n \\ \quad\ \ \gamma\,\Phi(b_\beta, a_\beta) \\ \quad\ \ \beta \\ \quad\ \ \gamma\,\Phi(B_\beta, b_\beta) \\ \quad\ \ \beta \\ \quad\ \ n > 0 \end{array}$$

Z.B. 1 ist die Grenze, welcher sich die Glieder einer Reihe nähern, die mit 0 anfängt, und in der aus irgendeinem Gliede (x) das nächstfolgende (y) immer durch das Verfahren $\frac{1}{3} + \frac{2}{3}x = y$ hervorgeht.

《概念文字》

弗雷格的《概念文字》一书，1879年出版。正如该书的副标题所指出的，该书旨在构造一种纯思维的形式语言。弗雷格提出的一种全新的演算，构成了现代逻辑的核心内容。



弗雷格

艾尔伯特·弗雷格是现代数理逻辑的创始人，为分析哲学奠定了基础。

样，又产生了第三种论断。

弗雷格认为，纯粹的客观事物如地球的轴等，与那些既是客观事物又是一种实在并占有一定空间的事物，如地球之类是有区别的。按照这种说法，所有的数以及整个数学和逻辑，既不是物理的和主观的，也没有占有一定的空间。因此，它是客观的，是人们感觉不到的。由此，我们可以得出这样的结论：数是以类来划分的，2代表所有的偶数，3是代表所有以3为单位的数，其余的数以此类推。罗素在给数下定义时说过："构成某一类的项，就是该类的类。"这说明数的定义与算术公式的原理相同，它既适用于0，也适用于1，也适用于无穷大的数，如果用其他学说来解释从0到无穷大这些数，就很难说清楚。至于类是否真正存在，则没有什么实际意义。如果我们用任何一种与类的定义具有相关性质的学说去代替类，那么，同样也适用于以上定义。就是说，尽管数已变成了一种抽象事物，但它仍然具有与算术公式效用相同的逻辑形式。

一些哲学家对实在世界能够被人感觉表示怀疑，他们怀疑的根据是，数的无穷大与连续性是自相矛盾的，因此，实在世界是不可能被人感觉到的。物理世界中的无穷大以及连续性，虽然不能用成功的经验去证明它们，但在数学推理上，它们却是不可或缺的，而那些哲学家提出的无穷大与连续性是自相矛盾的说法，现在看来，确实是非常荒谬的。

数的连续性问题实质上就是无穷大问题，因为，一个连续的级数，必定包含着无穷多的项。毕达哥拉斯曾遇到这样一个疑难问题：在对三角形进行计算时，毕达哥拉斯发现，直角三角形的弦的平方等于另外两边平方的和，如果这个三角形的两条边相等，那么，这个三角形弦的平方就等于它边的平方的两倍。但随后毕达哥拉斯学派又作了另外一个证明，即一个整数的平方不能是另一个整数平方的二倍。按照这个证明，三角形中边与弦长度不能以整数为约数。本来，毕达哥拉斯学派一直坚持数是世界的本质的观点，据说有了这个证明后，他们便对以上观点产生了怀疑而将其隐藏起来。后来的几何学是在欧几里得的基础上重新建立的，由于几何学不涉及算术方法，从而避开了这个疑难问题。

后来，笛卡儿在几何学中重新采用了算术方法，特别是"无理数"的运用，使几何学迅速地发展起来。经实践证明，无理数的运算规则与算术规则完全相符，因此，在没有找到圆

满的定义和解决不可约的问题以前，人们是毫不犹豫地采用了无理数。

另外，我们再概括地介绍一下现代数学家是怎样构建无穷大理论的。自芝诺以来，哲学家们长期争论不休的那些疑难问题已逐渐消失。其实，从本质上说，那些疑难问题就是数学问题，在数学方法还没有达到一定的精确度之前，无法对这些问题进行研究，甚至连问题都提不出来。

实际上，早在现代数学的初期，无穷级数和无穷大就已经出现。尽管无穷级数和无穷大的性质比较特殊，但数学家并不认为无穷大是虚假概念而将其舍弃，而是坚持使用它们，这些数学家最终为他们的方法找到了逻辑根据。

无穷大之所以成为一个疑难问题，其原因主要来自于人们对词义的误解。这种误解将数学上的无穷大与哲学家所想象的无限观混为一谈，哲学上的无限观是一种模糊概念，它与数学问题毫不相干。从词义上讲，“无穷大”即没有止境，但数学中无穷级数既有有止境的，也有没有止境的。另外，在数的集合中，虽然有无穷数，但并不是级数。

另外，某些人企图把有限数的一些特性如数可以数清等应用在无穷级数上。其实，无穷级数的项数虽然不可胜数，但它可以通过自身的特殊性质来识别，况且，一个无穷级数并不会因为加、减、乘、除而产生变大或变小的现象。现在，我们把所有数字按1、2、3的顺序排成一个横行，再把所有偶数按2、4、6的顺序在下面也对应排成一个横行，如果两行数字的数目相等，第二行的数字必须从所有数的无穷集合中舍去无穷个奇数才能得到，这样，便会出现部分大于全体的矛盾。正是这个矛盾，使哲学家认为无穷数不存在。其实，这里所说的“大于”意义比较含糊，“大于”是指“包含着比较多的项”的意思。从这个意义上讲，全体与部分的含义相同，并没有自相矛盾之处。

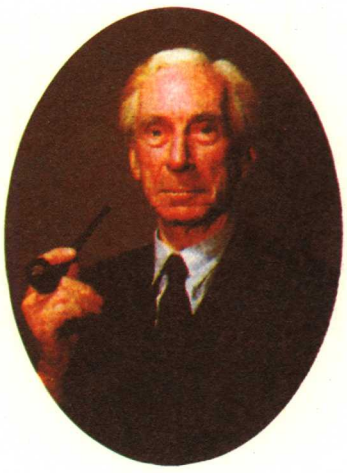
现代的无穷大理论是1882年由坎托提出来的。坎托证明：无穷数有若干种，那些较大或较小的数，通常也应用于无穷数，但当无穷大理论在某种条件下不能应用时，就会产生新矛盾。例如，当某一长线所包含的数学上点的数目与一短线所包含的数目相等时，无穷大理论对此就无法解释。这里所说的较大的数或较小的数，并不是一种纯粹的算术数字，而是几何学上的一个新概念。

哲学家遇到的困惑，源于他们把假设的有限数的特性应用于无穷数。如果有限的时间和空间是由有限的时刻和点组成，那么，芝诺的论据也许还有几分可信度。为



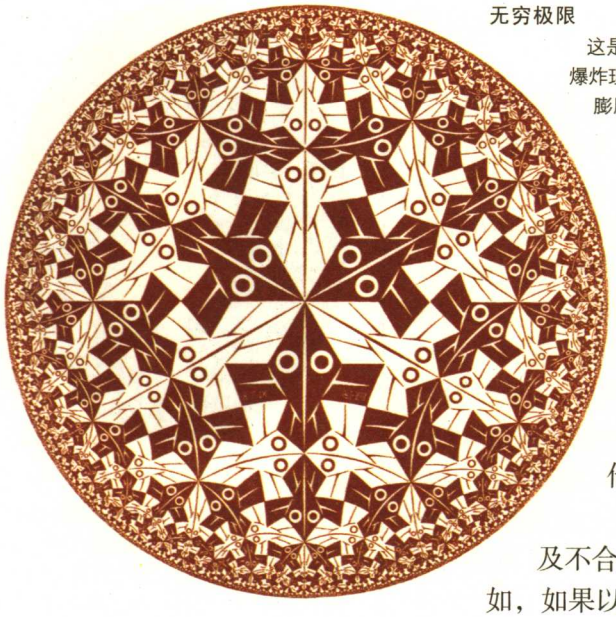
笛卡儿

笛卡儿强调科学的目的在于造福人类，使人成为自然界的主人和统治者。他反对经院哲学和神学，提出怀疑一切的“系统怀疑”的方法和“我思故我在”的原则，强调不能怀疑以思维为其属性的独立的精神实体的存在，并论证了以广延为其属性的独立物质实体的存在。笛卡儿堪称17世纪及其后的欧洲哲学界和科学界最有影响的巨匠之一，被誉为“近代科学的始祖”。



罗 素

英国哲学家、数学家、逻辑学家罗素（1872—1970年）18岁入剑桥大学三一学院学习数学和哲学。1911年，写成3卷本的《数学原理》，提出著名的“罗素悖论”，引起“第三次数学危机”。罗素的学术活动涉及范围广泛，他企图建立逻辑主义数学体系，把整个数学归结为逻辑学，反对侵略战争，主张和平主义，他是20世纪最有影响的哲学家之一。



无穷极限

这是一幅用于装饰的玻璃图案，其图案可以用来比拟宇宙大爆炸理论：窗上没有中心，上面的图案似乎远离，就像宇宙在膨胀时相互远离的星系。

了避免出现芝诺的矛盾，我们可以选择这样几条道：一、否认时间和空间的实在性。二、否认空间和时间是由点与时刻组成的。三、承认空间和时间是由点与时刻组成的，并且，点与时刻都是无穷的。芝诺和他的许多信徒选择了第一条道路，而柏格森和其他的人则选择了第二条道路。

但根据数学公理，无穷数、无穷级数以及不合连续项的无穷集数，都是客观存在的。例如，如果以1/2、1/4、1/8等的次序，我们可以排列出一个小于1的分数级数，但是，在临近的两个分数之间，还存在着其他的分数如7/16、3/8等。在这些级数中，分数是不相连的，它们的总数目也是无穷的，但是，在这些分数所有数值的总和之外还有一个1。因此，我们必须承认，在一个无穷级数的总和之外还存在着其他的数。芝诺有关线上的点数的那些论述，许多都能应用于分数的级数，而我们也不能否认分数的存在。因此，为了避免出现芝诺那种矛盾，就必须找出一个有充足理由的无穷数的理论。

