欣赏物理学

王泽良　编著

同济大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 提 要

本书以科学精神与人文精神相结合，介绍物理学发展史和近现代物理学的几个主要观念：熵、相对论、量子论、宇宙观及混沌。通俗说明物理学与美学的关系，希望能帮助读者体验大自然规律的理性美。尤其对光学发展史与西方美术史的结合作了初步探讨，寻找它们同步发展的轨迹。最后，从欣赏匠心的视角选择了十几个物理实验（包括思想实验）和数理模型，尝试着加以概括提炼成思想方法。

本书适合用作本科生的教材，也可用作教学参考书，同时也可用作高层次的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

欣赏物理学/王泽良编著．—上海：同济大学出版社，2006.4

ISBN 7-5608-3221-0

Ⅰ．欣… Ⅱ．王… Ⅲ．物理学—普及读物 Ⅳ．O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004555 号

欣赏物理学

王泽良 编著

责任编辑 谢惠云 责任校对 杨江淮 封面设计 潘向蓁 责任组稿 曹 建

出 版
发 行 同济大学出版社

（上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622）

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 8.75 彩插 4 页

字 数 224000

印 数 1—3100

版 次 2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-3221-0/O·285

定 价 18.00 元

本书若有印装质量问题，请向本社发行部调换

前　言

面对一块冰冷的巨大的石头，细细地观察其纹理，耐心地记录其变化，苦苦地思索其原因，试图探寻深藏其中的奥秘。日复一日，年复一年，终于有一天人们突然发现这块石头吸日月之精华，随天地而吐纳，不仅深邃，而且原来还是如此的光彩，如此的生动，如此的美丽……这，就是“物理学”。

物理学探讨的是物质世界中最基本、最普遍的规律。因此，它只能是以实验（现象和数据）为其出发点和归宿点。然而，在这两点之间漫长的旅途中，其所面对的则是一个“模型世界”——客体在主观意识平台上的投影。这就决定了物理学在发展的各个阶段与近代文明几乎同步发展，与各历史阶段的生产、社会、宗教、艺术、经济和政治等各领域互相渗透，相互影响。因此，今天的物理学不仅在实用技术工程方面有着广泛的延伸，而且在人文精神方面也有着深厚的积淀。我们不仅可以理解它、利用它，而且也可以感受它、欣赏它。

“物理学”（physics）一词来源于古希腊的亚里士多德，然而从文艺复兴运动以后就很少提及这个名词，代之以“自然哲学”（natural philosophy）。像牛顿的立世之著《自然哲学及其数学原理》（1687 年），一直到 19 世纪初托马斯·杨的传世之著作仍命名为《自然哲学手记》。直到 19 世纪中期随着欧洲“工匠传统”的崛起，一批实践操作优秀人才的涌现，实验装置的进步和实验数据的准确，“科学”（sicnce）、“物理学”这些概念才渐渐从“哲学”范畴里脱胎出来成为独立的分支。“科学”、“物理学”两词传入中国，更是在甲午战争以后由大批的留洋学子从日本引进的，而日本人又是从古代汉语经典著作里找到对应的翻译的。“物理”一词源于庄子的“判天地之美，析万物之理”名句。

1995 年美国《今日物理》杂志征求过“物理学“的定义。最后他们推崇的答案是“物理学家所做的就是物理学”。（What is physics？Physics is what physicist do.）

读者似乎认为这个结论陷入了循环论证的逻辑混乱，其实不然。它是把物理学家（人）放在这一个对立统一体的主导方面。我们是否也可以类似地说：“什么是物理课？”答：“物理学教授所讲的就是物理课。”（What is physics lesson？Physics lesson is what physics professors say in the class.）

我们坚信物理学的悠久历史足以构建起一个平台，让所有科学技术乃至文学艺术的精彩画面在上面展现作秀；物理学的博大精深也足以伸展出足够多的接插口，用以“链接”人类文明的各个领域。