数学中的无穷数，是指在可以计数的数之外的那些数，无穷数不能通过从一个数数到下一个数的连续步骤来实现。无穷数存在于数类中，因此只能用数学的术语来下定义，用数学的方法来进行检验。凡是具有一定科学判断能力的人，都一致认为，数理逻辑和无穷数的数学理论是在朝着正确的道路上前进，而那些用来否定感觉对象和科学定律的陈旧逻辑数据，实践证明是没有依据的，尽管这个问题仍然存在，但只能用其他的方法去研究。总之，不管唯心主义哲学家怎样宣传，他们希望通过先验的心理方法来推导出外界的性质，这确实是不可能的，只有科学的观察方法和归纳方法，才是必不可少的。

GUINAFA 归纳法

惠威尔认为，归纳的成功，关键在于出发点符合规律。其次，洞察力、想象力以及天才，这些都是不可缺少的。

从个别现象中概括出一般规律的方法叫做归纳法，在实验科学中，逻辑归纳法的作用非常明显。根据前几章的介绍，我们已经知道，许多哲学家都在研究归纳法，其中，又以亚里士多德和弗兰西斯·培根最为著名。

培根崇尚实验，认为只要采用机械方法就一定能够建立普遍性的定律。而休谟则对归纳法表示怀疑，休谟认为，即使通过归纳法获得了新知识，其中也可能会产生错误的结果，因此，通过归纳法而求得的定律，或多或少都具有一种偶然的因素，不能把它说成是必然的结果。但是，不管休谟对归纳法如何评价，大多数的科学家和哲学家都把归纳法看作一条探求绝对真理的道路，包括穆勒也赞同这种观点。穆勒把归纳法作为因果律的基础，因果律是已被许多实例所证明的定律。惠威尔认为，单凭经验可以对事物的一般性质进行证明，但不能证明事物的普遍性规律，但是，如果运用算术原则、几何公理和几何演绎，就可以求证出事物的普遍性规律。不过，这些说法都产生于非欧几里得空间被发现以前。因此，尽管当时的惠威尔向人们提出了告诫，但穆勒的看法仍然具有相当大的代表性，因此，亨利·彭加勒发表了以下讲话：



弗朗西斯·培根

弗兰西斯·培根是英国哲学家和科学家。他推崇科学、发展科学的进步思想和崇尚知识的进步口号，一直推动着社会的进步，被马克思称为“英国唯物主义和整个现代实验科学的真正始祖”。

在那些肤浅的观察者眼中，科学真理是不容置疑的，科学的逻辑也是绝对不会产生错误的，虽然学者有时也会出现错误，但这只能说明他对原则还没有完全的理解。

科学的功能和作用，主要用来追溯各种现象之间的关系，或者说，主要用来追溯各种现象的概念之间的关系。比如说，当我们发现由于气体压力的增大而使其体积缩小时，我们就可以这样说，这是因为气体体积的缩小而使其压力增大的。在我们的意识中，我们首先想到

的那些变量，基本上就是原因，也就是说，原因的观念和结果的观念都是比较模糊的。只有当它们包含着时间因素，即当两件互相关联的事件相继出现时，我们的意识才可能本能地把前一件事看做是后一件事的因。但即使这样，我们也不可能把这个事件的真正原因同这个事件发生的必要条件分开。进一步讲，相对论已经证明，在此地、此时的一个事件，只能绝对地成为将来事件的原因和过去事件的结果。现在与“此地、此时”的事件不能产生因果关系，因为，要产生这种因果关系，其传递速度必须要超过光速才有可能。如果用因果关系来证明归纳法有效，并认为归纳法是追寻绝对真理的向导，那么，根据逻辑学原理，因果关系本身就不能用归纳方法来证明。这样，穆勒理论的基础就遭到了动摇。

事实也是如此，要叙述归纳方法非常容易，但要在逻辑上证明归纳方法的有效性则相当困难。归纳方法并不是培根式的。惠威尔认为，归纳的成功，关键在于出发点符合规律。其次，洞察力、想象力以及天才，这些都是不可缺少的。在进行归纳时，首先要选择最好的基本概念，其次，还必须将各种现象进行分类，使其有利于归纳方法的分析和运用。另外，为了对观察对象和实验对象作进一步的检验，还必须制订一个临时定律作为假设。

现举一个实例：亚里士多德的物质、特性以及天然位置等观点，不能把它们看成是动力学概念。如果说这些观点能推导出什么结论，这些结论也全都是假结论，诸如重的东西坠落得比较快等。也就是说，自亚里士多德之后，物理学没有取得丝毫的进步，直到伽利略和牛顿将整个亚里士多德体系摈弃，重新选择了距离、长度、时间和质量作为新的基本概念后，人们才具备了研究物质和运动的条件。

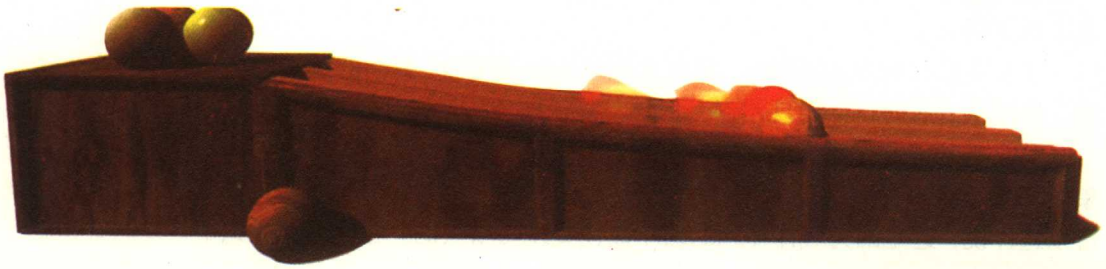
伽利略根据距离和时间的关系推导出了速度，经过几次实验，伽利略用数学方法推算出了落体的速度与降落时间的关系。随后，牛顿用质量概念对伽利略的研究成果进行了补充和完善，在此基础上，牛顿创立了运动定律并由此推导出动力科学，动力学是经受了实践检验的科学。

正确概念的作用是显而易见的，有了正确的概念，才能正确揭示出事物的定义。因此，彭加勒认为，我们在对时间进行测量时，很自然地会选择从正午到正午，而不是从日出到日出，因为，只有这样才能让牛顿的动力学成为可能。而对此持反对意见的人如怀德海和里奇，他们之所以走向对立面，其原因是他们把意识作为仲裁者，把我们的直接感觉当作是测量的基础。

如果已经选定正确概念，人们就可以采用伽利略的方法来判别概念间的相互关系。通过实验，人们还可以对这些关系或逻辑推论进行检验，其中，那些经过检验而得到证明的关系可以演变为简单的定律，于是，新的学科也由此而产生。而每

伽利略的物体

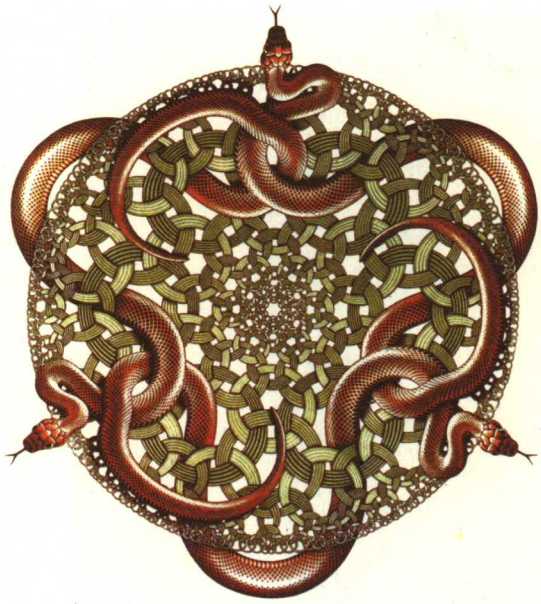
在伽利略之前，关于物体运动的观念来自亚里士多德，他说物体的自然状态是静止的，并且只有在受到力或冲击作用时才运动。这样，重的物体比轻的物体下落得更快。另外，亚里士多德还认为，人类用纯粹的思维就可以找出制约宇宙的定律，用观测来检验正确与否是不必要的。所以，伽利略是第一个想看看不同质量的物体是否确实是以不同的速度下落的。虽然伽利略在比萨斜塔的故事与事实有出入，但他的确作了等同的事，即如本图所展示的那样，将不同质量的球从光滑的斜面上滚下，从而确立了“自由落体定律”。



一个经过检验证明的新关系，又会引出新的实验，随着实验知识的增加，又需要对一些新关系进行假设。但是，要使假设尽可能的正确，则需要敏锐的洞察力和大胆的想象力，要对假设进行合理的推论，不但需要逻辑知识而且还需要数学知识，要检验假设是否正确，还要有坚强的意志和高超的实验技巧。总之，就像坎贝尔所说那样：归纳是一门艺术，而科学则是艺术中的艺术。

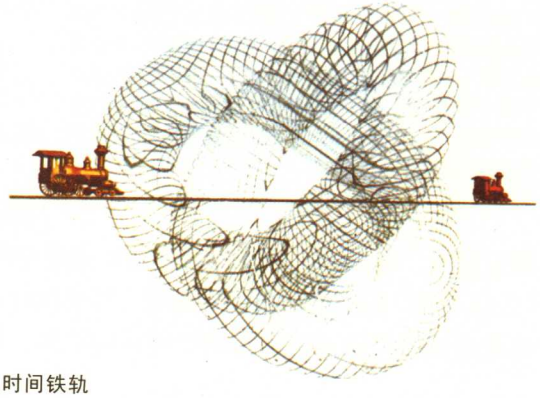
根据我们前面对生理学和心理学最新研究成果的介绍，一些坚持“行为主义”观点的人认为：归纳所用的基本方法，与心理学的“条件反射”有着非常密切的关系。举个例子来说，如果一个人在婴儿时曾因接触火而被烧伤，长大后他一定会对火避而远之；如果这个人是被火炉中的火烧伤，那么，一旦看见火炉他也会远远避开，即使炉内没有火他也会这样做。我们认为，这些“行为主义”的归纳，前面一部分可以说是正确的，但后面一部分则是错误的。因为，从逻辑上讲，这是从一个特殊的例子中得出的一个不合理的概括。这种现象也可以发生在动物身上，但不管是发生在动物身上还是发生在人身上，只能说明这是一种原始的本能表现。有关这个方法的理论和语言表述，是在很久以后才产生的。也许，这就是弗洛伊德学派所说的那种“合理化”。所谓的“合理化”，就是为了证明人们按习惯做的就是合理的，由此而创设一个理由，而不管这个理由是否充分。有人认为，这些简单的例子，可以用来解释和证明科学所需的那些复杂的归纳。从某种意义上讲，这些看法可以说是心理学中“行为主义”的扩大，它将随着那些机械心理学的观点一起消亡。

现在，我们尝试着对归纳法的正确性作一个探讨。近年来，有



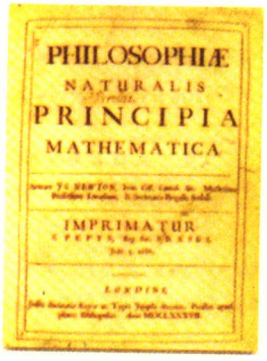
三条蛇　埃舍尔　木版画

这是埃舍尔的最后一件作品，表现的是“无穷”的主题。在向中心和外缘无限缩小中，3 条蛇从大环的间隙中头尾相连地交缠在一起，无数个内外缘间距规则递减的圆环以极为复杂的形式相扣在一起，构成一个美丽的图案，同时也表现出复杂的动物和简单的圆的背后隐藏的内涵。



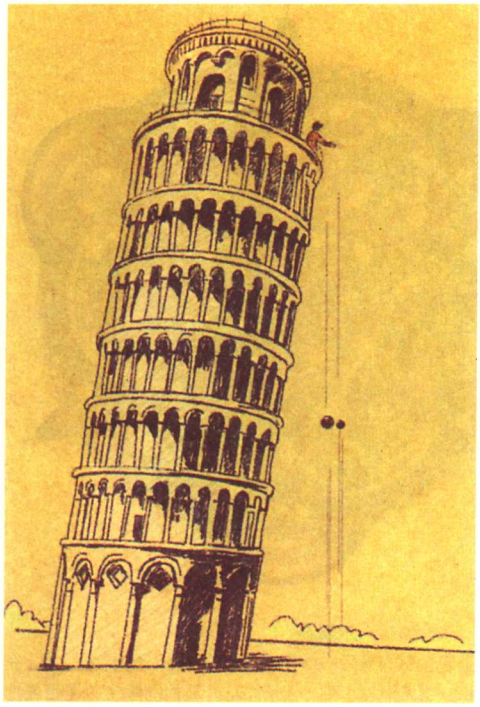
时间铁轨

时间为何物？它是把我们梦想一卷而过的东流逝波。抑或像一道铁轨，它或许有环状侧线和分叉，这样你可以一直前进，却又回到线上的早先过站。牛顿的时间和空间相互分离，仿佛是一条在两个方向上都无限延伸的铁轨。



《自然哲学的数学原理》书封

《自然哲学的数学原理》一书的中心内容是牛顿在数学上的伟大创造——微分数，并且应用这个创造去解决天体运动及其他相关问题。爱因斯坦曾赞美说：“只有微分定理的形式才能完全满足近代物理学家对因果性的要求。微分定理的明晰概念是牛顿最伟大的理智成就之一。”图为牛顿的《自然哲学的数学原理》一书书封。



比萨斜塔上的实验

在 1589 年到 1591 年间，伽利略对落体运动作了细致的观察。从实验和理论上否定了统治千余年的亚里士多德的关于“落体运动法则”，确立了正确的“自由落体定律”，即在忽略空气阻力的条件下，重量不同的球在下落时同时落地，即下落的速度与重量无关。根据伽利略晚年的学生 V.维维亚尼的记载，落体实验是在比萨斜塔上公开进行的。

许多学者特别是凯恩斯常将概率的数学理论应用在归纳法上。凯恩斯思考的是：归纳法是否如穆勒所说那样，只需要若干个实例就可以了？

经过思考和研究，凯恩斯得出的结论是：一个归纳的概率，确实会随着实例数目的增加而增加，但它并不像穆勒所说那样简单。因为，实例越多，变更因子存在的可能性也越大，就是说，在各个实例中，除必须考虑的特性外，其他共同点不复存在的可能性也越来越大。要提高归纳的正确性，必须要让每一个新的实例具有独立性，换句话说，这些新的实例不能是从其他实例推出的必然结果。一个归纳，可能会因为实例数目的增加而更接近正确，但是，要使实例能够产生效用，必须首先假设我们要归纳的内在概率已达到足够的数量。

在对以上假设进行检验时，凯恩斯提出，可以把归纳对象的各种特性，像孟德尔单元那样组合为群体。从数量上看，那些单独而具有变化的对象，远远少于具有特性的对象。这个原理也适用于建立应用统计定律，实际上，这个原理也适用于所有的学科。因此，按照凯恩斯的理论，我们必须假定，一个对象具有的独立特性的概率是有限的。而按照尼科德的说法，一个对象具有的某一指定的独立特性的概率才是有限的。

用概率方法来进行归纳的还有布罗德。布罗德提出：除非我们坚持某种实在论观点，比如说，假定科学“定律”所涉及的对象是构成感觉和概念的客体，否则，我们就不能证明那些通过“久经考验”的归纳而得到的结果。那些彻底的经验论者或现象论者，可能会这样回答：实在论观点虽然可以证明在归纳中得到的结果，但这些结果大多都是错误的。

ZIRANLV 自然律

在哲学上，自然律的重要性曾经被任意夸大。在这个问题上，法国 18 世纪的百科全书学派应该承担主要责任。

如果归纳成功，人们就可以提出一个假说，如果这个假说经过观测或被实验所证实，这个假说就将成为一种公认的理论或学说。此时，这个假说便列入到自然律之中。

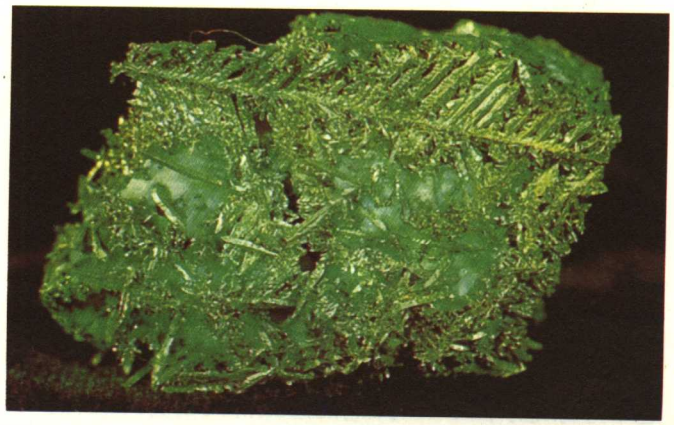
在哲学上，自然律的重要性曾经被任意夸大。在这个问题上，法国 18 世纪的百科全书学派应该承担主要责任。一直到 19 世纪末，这种现象都还在继续蔓延。后来，在马赫的影响下，科学思想的钟摆才摆向了另外一边，自然律又变成了一种经验和感觉常规的速记式记录。

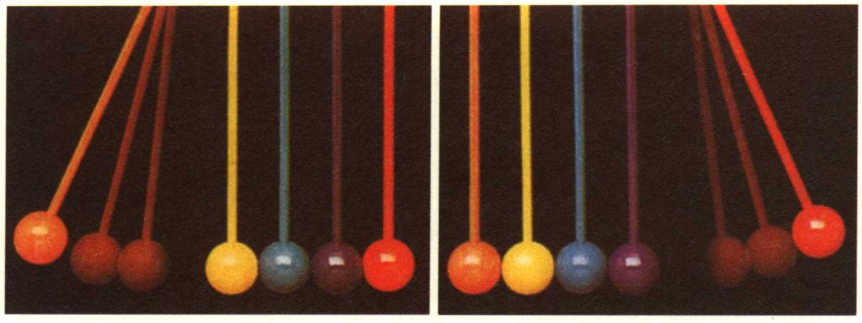
现代人对自然律的看法，是介乎这两种极端思想之间的。例如，在 1920 年，坎贝尔在分析假说、定律以及学说的意义时说：人们在对理论和事实进行比较时，一般都是重事实轻理论。但是，以“事实”为基础而建立的经验定律，并不能让人们产生多大的信任感，不过，一旦这个定律被人用一种公认的理论进行注释后，人们对它就完全相信了。这样的定律，已经不再是一种感觉的认识了。

坎贝尔认为，定律有两种形式：第一种定律是包含着各种特性的联想，例如，隐藏在“人”或“银”这些概念中的特性。第二种定律常用数学形式来表达各个概念之间的关系。穆勒和他的信徒只承认第二种定律，他们用那些冗长的论文来解释，他们是怎样发现了火花在气体中激发爆炸的定律。但他们却忽略了另外一个问题，即对如何发现

羽毛状结晶的银

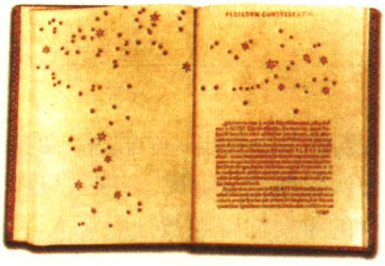
银是一种具有光泽、白色、耐腐蚀的贵重金属元素，导热和导电性强，以块状金属矿的形式蕴藏在地球上某些区域的地层中，有时则以硫化物的形式，与铅或铜混合存在于矿物中。银和其他金属合铸可以增加银的机械强度、耐磨性及光泽，过去只被用作货币与制作装饰品。现在，银在工业上有了三项重要的用途：电镀、制镜与摄影。大部分银是从铜及铅矿中提炼出来，但也有些呈羽毛状结晶的环形物质的纯银被挖出。





动 量

物体平动的量度称为动量。在经典力学中，动量是物体质量 m 和速度 v 的乘积 。动量是矢量，和速度同向，可以用动量的转移和守恒解释物体平动的变化。此图中，当左边的球体碰撞到右边的球体时，会将动量传送过去。动量传递沿着球列到最右边的球，并使其向外摆动。



伽利略的《星空信使》

1610 年 3 月，伽利略将他通过望远镜观测到的星空的发现写成一本小册子，名为《星空信使》。人们欢呼："哥伦布发现新大陆，伽利略发现了新宇宙！"图为《星空信使》中的一页，展示了伽利略通过望远镜揭示的许多星体。