公元 2000 年前夕，十几家世界级大媒体做了一次调查和评选，排列 1 000 年来对世界、对人类社会影响最大的 100 位人物。结果名列第一的是物理学家爱因斯坦。他凭借的不是叱咤风云的权势，不是腰缠万贯的财富，更不是千军万马的武功，而仅仅是他的思想。这评选结果本身就意味着人类的文明发展到今天，人们越来越追求的不再是肉体的征服和物质的占有，崇尚的也不再是豪华的物质享受，而是精神的崇高和思想的卓越。

《欣赏物理学》不可能包含物理学所有的博大与精深。我们希望能做到的，一是呼唤猎奇欲，二是体验理性美，三是崇尚独立思想。

物理学起源于欧洲，脱胎于两大传统——哲学传统与工匠传统。《欣赏物理学》的章节编排就以这两大传统为基础，而不再以力学、热学、电学、光学等来分类。其中，哲学传统包含自然哲学（科学理念——“理性之光”）和艺术哲学（美学——“美在物理”），而工匠传统则主要体现于构思精妙、设计周密和方法独到，内容则包括实验、模型等。

本书尝试将人文精神和科学精神相结合。在传播科学知识的同时，引导读者自觉地体验理性美；在欣赏艺术作品时又能主动地去理解其科学机理。让读者尤其是青年读者汲取全面的人性教养。

限于作者的水平，书中错误和不当之处难免，欢迎大家批评指正。对书中某些一家之言也希望听到各家高论。

最后，对同济大学吴於人教授、陆瑞征教授和福州大学邱雄教授给予的大力支持和帮助表示衷心的感谢！

作　者

2006 年 2 月

目　　录

前　言
第 1 章　昨天的精彩 …… (1)
1.1　从亚里士多德到哥白尼 …… (1)
1.2　牛顿和他的巨人们 …… (3)
1.3　电与磁 …… (9)
1.4　走进原子 …… (16)
1.5　三个阶段与两次飞跃 …… (21)
1.6　三场争论 …… (22)
1.7　大科学观 …… (28)
第 2 章　理性之光 …… (38)
2.1　熵 …… (38)
2.2　相对论 …… (45)
2.3　宇　宙 …… (56)
2.4　量子论 …… (70)
2.5　混　沌 …… (80)
第 3 章　美在物理 …… (89)
3.1　美学浅说 …… (89)
3.2　物理美学 …… (93)
3.3　光的正面与反面 …… (104)
3.4　配乐散文《质量奏鸣曲》 …… (111)
第 4 章　匠心独具 …… (113)
4.1　几个重要实验 …… (113)
4.2　思想实验的作用与意义 …… (121)
4.3　数理模型 …… (123)
主要参考文献 …… (129)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

我有一个梦：在一片荒芜的大漠中，保留着一块小小的绿洲，那儿还没有参天的大树，但却处处青草芳香。

今天，物理学为你打开一道门，引导你迈入科学的殿堂。
明天，你要为物理学再开一扇窗，让人类迎接新的曙光！

——一位物理教师

第 1 章　昨天的精彩

你，从雅典书院走来，双脚踏在坚实的大地上；你，站在巨人的肩上，遥望着理性的彼岸；你穿越时空的隧道，从昨天，路过明天，来到今天……历史的老人啊！你背着的是沉重的负担还是丰富的宝藏？你双手紧握的是支撑躯体的拐棍还是威震环宇的权杖？你老人家仅仅属于过去，还是在呵护着现在？或者已经指引了未来！

——作者

1.1　从亚里士多德到哥白尼

风景优美的爱琴海岸，气候怡人，人杰地灵，孕育着人类古代文明的精华。这里的人们崇尚思辨悖论、逻辑演绎。在烂灿群星中我们列举几位与本课程有关的先哲，并做简单介绍。

1.1.1　亚里士多德

亚里士多德(Aristotle，前 384—前 322，图 1-1)是雅典书院(彩图 1-2)的明星，柏拉图的高徒，他主张以客观事物为研究对象。曾被推荐为马其顿小王子(后为亚历山大大帝，图 1-3)的老师。他借助横跨欧、亚、非三大洲的马其顿帝国的广大疆域，广泛收集各地各种资料信息并分类整理，写有 190 多种著作，几乎涉及所有的领域，传世的有修辞、逻辑、哲学、天文、地理、物理、生物、矿物、气象、医学和营养等 49 种。亚里士多德堪称古代科学的集大成者。