火花、爆炸和气体之间存在的定律一字未提，而在科学上，后一个定律要比前一个定律重要得多。就是说，那些没有毕生致力于科学研究的人，对不同的定律以及不同的重要性是没有判断能力的。

从休谟的研究到凯恩斯的研究，人们在对归纳方法的考察中发现，由于归纳科学意识不到自己的局限性，因此，求得的结论只能说是可能正确。在某些时候，概括的概率比较大，而无穷大的概率来归纳则是根本办不到的。在不久以前，人们还对牛顿重力定律的精确性和化学元素的持久性深信不疑，事实上，这两个原理正确的概率相当大，这使我们在激烈的争辩中，都愿意拿出最后的一文钱，来为它们的真实性下赌注。但爱因斯坦和卢瑟福认为，我们的想法是错误的，因此，我们的金钱将会输给那些同我们打赌的鲁莽赌汉。

经验证明，现代理论是正确的，这说明通过归纳方法而得出概括或定律，已被公认为普遍真理。由于哲学上的决定论是建立在自然律的基础上，因此，这个问题颇具重要性。但用"定律"二字，容易使人产生误解，甚至会产生不好的效果，它在无形中让人感觉好像承担了一种道德上的义务，现象要服从于定律，并且它还使人们产生这样一种认识：每当发现了一个定律，就等于又发现了一个终极原因。

20 世纪初，物质不灭定律和能量守恒定律在物理学上具有非常重要的地位和作用，随后，人们的观念开始出现变化。1904 年，我写了一本书，下面，我把书中的一段文字摘录给大家，我认为，这段文字非常有趣。

按照物理学观点，一方面，我们完全承认概括的重要性；但另一方面，我们还必须赋予概括某种形而上学的意义。在一定条件的限制下，除物质和能量以外，其他的物理量也可以守恒，例如，在纯粹力学中，质量和速度即动量可以守恒。热力学中有熵的守恒。在某一条件的限定下，动量和熵可以守恒。在物理可逆系统中，可见的质量的动量是趋于毁灭，而在非可逆的系统中，熵量是趋于增大。

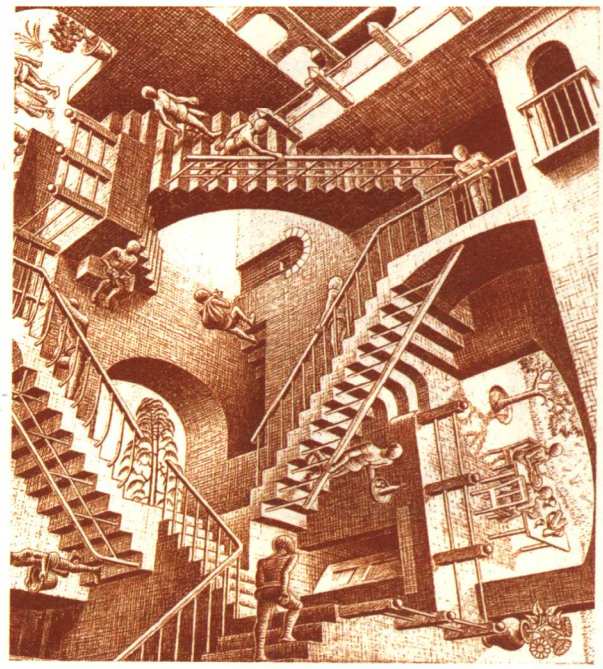
据我们所知，质量和能量是不灭的，而且，我们也有理由把能量守恒原理扩大到很多方面，但我们不能由此得出这样的结论:物质和能量是不可再生的。一个在海面上飘行的波，看起来好像是永恒不灭的，它的形式持久不变，所含的水量也没有变化，我们可以说这就是"波

的守恒”，而这种说法与我们所说的物质不灭一样，都非常接近于真理。但是，波的不灭只是一种外表现象，从形式上看波确实没变，但波内的物质却在不断改变，而改变的方式是通过接连波的各个部分的物质，一个接一个地采取同样的形式出现，就是说，只有这种意义上的质量才是不灭的。

另外，我在多年前教授热学和热力学时说过，如果在哲学上过分重视这些守恒原理则是危险的。当意识在一团乱麻的现象中摸索，并试图发现一种有秩序的基础时，很自然地就会想到质量和能量之类的概念，由于它们是常量，能够在一审过程中保持不变。于是，意识便把它们从混乱现象中提取出来，作为简单易懂的物理学概念，并在这些概念的基础上建立一个知识体系，从而使它们得以进入物理学的理论大厦。然后，拉瓦锡和焦耳这些实验家以自己的天才和勤奋，发现了它们的守恒性，这样，物质不灭和能量守恒定律便建立起来了。

在当时，这些观念被认为是奇谈怪论，但今天它已得到社会的公认。前面，我们已对这些观念中的现代思想做了介绍，而有关这些观念的一些新证据，我们将在后面介绍。

坎贝尔说：科学的开始，首先是选择那些能够得到人们公认的事实和可以发现规律的领域来进行研究，在推理的每一阶段，虽然会因个人因素的渗入而可能出现误差，但由此却能取得科学上的最高成就，这就像在艺术中一样。



相对论　埃舍尔　木版画　20 世纪

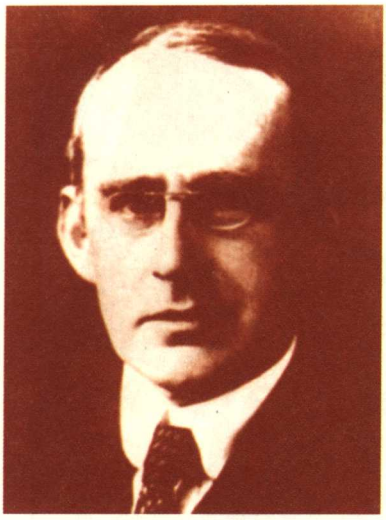
任何事物都是相对存在的。“大”是相对于已经存在的“小”而言，要说某样东西“长”，必须先有一个“短”的标准或尺度。我们直立的时候，总是以为我们的头顶上的天为上，脚下的地为下，但是由于地球是圆的，分别处于东半球和西半球的人的“上”和“下”正好相反。图中，埃舍尔把这种相反集中到了一块儿。



拉瓦锡

拉瓦锡被认为是现代化学的奠基人。他发明了一种新的化合物命名体系，确定了一些不能再分割的化学元素，同时还发现了空气对燃烧必不可缺的重要作用。拉瓦锡开创了化学研究的一个崭新时代，他的实验方法和理论观点对近代化学的发展产生了广泛而深刻的影响，使化学先前的所有混乱现象变为一条元素结合定律。

对相对论及其定律所产生的必然结果，爱丁顿曾作过分析。我们在表述自然界的结构时，用的是与自然界有关的事物，但在表述自然界的组态时，采用的是若干坐标表。为了从这些坐标的方程式中求出我们意识中的物理世界模型，我们认为，最好的方法就是数学运算方法，也就是哈密顿创立的方法。爱丁顿说：“这就像从一片混沌的背景中，创造出了一个活跃的世界。”本来，表述自然界的基本的关系并不需要这种特殊方法，但采用这种方法，可以构造出与守恒定律相符的事物。由于这些事物是由意识选择出来的，于是，本质、能、波



爱丁顿

作为自然科学家的爱丁顿，坚信爱因斯坦的广义相对论是正确的，星光将会拐弯。在他的热心倡导下，皇家天文学会开始了日全食观测的准备工作。

的概念也就由此产生了。

我们这样做，并没有涉及到原子、电子和量子，但对物理学来说，这种结构已是相当完备了。物理学中的那些定律、能量、质量、动量，以及电荷的守恒定律、万有引力定律和电磁方程式，都以它们自己建立的方式去描写现象。爱丁顿以他对相对论的深刻分析，论证了作者已保持多年的质量和能量守恒定律观点。

爱丁顿把自然律分为三种类型：

一、恒等的定律，即质量或能量守恒之类的定律。这类定律是以数学恒等式的方式而建立。

二、统计的定律，这是一种以描写群体为主的定律，包括原子群体和人类群体。要研究数量庞大的原子，只能用统计的方法。自然界的一致就是平均数的一致，于是，人们按照意识的要求，便设计了一个自然界的模型来满足这种定律。

三、超越经验的定律，这是指那些在自然界模型之外的定律。这些定律涉及到原子、电子和量子的具体形状，它们虽然不是永恒的，但具有作用量概念的意义，因此我们必须格外注意，由于这些定律不能被我们的意识所领悟，人们对此总会产生一种格格不入的感觉。

爱丁顿提出，由于作用量之类的概念具有粗糙和不可领悟性，从而使人们不断去接触实在。这样，在科学上，人们似乎又回到了德尔图良学派的神学格言中，即“信其不可能者”。

ZHEXUE YU ZONGJIAO 哲学与宗教

人性是软弱的，它需要通过偶像来表现一种幻觉，通过偶像来接受教义、神学或神话。

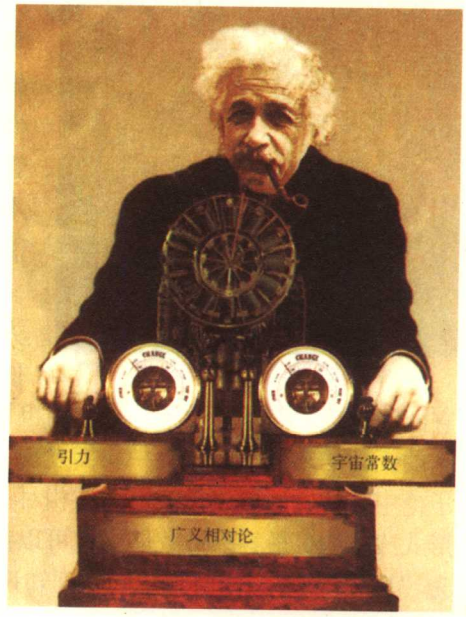
在本书的前面部分，我们把哲学上的一些观点给大家作了介绍，从 19 世纪物理学中的朴素实在论，到马赫和毕尔生的感觉论，一直到最近罗素和怀德海的半实在论。