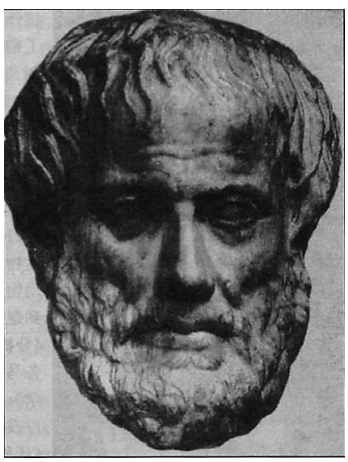


图 1-1　亚里士多德



图 1-3　亚历山大大帝

1.1.2　毕达哥拉斯

毕达哥拉斯(Pythagoras，约前 580—约前 500，图 1-4)是米利都学派的代表人物之一，他最大的贡献在数学方面，而对世界本原的认识方面也有自己独特的见解。他认为导致万物之

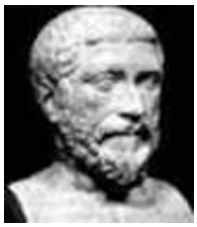


图 1-4　毕达哥拉斯

间差异的并不是物质的组成，而是其中包含的某种数量关系。于是就提出了“数是万物之源”的观点认为：“一切都由数构成。万物的本原是 1，从 1 产生 2，2 是从属于 1 的不定的结果，1 则是原因。从完满的 1 和不定的 2 中产生出各种数目，从数目产生出点，点生线，线生面，面生体，再从体产生出感觉所及的一切形体，产生出四种元素：水、火、土和气。这四种元素依照各种不同的关系和比例互相转化着，于是便创造出有生命的、精神的、多形的世界。”另外，毕达哥拉斯还给各个数字以不同的象征物。这样，以便于自然现象和社会现象表示为一定的数量关系。

在毕达哥拉斯学派看来，一切事物都是对称的，一与多、奇与偶、正方形与立方体、左与右……对称性是万物的原型。世间万物存在着矛盾物或对立物的相互作用，而对立物之间又存在着某种和谐，这种和谐是世间万物完美的体现，是“数”的神秘力量的体现，是神的意志的体现。球形是一切立体物中最美的，圆形是一切平面图形中最美的图形，这一切都源于构成球或圆的数字是最和谐的。美的音乐必定是由于各种乐器之间存在着高度的和谐，美的人体则是因为各部分恰当的比例。

1.1.3　阿基米德

阿基米德（Archimedes，约前 287—约前 212，图 1-5）是古代力学奠基人之一。他发现了杠杆原理（图 1-6）、浮力定理及各种表面积的计算方法，并设计了许多实用器械和建筑。他将力学、光学知识用于战争，最后自己却不幸死于战乱。

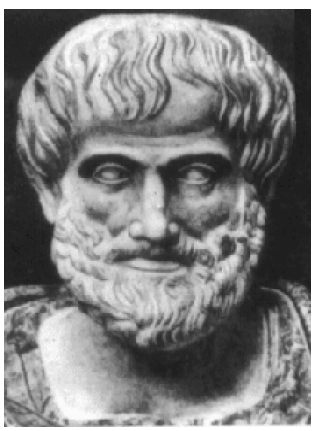


图 1-5　阿基米德

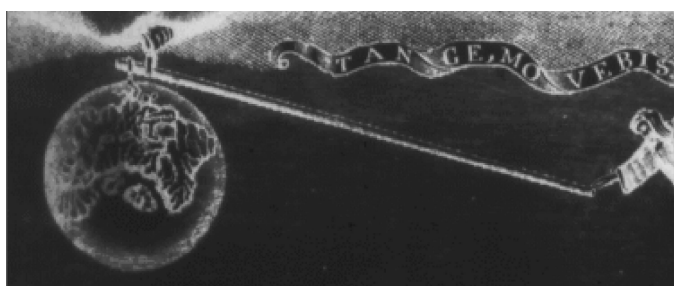


图 1-6　杠杆原理

1.1.4　托勒玫

托勒玫（C. Ptolemy，约 90—168，图 1-7）是天文学、数学、地理学、地图学之大家。著有《天文学大成》，描述以地球为中心的天体运动，在前人的本轮说和均轮说的基础上，提出自己创立的天体运动的数学模式，即“地心宇宙体系（托勒玫体系）”。他用投影方法确定地球上各点经纬度。在教会的支持下，他的学说统治了学术界 1300 年之久。

古希腊和希腊文化圈（包括欧洲和今天中东阿拉伯世界）是希腊文明的两个高潮时期，11 世纪罗马人对古希腊文化的摧残与破坏，使西方陷入“黑暗的中世纪”，那时充满着野蛮、瘟疫

和战乱，最后导致教会对整个社会和人们精神的控制和禁锢。直到十字军东征，欧洲人从阿拉伯和波斯带回大量古希腊文明的典籍，激起极大的震动，客观上推动了起于意大利的文艺复兴运动。“思想大解放”、“挑战权威”成为那个时代的最强音。而伟大的哥白尼（图 1-8）正是诞生在这个时代。



图 1-7　托勒玫

1.1.5　哥白尼

哥白尼（N. Copernicus，1473—1543）是波兰杰出的天文学家，他生活在文艺复兴时期，终生研究工作的结晶是他的伟大著作《天体运行论》，这本书向我们描绘了一个全新的宇宙。据说，正好在他逝世之前，在病床上看到了这部巨著的印刷本。在哥白尼的日心体系中，各天体相互联系，它们的运动具有简单而明显的规律性，所有行星的排列顺序与它们轨道周期和轨道尺度有紧密的联系。哥白尼体系具有一种内在的和谐性，哥白尼最为关心的是建立一个最简单、最和谐的天体几何学，他所看重的是数的和谐。他声称：“我们的理性总是要求任何东西都处于最美的秩序。”（图 1-9）更加重要的是他的学说留下了两大课题（恒星视差和地球“风”），为近代物理学的深入研究指引了方向。

哥白尼体系与托勒玫体系相比具有明显的优点：

（1）哥白尼体系有着内在的简单性；

（2）哥白尼体系具有一种内在的和谐性。



图 1-8　哥白尼



图 1-9　日心说

1.2　牛顿和他的巨人们

1.2.1　牛　顿

牛顿（I. Newton，1642—1727，图 1-10）出生于英格兰的一个农户家庭（图 1-11）。他是由外祖父母带大的遗腹子，性情孤僻。相传他小学五年级时与另一男孩打架，自感吃亏了，而老

师还偏袒那个男孩，牛顿觉得很委屈。于是他就究其原因，发现这位数学老师偏爱数学成绩好的同学，而那个男孩数学成绩优异。于是，小牛顿从此就暗自发愤钻研数学，想要超过那个男孩，不料牛顿从此就对数学着了迷，终生不倦。有一次，他请朋友吃饭，忽然想到一道题解，就进书房去演算，时间一长，朋友吃饱就走了，在他回到餐厅看到桌上的剩菜剩饭时，还以为自己已经吃过了，又进了书房。牛顿第一次与女友约会，也因沉醉于思考题目，穿错了裤子，引起误会，结果导致他终身未娶。中学将毕业时，母亲让牛顿去打理一间杂货铺，他却将店铺交给伙计管理，自己埋头求解数学难题。此事多次被其舅舅发现，才劝其母供他上大学。