近年来，随着历史的发展，从休谟和康德那里传承下来的哲学不但得到了新生，并且还被广泛地应用于现代科学，其中，应用得最普遍的是可以用数学方式来表述的那一部分科学，例如物理学。但是，那些研究历史和其他学科的人却对哲学持怀疑态度，甚至有人提出，只需要把常识系统化就行了。

相对论和量子论较为深刻地改变了物理学的基本原则。在 1930 年，认识论还是以物质宇宙的所谓本性为基础；但到了 1939 年，爱丁顿却提出，如果将我们的宇宙观建立在物理学理论的基础上可能会更好一些。为了丰富和发展与物质和辐射有关的现代理论，最好先建立一个确定的认识论，这对我们了解和探讨知识的性质是有帮助的。但是，有人却对此提出批评，认为这是重新回到了希腊人和中世纪人的“先验”方法中。

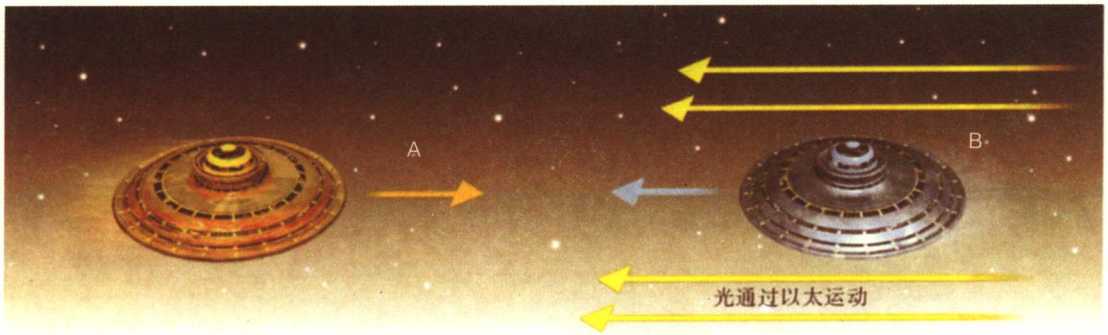
爱因斯坦与相对论

人们在广义相对论中只能调整引力强度和宇宙常数，但是这两个调整不足以取消所有的无限大。



知识来源于我们的感觉以及由感觉而引起的意识的变化。对事物的简单反应只是一种感官认识，但它是获得零星知识的一个途径。意识是一个整体，只要我们愿意，意识也可分解为不同的组成部分，但意识这个整体通常都表现为一幅图像或一个结构。

有证据证明，相似的结构也会出现在别人的意识中。这说明，在个人意识之外的领域中，还存在着一个本原的结构，通过这个本原结构，意识整体就被转移到外界去了，在那里，许多字谜画般的碎片等着物理学理论去进行组合。然而，直到最近，物理学理论才在事实上和形式上成为一种有关数学上群结构的

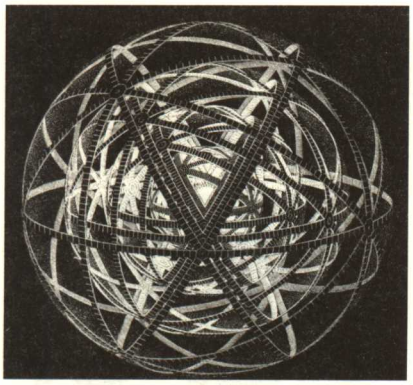


固定以太理论

如果光是一种称为以太的弹性物质中的波，则在向它运动来的处于 A 点的航天飞船上的宇航员看来，光速变得更高，而在与它同方向运动的处于 B 点的航天飞船上的宇航员看来，光速变得更低。

同心外壳　埃舍尔　木刻版画　1953 年

一个外壳包着一个外壳，无限地向中心靠近。这件作品使人想到基本粒子空间。人们最初认为，原子是最小的物质结构，后来又发现了电子和原子核，从原子核中又发现了质子和中子。随后，光子、中微子、介子、共振粒子、强子、夸克等基本粒子不断被发现。基本粒子数目的大量增加，使人们认识到它们也不可能是最基本的物质结构，这种不断缩进的趋势和作品中的图像何其相似。从中心散发出的明亮的光芒，照亮了漆黑的宇宙，使人对这种规律性产生神秘的敬畏。



理论。

有新观点提出，在一个促进科学进步的方法中蕴涵着一种哲学。这个促进科学进步方法认为，观测就是最高的法庭。但同时它也意识到，有些事物尽管是客观存在的，但它却是观测不到的。例如，迈克尔逊·莫利实验中的以太速度，海森堡量子波动力学中电子的位置以及速度的不定性。

虽然我们把经验的观测作为唯一的物理基础知识，但我们还是主观地选择了那些我们认为是物理知识的知识，通过这些知识我们发现，宇宙并不是完全客观的。认识论要研究的是知识本身的意义，而不是那些假设的外界实体，实体的不同符号代表着不同的知识要素。我们对主观主义的采用是有选择性的，在这里，那些自然定律和常数就是主观的。

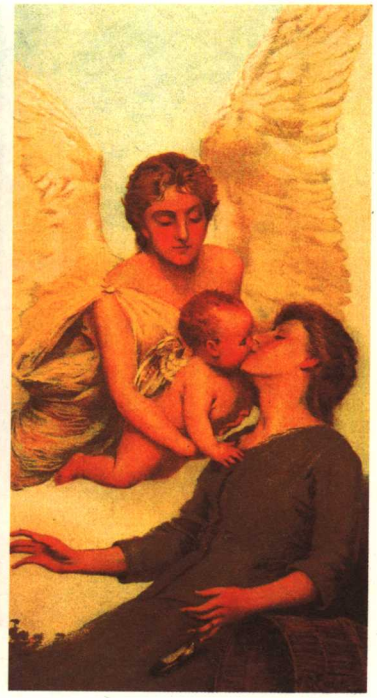
但是，人们到底能观测些什么？旧物理学认为，人们观测到的是一些实在的事物。而相对论认为，人们观测到的是物理概念之间的关系，但物理概念是主观的。根据量子理论，人们只能观测到概率，并可测定未来的概率，但从本质上讲，未来的观测知识是非决定论的，尽管某一特殊事件发生的概率很高，甚至有一定的必然性。不过如果不借助于概率的定律，科学就不能预言将来可能发生的事件。

与科学有关的各种规律性，可以通过观测和实验的方法把它们纳入科学的范围。白光常表现为一种无规律的扰动，如果用棱镜或光栅去对它进行研究，就能发现它的规律性。而对于原子，只能用粗暴的干涉法去研究它，因为，只有用这种方法才能扰乱它的正常的结构。在观测中我们发现，许多物质都消逝了，我们得到的只是一种形式。在量子论中，物质的形式是波动，在相对论中，物质的形式则是曲率。我们比较熟悉的自然图像形式或范型，最容易被我们当作可以接受的新观念，这些观念一旦被纳入物质的形式便会成为“自然规律”，即由主观的物理知识而产生出来的主观规律。所以，认识论方法引导我们



怀抱天球的天使
瓦茨　油画　19 世纪

在神权统治的中世纪欧洲，天体是属于神学而不是属于科学的。按照神学家的说法，天空充满“各种等级的天使和一个套着一个的水晶球”，而“静止不动的地球”，就居于这些水晶球的中心。托马斯·阿奎那将天体的运转解释为是天使在推动。天体的运转取决于天使的意志，而天使听从上帝的指示。



信仰的力量

一个丧子的母亲相信自己的孩子到了天堂，她就可以因此得到安慰。这个陈述能够被驳倒吗？如果不能被驳倒，那么，他们就可以因此而得益。这就是詹姆士的宗教信仰的观点。

去研究的自然，就是公认的思想框子内的自然，我们能够先验地预言各种知识的某些特性，就因为这些特性全在这框子内，物理学家也可以由果溯因地发现这些特性。

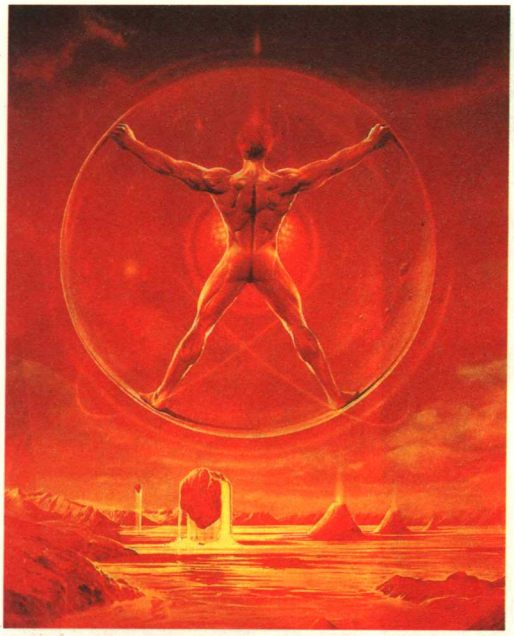
我们所用的数学也具有这样特性，在我们把数学纳入物理学体系以前，数学是游历于物理学体系之外的。能否将数学运算引入物理学，取决于我们的经验相互联系的程度。就数学而言，物理学所需的程序包含在群和群结构的理论中。

与原子结构有关的各种超微观定律，当在质点数目变大时，便归属于古典物理学关于物体的定律中，因此，必须用统计的方法才能对它进行研究。在理论上，超微观定律将全部物理学都作了概括，从而在原子学方面给我们提供了一个知识的框架。

米勒提出，不管什么形式的主观哲学，只要它一旦发展起来，就会削弱甚至毁灭观测科学。两千多年来，从唯理论到经验论，科学经历了三个发展阶段。希腊科学家希望通过理性的观察去寻求定义，他们相信那些具有普遍形式或结构的定义。他们认为，这种结构的定义并不是不断变化的实际情况，因此，希腊科学是先验的。从 17 世纪到 19 世纪初期，科学已经将希腊的先验论抛弃，但保留了希腊科学的普遍性并对唯理论进行了修改。达尔文和赖尔对有机物种变异性的论证，不但打破了自然律不变的观念，而且还引入了进化论的历史分析法，因此有人认为，这才是真正的经验科学。经验论者把这种经验科学同近期复活的认识论哲学对立起来，然而，进化观念几乎没有对物理学理论产生什么影响，因此，认识论方法仍然有很大的活动空间。