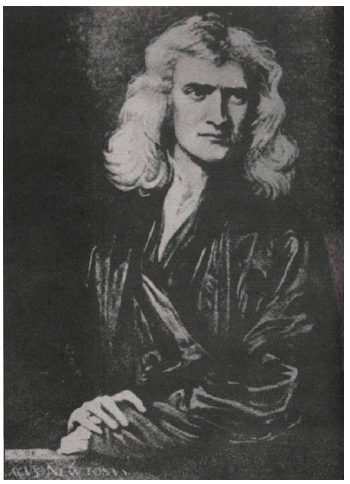


图 1-10　牛　顿



图 1-11　牛顿故居

1661 年，牛顿进入剑桥三一学院，在数学教授巴罗指导下，数学进步极快，从 1664—1665 年他写的《未发表的记事手稿》来看，他受到笛卡儿的《几何学》、《哲学原理》和伽利略的《两个世界体系的对话》等著作的深刻影响。1665 年牛顿获文学士学位，后为躲避瘟疫，他在故乡呆了 18 个月，其间他在力学、天文学、数学和光学方面进行基础性的研究工作，发现了万有引力的平方反比律。1667 年牛顿返回剑桥大学当研究生，次年获得硕士学位。1669 年起担任数学讲座教授的职务。1671 年被选为伦敦皇家学会会员，后为国会议员。但他厌烦国会中无聊的辩论，会间经常闭目思考，有一天牛顿忽然失声一叫，顿时全场安静，以为他要发言，他尴尬地站起说："请把后面的窗关一下，我怕风。"这是他五年议员生涯中的唯一发言记录。



图 1-12　《自然哲学的数学原理》

1687 年，牛顿发表了他的代表作《自然哲学的数学原理》（图 1-12，以下简称《原理》），全书共有两大部分，第一部分包括"定义和注释"和"运动的基本定理或定律"，第二部分是基本定律的应用。这部伟大著作的出版，标志着经典力学体系的建立。《原理》中提出了力学三大定律和万有引力定律，对宏观物体的运动给出了精确的定量描述。他把地面上物体的运动和太阳系内行星的运动统一在相同的物理定律之中，从而完成了人类文明史上第一次自然科学的大综合。他总结和发展了此前物理学领域的全部重要成果，把这些孤立的、逻辑上各自独立的物理要领和物理定律，例如自由落体、斜面、单摆、碰撞、惯性和守恒等，发展成为能够表述因果性的一个完整体系。牛顿是经典力学的集大成者。

牛顿的三大运动定律在《原理》中总结为：任何物体，只要没有外力改变它的状态，便会永

远保持静止或匀速直线运动的状态，这就是牛顿第一定律；定律二，运动的改变和所加的动力成正比，并且发生在所加的力的那个直线方向上；定律三，每一个作用总是有一个相等的反作用与它相对抗。

牛顿的万有引力定律：在自然界中任何两个质点间都存在相互作用的引力，力的方向沿两物体的连线，力的大小与两质点的质量的乘积成正比，与它们间距离的平方成反比，若用 m_1 和 m_2 表示这两个质点的质量，r 表示它们之间的距离，则它们间的引力为

$$F=G\frac{m_1m_2}{r^2}。$$

牛顿的方法可称为“归纳—演绎”法。所谓“归纳法”，是从实验出发，由特殊到一般的方法；所谓“演绎法”，是以理论为主，由一般到特殊的方法。牛顿在《原理》第三篇的开头写下了“哲学中的推理法则”，共四条：第一条称为“简单性原则”，第二、三条可称为“统一性原理”，第四条明确表明在观察、实验的基础上通过归纳而得出自然规律的这一方法的信念。他认为物体的属性只有通过实验才能为我们所了解……在实验科学中，我们必须把那些从各种现象中运用一般归纳而导出的命题看作是完全正确的，或者是非常接近正确的。因此，牛顿十分重视归纳，但这并不意味着他忽视数学演绎。第一个大量地运用数学方法来系统地整理物理理论的是牛顿，他的《原理》为后来各种物理学理论体系的建立树立了一个典范。与以前的演绎法不同的是，牛顿认为演绎的结果必须重新诉诸实验来验证。

1727 年 3 月 20 日牛顿因病去世，英国诗人亚历山大·蒲柏模仿《创世纪》的开头为牛顿撰写了墓志铭：“Nature and Nature's law lay hid in night . God said let Newton be and all was light. ”（“自然和自然法则在黑暗中，上帝说：‘要有牛顿！’于是一切都明亮了。”）而牛顿自己则留下一句名言：“我之所以能比别人看得远些，是因为我站在巨人们的肩上。”那么，下面我们来熟悉几位主要的“巨人”。

1.2.2 牛顿的几位“巨人”

1. 伽利略

伽利略（Galileo Galilei，1564—1642，图 1-13）1564 年 2 月 15 日诞生于意大利比萨，父亲是著名的音乐家、数学家，希望儿子学医，将来会有好的收入。1581 年伽利略进比萨大学学医。1583 年，伽利略听了几次关于欧几里德几何学演讲后对数学着了迷，离开了比萨大学，倾心研究几何学、物理学、天文学，对物理实验十分着迷。伽利略对运动的研究创造了一套对近代科学发展产生巨大影响的有效的具体程序：对现象的一般观察→提出假设→数学模型→用实验（包括思想实验）对结果进行检验→对假设进行修正和推广等。他用“落体详缪”的思辨，从亚里士多德的“重物的下落比轻物快”的原理导出“重物下落比轻物慢”的悖论，并假设在比萨斜塔上进行实验（图 1-14）。他用对接斜面的理想实验推翻了亚里士多德关于“外力是物体维持其运动的原因”的教条，提出了“惯性原理”。这些理性思维的方法是他从对运动现象的观察通向发现运动规律的途径。爱因斯坦曾评论说：“伽利略的发现及他所应用的推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一，它标志着物理学的真正开端。”

另外，伽利略还发明并动手制作了望远镜（20 倍），观测到木星的四颗卫星和太阳黑子；他制造了新的计时器、温度计（图 1-15）等。

1623 年，伽利略出版《试金石》一书，对当时学术界的治学态度和方法作了入木三分的评

需要全本请访问 www.ertongbook.com



图 1-13　伽利略

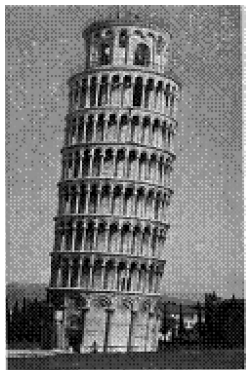


图 1-14　比萨斜塔

论，批评了以权威而不是事实作为最终论据的做法。

1632 年 3 月，伽利略出版了科学史上的伟大著作——《关于两大世界体系的对话》（图 1-16），宣传哥白尼的日心说。是年 8 月，教会突然下令禁书。次年，伽利略在罗马受到审判，6 月 22 日法庭判他终生监禁，据说在宣判之后，这位 70 岁的老人还喃喃自语："Eppur si muove."（"可是，地球仍在运动呀"。）

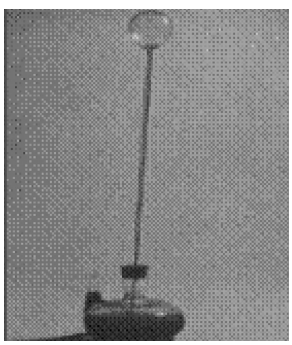


图 1-15　温度计



图 1-16　《关于两大世界体系的对话》

被软禁后，伽利略继续早期从事的力学研究，于 1638 年出版了《关于两门新科学》（指材料力学和运动力学）。1642 年 1 月 8 日伽利略去世，享年 78 岁。

1979 年，罗马教皇保罗二世提出为伽利略平反，1983 年罗马教庭正式宣布当年教会压制伽利略的宗教裁决是错误的（但仍坚持地球是宇宙的生命中心）。这是历史经过 350 多年的曲折发展，科学战胜谬论的典型实例，表明真理是禁锢不了的。

伽利略被誉为近代物理之父、物理实验之父。在近代物理的开创者行列里，伽利略最为突出，是他首先示范了新的科学实验，以追求物理量的数学关系为目标的研究与思想实验相结合的科学方法，将近代物理学以至近代科学推上了历史的舞台。伽利略是近代自然科学的创始人之一。