如果我们要对科学的现在和将来进行展望，一部联系哲学和宗教的科学史将给我们带来相当大的帮助。事实上，如果没有最初的历史研究，要对科学的现在和将来进行展望就可能要打上一个问号。那些研究应用科学的人，也许不需要历史，但如果要想对科学进行更深层次的了解，或者要了解人类思想活动与其他学科的关系，就必须了解科学发展的历史。

现代科学的成就人人皆知，科学在工程、工业、医药方面的实际应用，以及对现代生活的影响也日益扩大。如果人类允许再发生一次世界大战，那么，科学在毁灭性武器方面的滥



能 量　沃迪克·休德马克　1975 年

物理中的能量概念必蕴涵在物理的结构体系之中，因此，能量概念必首先标明其在物理结构中的位置。能量作为物理量的应用，其不能是孤立的，必然和其他的物理概念存在着物理体系上的结构关系。因此，能量和与之相关的物理概念存在逻辑联系，也同时决定着它在物理中的结构与属性。

越来越小　埃舍尔　木刻版画　1956 年

亚里士多德认为，量是可以分割的，或是连续的，如果是连续的。则它或是数量，或是时间的跨度。在托马斯·阿奎那的论述中，量是实体的广延的偶性，即感性实体以长、宽、高三度的量表示出来。图中，一些首尾相接的蜥蜴汇集在一起，从外向内逐渐无限地缩小，到中心则达到数学上的无穷小。



用，将会使文化陷入灭顶之灾。纯粹的科学，正在由原子构成的小宇宙，向遍布旋涡星云和星系的大宇宙发展，并不断改变和扩充我们所知的自然界模型。这个模型中原有的关系日益明确，新的关系在陆续增加，其增加的速度之快，让那些大胆的建筑家来不及把它们安插在原有的旧结构之中。当前进的步伐稍稍放慢节奏的时候，后来的人就可以像他们的上一代那样，把这座大厦进行统一规划并建造完成。至于现在的一代，由于过于匆忙，根本就无暇顾及此事。

中世纪的人，把知识的合理协调，看成是哲学和宗教的目标，很多人都认为，托马斯·阿奎那的经院哲学已经做到了这一步。但伽利略和牛顿的物理学，则推翻了这个自成系统的知识体系，科学采取了实在论的态度并建立在力学的基础上，从而成了用来证明机械决定论的哲学。在日常生活中，人们依然保持着一种坚定不移的信念，认为自己是一个自主的机体，只受自己的意志支配。有人试图调和这两个相反的观点，但至今尚无一人取得成功，无奈之下，只好有所取舍，也有人暂时两者兼取，以观将来的发展。

后来，哲学家们逐渐认识到，科学只能对实在的某些方面作出阐述，并只能绘出它们的平面图形来作为自然模型的轮廓。因此，由科学阐述的定义、公理和假设，必然是机械的和决定论的。

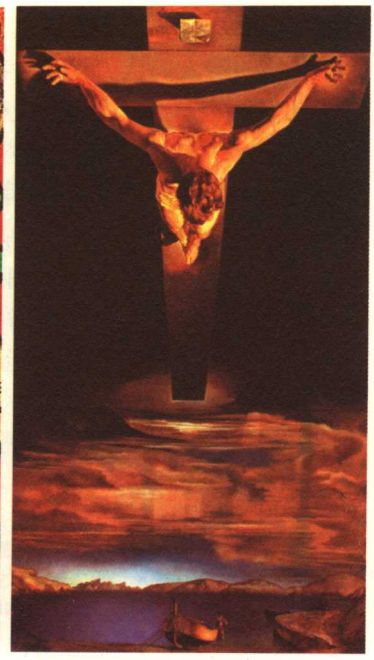
前段时间，科学虽然已经从经院哲学的综合体中脱离出来，但它们至少是自身一致的。自身一致，曾经被看成是判断正确性的唯一试金石。但到现在，科学给思想界带来的自身不一致性，使科学不但在上层结构，而且在自身的基础即物理基本概念上也产生了动摇。

近年来，物理研究已经进入了一种特殊的状态，这是自 17 世纪以来，从未出现过的一种状态。一方面，古典定律即牛顿的动力学和麦克斯韦的电磁学仍然在发挥作用，并还在创造具有伟大价值的成果。但另一方面，随着当今最惊人的发现即原子结构理论的产生，古典定律又逐渐失去了作用，于是，人们只能接受相对论和



耶稣族谱　镶嵌画　1290年

基督在世时，少有人去给他画像；基督升天了，人们怀念基督本身。形式与内容，是互为表里的两个范畴，或一个范畴的两个方面。图为记载了耶稣族谱的玻璃镶嵌画。



十字架上的基督

工业革命以前，在塑造人类精神生活的世界方面，基督教是唯一在意义、创造力与影响力上与人类史前史的伟大决定因素相提并论的历史现象。基督教在古罗马帝国中发展起来，最后与其制度融合在一起，并与古罗马社会制度和思想体系一起传播到今天。它的影响贯穿于最后1500年人类历史的所有伟大创造活动中，成为欧洲文明的一大特色。

量子论的概念。这就像威廉·布拉格爵士说的那样："每逢星期一、星期三和星期五，人们应用古典的理论；而在星期二、星期四和星期六，人们则应用量子理论。至于所谓的自身一致性，可能早已被人们抛进了大海，如果遇到问题，只看人们采用哪一个概念来求得结果。"当社会处于一个知识变革时期，这种矛盾不可避免。不过，现在所举的例子，好像只是这种趋势的一种极端表现形式。布拉格忘记了告诉我们，还有第三个概念可供选择。

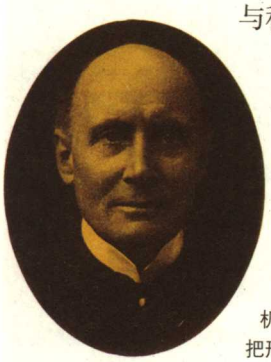
科学应该承认，宗教经验在心理方面具有一定的效果。有人认为，对神秘上帝的直接了解，就像人们自己对人格的自觉或对外界的知觉一样真实。正是这种人可通神的感觉，以及由这种感觉而引起的敬畏和崇拜，构成了宗教。对一般人而言，这只是灵感受到触动而在瞬见所看见的一个幻境，但对于圣徒来说，这却是一种同生命气息一样正常、无所不在的经验。我们用不着、实际上也不可能明确指出上帝的定义是什么，凡是认识上帝的人，都不需要这个定义。

人性是软弱的，它需要通过偶像来表现一种幻觉，通过偶像来接受教义、神学或神话。教义可真可假，但是宗教本身并不会随教义的兴亡而兴亡，教义常常受到历史、哲学或科学的批判，而且多次被批判得体无完肤。但真正的宗教远比教义深奥，它是建立在直接经验这一块不可动摇的磐石之上。有些人是色盲，但他们可以看见旭日东升泛出的光辉；同理，有些人也许对宗教没有感觉，但他们可以在上帝的光环下心安理得地养育生长。

对大多数的人来说，有些教义是宗教生活中必不可少的，如果否认这个事实而另外建立一个没有教义的新宗教，则是毫无意义的。但宗教教义时常都可能与科学、历史和人类学发生冲突，冲突的焦点是："宗教认为，它所说的就是实在本质的意义，而唯理论者则坚持认为宗教所说的全都不真实。"不过，在这个问题上，那些不同的思想形式逐渐趋于融合，因此，基督教神学只有放弃曾被信徒视为精义的基督即将二次出世的说法。后来，基督教神学还被迫承认了哥白尼的体系，从而把地为中心，天堂之门就在天空，地狱之路就在地下等说法全部抛弃。基督教神学还承认了达尔文的进化论，并同意人类的祖先是猿猴而不是天使的

说法。如果基督教神学能够真正了解现代人类学的意义，它可能还将放弃一些其他的信念。而一些懦弱的人们认为，至少在目前，这些信念是必不可少的，就像当初我们的祖先认为，地球是宇宙的中心、世界是上帝创造的这些教义是必不可少的一样。

然而，每当发生变革的时候，宗教总会表示反对。因此，怀德海说："如果宗教不用与科学相同的精神去接受变革，宗教就不能恢复它原有的权威。宗教的某些原理可以与世长存，但这些原理需要不断的发展。摈弃外来的偶像，宗教思想在发展中可以越来越精深，而宗教与科学的相互联系，则是促进这种发展的一个重要因素。"



怀特海

英国哲学家和数学家，"有机体理论"的创立者。他一生都想把形而上学和科学加以综合，并从中发现新的东西。

科学知识和科学的思想方式，虽然对宗教的发展有一定的帮助，但它不能满足宗教信徒的心理需求，随着这些知识的普及和思想方式的推广，又掀起起了一股脱离基督教会的潮流，这是一股现代社会所特有的潮流。许多人已对教会失去了兴趣，敢于批评教会的人也越来越多。同时，在社会各阶层中人数最多、受教育程度最低的民众，无论是在教会还是在民政方面，得到的权力也越来越多。当然，这主要归功于自治和人民代议制的盛行。

科学和宗教的前途并不是一马平川，例如，美国的"原教旨主义"运动就禁止在学校教授进化论，英国也有人发动所谓的中古主义复兴运动，欧洲的许多国家还有宗教迫害，宗教压制着人的思想并禁止言论自由，即使在欧洲以外的其他国家，也有厌恶科学的人。应该承认，直到现在，客观冷静的科学头脑仍然遭到许多人的厌恶，尽管这些人没有确切的证据，但他们并没有因此而暂时放弃他们的厌恶。如果人们都由感情支配理智的话，这种危害的程度将会进一步增大。

哥白尼与日心说　插图

尽管黑格尔说，存在的就是合理的。但是，存在的事物不一定就是真的。哲学家的任务之一，就是用纯思的方式去论证现实中的真伪。图中，哥白尼的日心说虽然触动了统治者地心说的思想根基，让人们逐步接近世界的真相，但是他付出了生命的代价。



除那些愚昧的认识和偏见外，还存在着一种可以理解的思想观点分歧。部分学者和神学家认为，科学家有时是用肤浅的方法来研究一些无足轻重的琐事，而哲学家和科学家则提出，如果这些学者和神学家只关注对文字的解释，而忽视事实基本真相的了解，就将像休谟所说的那样：通俗神学是非常对荒诞无稽胃口的。在这里，采用历史的研究方法，可以让我们透过琐碎小事的表面现象，从而发现隐藏在自然界中的秘密。而且，还可以在天主教的闭门修身中，或在原教旨主义者那些不可思议的信念中，去探索寻找宗教的真正灵魂。让我们记住这样一句话："了解一切就是饶恕一切。"

不顾世人的愚昧无知和固执，自伽利略开始，科学方法攻城略池，占领了一个又一个的阵地。从力学到物理学，从生物学到心理学，科学能够逐渐进入所有的领域，研究似乎没有止境。有位哲人说得好：知识就像一个球，这个球越大，它与未知世界所接触的面也越大。



希　望　瓦兹　油画　16世纪

宗教纷争不断，屠杀死亡也不断，但我们所生活的这个世界如此广大，足够让各种真理同时并存。因此，只要互相宽容友爱，人类和平地生活在一起的希望就如同我们内心的宁静与沉默一样始终如一。

由于物理学家经常同最后的概念打交道，因此，他们对未知世界有着较为深刻的认识。每当某一现象能用物理学的术语来表达的时候，生物学家就认为自己已对这些现象作出了最后的解释，但物理学家知道，解释中的困难才刚刚开始。生物学家把他们的问题尽可能地归结到物理学的范围，这本是无可厚非的，但生物学也有自己的基本单元。怀德海提出过这样一个理论:在哲学上，机体概念在物理学和生物学上具有同样的重要意义。这个理论在过去的自然历史研究中，以及在最近的进化论研究中都曾经被应用过。其实，机体就是生物学的单元，但由于机体受到了物理定律和化学定律的制约，因此，我们必须用分析的方法对它进行研究，并在条件可能的情况下用物理学的术语来描述它的活动。

现在的物理学对其最终概念后面的奥秘的认识，比以往任何时候都清楚，对这种力量的支配也比以往任何时候都更有把握。有时，它以一种青年才有的冒险精神冲进新的领域，但还没有来得及在新占领的领域内建立秩序，一个知识的大综合就出现了。这个知识的大综合要将不同的观念进行协调，要把各种混乱的思想改变为统一的思想。这样，物理学将不断扩大对自然现象的认识，并用来解释各种现象和概念之间的关系；这样，一个新的物理学王国，便在人类的心灵中建立起许多大厦，并且，这些大厦的基础建得如此的深厚，在我们这一代人的眼中，这些基础已经深入到最底层的未知部分，这底层的构造与上层全然不同。牛顿曾这样说过：“自然哲学的任务，就是对现象进行论证，从结果中探求原因，直到我们找出最初的原因为止，但是，这个最初的原因一定不是机械的。”事实上，我们已经发现，电子、波群以及作用量子中的概念就不是机械的。我们也不愿意抛弃250年来一直在使用的概念上的机械论。为提高人类控制自然的能力，科学将继续使用这个机械论，并用它来更加深入地了解和观察各种自然现象之间的复杂关系。也许，在不久的将来，人类将克服我们现在的困难，物理学家将制订出一种新的原子模型来暂时满足我们心理的需要。但是，通俗易懂的机械论迟早要被淘汰，而我们将要面对的那个可怕的奥秘，就是所谓的实在。





科学哲学的启示录

——丹皮尔《科学简史》评述

大使们　小霍尔拜因　油画　1533 年

16 世纪的欧洲充满了机遇和希望，欧洲人注视着外面的世界，航海和贸易需求促使科学技术得以迅猛发展。航海需要精确的航海图、天文图；贸易则需要有效的会计学、代数学、三角学、几何射影学，对数理论和微积分都有了长足的进步。图中，各种科学仪器既代表了数学这样的知识，也象征着这些知识所赋予的权力。

人文环境与科学的密切关系

从古希腊自然哲学时代起，科学的发展就与哲学紧密相连。欧洲的18世纪至20世纪，是人类科学史上的大发展阶段。这一时期的人类科学以前所未有的速度取得了令人惊叹的成就。当其时，西方哲学也一直在以各种或明或暗的方式作出敏锐的反应。如牛顿力学对康德哲学以及18世纪法国唯物主义的影响；达尔文的进化论对柏格森创造进化论的影响，等等。在西方哲学与科学之间，一直有种休戚与共的血肉关系，二者不可割裂地共同存在。一旦出现这种割裂，对双方都是一种致命的损害。科学会变成唯机械论的科学，而哲学则会变成纯思辨的空中楼阁。量子力学的奠基人之一薛定谔指出："有一种错误倾向，认为科学是和整个人类文化发展的脉络毫无关系的。其实不然，从科学发展史知道，哪怕在当时是最先进的深奥的难于掌握的，离开了整个人类文化脉络也都是毫无意义的。"

在19世纪唯机械论科学以及黑格尔独断论哲学的影响风潮下，英国著名科学史家丹皮尔表达出了这样的观点："要想观照生命，看到生命的整体，我们不但需要科学，而且需要伦理学、艺术和哲学。"这，就是他写作《科学史——及其与哲学和宗教的关系》的初衷。

丹皮尔（1867—1952年）爵士，英国剑桥大学著名的科学史家，起初从事物理化学方面的研究和教学，自上世纪初转而研究科学史。其著作有《科学和人类的精神》（1912年）和《科学史及其与哲学和宗教的关系》等（简称《科学简史》，1929年第一版）。《科学简史》是其中最为著名的一部。这部作品在西方广为流传，成为最经典的科学史专著。该书使丹皮尔在英国以至世界各地都享有很高的威望，特别是在科学技术历史界。有知名人士这样评价，"与其他同类史书比较，它具有一些明显的特点。作为一位科学史家，作者具有一定的科学素养和哲学素养，从而使此书具有一定的理论深度，而不是一大堆杂乱无章的科学史材料的堆砌。通观全书，看得出作者对以下观点是有明确意识的：科学本身所处理的，是可重复、有规律的普遍性事实；而科学史处理的，则是一次性的、不可重复的独特历程。有鉴于此，历史感是重要的。"（引自《人类心智的探险史》作者：陈奎德）

在著作一开篇，丹皮尔就写到："自然如不能被目证那就不能被征服。"表明了自然科学的实在性，这种实在性是以人类的"目证"来实现并征服的，揭示出科学与人之间的密切关系。而作为一个存在于现实社会中的人，不得不受哲学、艺术、伦理、宗教方面的束缚，这





理性的秩序　壁画

从柏拉图生活的那个时代开始，一直到现代，有各种各样的柏拉图画像。在这幅16世纪罗马尼亚修道院的壁画中，他与数学家毕达哥拉斯、雅典伟大的改革家和执政官梭伦在一起。

些意识形态领域又成为影响自然科学发展的大环境，它们有时有利于科学的生长，有时却又扼杀它，这，便形成了自然科学独特的发展历程。如今，科学的发展已经提高人类物质生活水平，甚至于改变人们的哲学思想，而历史学家们所讲的仍不外乎是战争、政治和经济，相对于科学活动的独特的发展历程，大部分历史学家却没有讲到，所以丹皮尔认为，对科学发展的重大历程进行一番梳理是必要之举。

《科学简史》的经典魅力

《科学简史》全书共十二章（另有序言与绪论），分为古代、近代与现代三个阶段。每个阶段又细分为不同的部分。整个内容分布有主有次，概貌清晰，以纵横两条线双向展开。它以科学上的历史时代（古代、中世纪、文艺复兴、牛顿时代、18世纪、19世纪、现代、展望）为纵向线。以近代以来的科学发展（数学、力学、物理、化学、生物、医学……）为横向线展开，各个学科，条分缕析，均有述及。作者特别在每一个时代的章节末尾，综述科学与哲学及宗教的关系。纵观全书，丹皮尔构造了一个独具一格的结构，在纵横交织的内容引领下，一幅人类向自然征服的瑰丽图景立体地呈现在读者的面前。下面简单介绍该书的大致内容：

全书第一章讲述了古代世界的科学，作者以粗线条勾勒了人类石器文明的历史，包括巴比伦、埃及、印度和希腊宗教与哲学的起源和发展。第二章以中世纪经院哲学的贡献与桎梏为主要内容，指出西欧聪明才智之士一旦摆脱了这种桎梏，就汲取了经验哲学的方法和教训。第三章主要介绍文艺复兴的起源、宗教改革、以及科学的起源等，包括达·芬奇、哥白尼、培根、伽利略、笛卡儿、波义耳等人及其贡献。第四章概括了牛顿力学理论的大综合。从第五章起到第九章是全书的侧重内容，分别详细讲述了18、19、20世纪的科学成果。第十章至第十二章即新时代的物理学、宇宙天体以及科学的哲学及其展望。从上述这个极为粗略的内容脉络，我们可以看到，这是一本大时空跨度的，且极具思想力度的大部头著作。这样一本内容宏大的著作，完全可以让一个普通读者从头至尾地了解近代科学及其社会文化环境的发展历程。



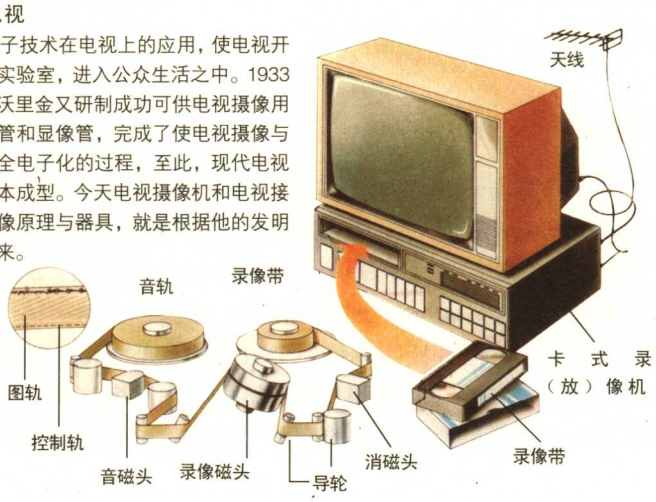
古典哲学家　佚名
壁画　15世纪

中世纪和文艺复兴时期的艺术常常描绘古典时代的哲学家。在公元前7世纪和公元前6世纪，古典哲学家在希腊诞生了。从那时开始，他们的智慧对人类生活的各个方面产生了深刻的影响。

作为一位自然科学史家，丹皮尔对科学史的分期独具慧眼，避免争议，含而不露，把更多的结论留给后人。在叙述过程中，他并不机械被动地叙述自然科学发展的成就和过程，“而是始终把它与其他的文化及社会因素联系起来进行研究的。这是该书有别于其他科学史籍的一个主要特色”（《人类心智的探险史》）。如同许多明哲的西方史家一样，丹皮尔避免历史哲学史的透彻说明，更多的着眼于实证的历史线索。在书中，他给予更多的是启示，而非论证与说教，整部作品不时穿插着他宁静的思索和力求客观的评论。作为一位具有深厚哲学素养的科学史家，丹皮尔在《科学简史》的叙述之中，总是透露出对人类心灵需要的关注。在阅读时，读者们会强烈地感受到这一点。在每一章的最后，他都会把宗教、哲学、艺术与科学一起探讨一番。诚如作者所言：“一个神圣的奥秘需要我们领悟，需要有和神灵一脉相通的感觉。”宗教、哲学及文艺从心灵这个角度来说与自然科学息息相关，而对自然科学的探寻也是人们心灵需要的一个方面。所以，它们都是人类心灵不同需要的反映。丹皮尔认为，现代科学的宏伟大厦，或许就是人类心灵的最伟大的胜利！在46万字的叙述过程当中，丹皮尔以忠实于史实的态度，展现给读者一幅从人类远古到20世纪中期，人类科学、哲学与宗教相互联系共同发展的巨幅历史画卷。

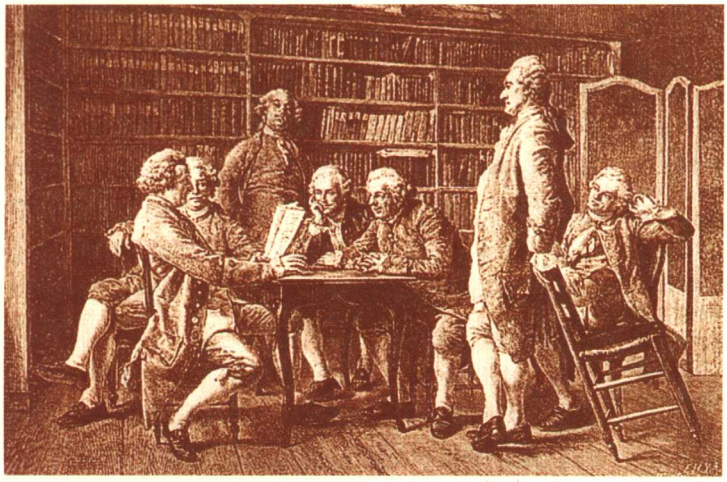
现代电视

电子技术在电视上的应用，使电视开始走出实验室，进入公众生活之中。1933年，兹沃里金又研制成功可供电视摄像用的摄像管和显像管，完成了使电视摄像与显像完全电子化的过程，至此，现代电视系统基本成型。今天电视摄像机和电视接收的成像原理与器具，就是根据他的发明改进而来。



认识自然规律

在西方，自古希腊以来，哲学和科学思想是混在一起的，很多学者既是哲学家又是天文学家。16世纪至17世纪，自然科学从古典哲学中脱离出来，成为专门的自然科学，更大地促进了科学的发展。



新科学哲学的启示

《科学简史》从科学的起源开始探讨。最初的古希腊人是把哲学与科学看成一体的，那时人们对自然科学的认识有一种朴素的唯物主义思想在里面。作者在著作中对于古希腊原子论的论述，具有很高的学术价值。他极有见地地认为，柏拉图主义是对科学精神的阻碍，因为促成这种理论的心理态度即是有碍于实验科学的发展事业的。由于古希腊雅典学派的兴起，使形而上学哲学取代了自然科学哲学。在中世纪时期，哲学与自然科学都统一于神学之下，成为一个完整的知识体系。然而，正如作者所言，“经院哲学训练了他们，结果反而叫这些人把它摧毁”。当崇尚理性的经院哲



观测星空

150 亿年前，一场大爆炸后诞生了空间与时间。之后，从最单纯的物质中产生出最初的微粒，织出一幅巨大的宇宙毯，在其中一个银河系的一颗恒星附近，一颗行星出现了人类，懂得欣赏宇宙的美，也懂得追问宇宙和生命的源头。

学把自己的教义诉诸于理性论证时，就无异于是在给自己掘坟墓。一旦觉醒的理性与感性的经验相结合，那么，经院哲学的末日也就来临了。

直到文艺复兴之后，以伽利略为代表的科学家们应用实验方法研究自然，哲学这时才真正和科学分道扬镳。在牛顿时代，自然哲学开始建立在牛顿动力学的基础上，出于对牛顿的顶礼膜拜，牛顿的科学成为了机械论的科学哲学观，似乎人也变成了机器。为了逃避这种机械主义，18世纪后的康德和黑格尔建立了德国唯心主义。哲学从此就与当代科学完全脱离了关系。对于这种背离，丹皮尔“抨击了黑格尔派用纯思辨的自然哲学，否定和取代实验科学的企图，指出这实质上是历史的倒退，叙述了科学家对它的正当抵制，论证了它不可避免的失败命运。”（引自《人类心智的探险史》陈奎德）

与此同时，正是在达尔文的进化论以及其他自然科学家的勉力支撑下，科学赋予了人类认知的崭新意义，使得哲学家们对科学不得不重新加以重视。唯心主义哲学只好表现出向宗教情感复归，与宗教妥协的勇气；另一方面又不得不表现出从理性主义向经验主义复归的感慨。丹皮尔在著作中正确地预见了机械论和决定论的衰落，驳斥了种种错误的科学哲学观。那么，什么是正确的结论呢？丹皮尔没有给出。他留给人们的是无尽的思索和启迪，以唤起他们探讨真理的勇气。

在周桂钿的《科学需要哲学辩证法》中这样论述道：“丹皮尔讲的‘心灵’可能会被某些人认为是唯心主义的。但他的说法，基本精神与恩格斯的见解是可以统一的。马克思主义所谓‘物质’，就是丹皮尔所说的‘实在自身’。科学研究就是为了认识它。科学研究的每一次进步，都是人类的认识向‘实在自身’的接近。也只能不断接近，永远不会达到。也正因为只能不断接近，科学的发展才是无止境的。”

名人对《科学简史》的评价

令人遗憾的是，限于作者的写作年代——二战后正是各学科间的鸿沟正渐趋消失的大发展时代，却未能囊括，这不能不说是十分遗憾的事情。但即便如此，《科学简史》这本通史性的著作仍然散发着它独特的魅力。自 1929 年第一版面世以来，至 1947 年共出了第四次修订本。到 20 世纪 80、90 年代，该书被作为世界科学名著多次印刷，受到广大读者的喜爱。因而中国读者对丹皮尔的《科学简史》有着这样的评价：



遗传学研究

遗传学是研究生物的遗传和变异，即研究亲子间异同的生物学分支学科。其研究范围包括遗传物质的本质、传递和遗传信息的实现三个方面。其中，遗传物质的传递包括遗传物质的复制、染色体的行为、遗传规律和基因在群体中的数量变迁等，这些内容也是20世纪遗传科学所研究的主要内容。图为遗传学家们正在研究染色体的行为。

“它是一个学科奠基式的里程碑，朴实无华，默默无闻。但当你在科学史的领域陷入迷途里，你总可以在它的碑文上找到前进方向的指示，就像古希腊德尔斐神庙的神迹：不是明确的答案，而是正确的暗示。”（引自《领导经典浓缩书·科学技术卷》）

“在中国的科学技术哲学（自然辩证法）界，在关于科学史的出版物方面，丹皮尔的《科学简史》一书的地位和影响恐怕是独一无二的……或者，更准确地说，至少可以认为这本书在中国出版的科学史著作中，到目前为止还是一部难以绕过的经典。”（引自在《难以绕过的经典》刘兵著）

“这是一部惊心动魄的人类心智的探险史，一部可歌可泣的人类对命运的奋斗史，一部作为自然的奴隶的人逐渐成为它的主人的转化史。在这个过程中，科学从涓涓细流汇合成了汪洋大海；也是在这个过程中，我们体验到了它那难以言喻的巨大力量，体验到科学的历史运动的惯性所指的方向，从而，使我们得以沿袭这一方向，继续谱写科学历史的新篇章。”（《人类心智的探险史》作者：陈奎德）

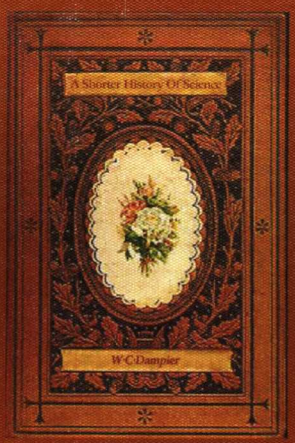
影响每一代学人的知识名著

学界公认的史诗性的科学史专著

《科学简史》是一部介绍从古代到近代自然科学的史学性著作。与以往不同的是，它不是对自然科学历史的简单讲述，而是在关照生命的起点上，融入了更多的人文思考。展示出人类在征服自然的过程中，人文社会的变迭对它产生的巨大影响。清晰地指出自然科学与哲学、伦理学、艺术等人文科学的紧密关联性。

丹皮尔以独特的立意，大跨度、多层次地描绘了一幅人类征服自然的瑰丽图景，从而使本书以准确的科学性、深刻的思想性而闻名于世。

A SHORTER HISTORY OF SCIENCE



[英] W·C·丹皮尔

W·C·丹皮尔（1867–1952）爵士，英国剑桥大学著名科学史家。起初从事物理化学方面的研究和教学，自上世纪初转而研究科学史。其著作有《科学和人类的精神》（1912），《科学史及其与哲学和宗教的关系》（简称《科学简史》，1929年第一版）等等。在他所有的著作当中，《科学简史》至今仍被奉为最经典的科学史专著之一。丹皮尔因该书而获得了崇高的威望。

该书详细探讨了科学的起源、发展与科学的成就

一座由人类心灵建立的科学大厦

W·C·丹皮尔，人类最伟大的科学史家之一。