2. 笛卡儿

笛卡儿（R. Descartes，1596—1650，图 1-17）是法国杰出的数学家和哲学家。1637 年，出版了他的主要著作《方法论》及附录《屈光学》、《气象学》和《几何学》，1644 年出版了《哲学原理》。在笛卡儿的哲学体系中，整个物理宇宙好比是一个钟表机构。这架机器一旦建成并由上帝启动后，它将被设想为不再需要旋紧发条或任何修理而可以无休止地运转下去。"若有其他

想法就可能意味着上帝是一位蹩脚的钟表匠”，为了确保这架宇宙机器不致慢下来，笛卡儿论证说，一定存在一个运动量守恒原理，“上帝在创造物质的时候，就赋予物质各部分以不同的运动，而且使这些物质保持着原来的运动的量”。他把物体的质量和速度的积作为这个“运动的量”的度量。把“上帝”作为论证的出发点当然是错误的，但是笛卡儿这一运动量守恒的思想却是极重要的和深刻的。他提出了宇宙旋涡说，对以后的引力说起了很大影响(图 1-18)。他认为若没有外界的作用，任何物体的状态不会有任何变化，根据这一思想他提出了惯性原理——“运动的本质是：如果物体处在运动中，那么如果无其他原因作用的话，它将继续以同一速度在同一直线方向上运动，既不停下来也不偏离原来方向。”这就突破了伽利略所设想的“水平面”的局限。他的成果更接近后来的牛顿第一定律。



图 1-17　笛卡儿

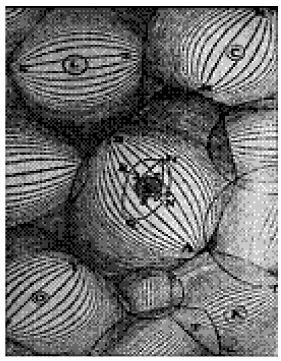


图 1-18　宇宙旋涡

3. 开普勒

开普勒(J. Kepler，1571—1630，图 1-19)，文艺复兴时期的德国天文学家。在开普勒看来，支配着行星的力在太阳上，这种力就像光一样从太阳发出。1596 年他出版第一本天文学著作《宇宙的奥秘》，深信上帝是依照完善的数的原则来创造世界的，他把正多面体几何关系的和谐性与哥白尼算出的行星配置联系了起来(图 1-20)。



图 1-19　开普勒

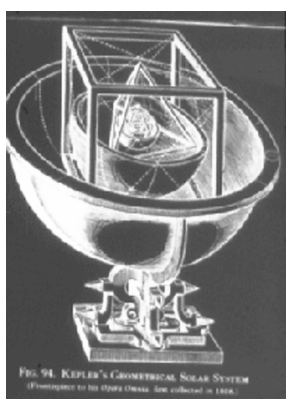


图 1-20　正多面体与行星配置

在哥白尼之后，丹麦天文学家第谷·布拉赫(Tycho Brahe，1546—1601，图 1-21)连续 20 年观测当时可以看到的五颗行星的运行，积累了详尽准确的观测数据，使行星位置的观测误差不超过 1/15 度(图 1-22)。第谷逝世前，把这些材料赠给了他的学生开普勒。开普勒继承了哥白尼的日心说，仔细分析了第谷的观测数据，特别是对火星的观测数据，作了大量计算，试图求得行星运行轨道的最佳拟合。开普勒确定哥白尼的轨道并非最佳拟合，便改用了卵形线，然而

对于火星，仍与观测数据不完全符合，虽然最大角度偏离只有 8′。开普勒坚信第谷的观测结果，终于发现椭圆轨道是最佳拟合，即“火星沿椭圆轨道绕太阳运行，太阳处于焦点之一的位置”，其他行星也是如此。这种观点抛弃了匀速圆周运动的信条。



图 1-21　第　谷



图 1-22　行星位置误差

开普勒指出：“就凭这 8′差异，引起了天文学的全部革新。”开普勒历经 16 年研究，最后，归纳了行星运动三定律，1609 年在论著《新天文学》中发表了第一、第二定律，1619 年在《世界的和谐性》一书中发表了第三定律。

开普勒第一定律：行星沿椭圆轨道绕太阳运行，太阳位于椭圆的一个焦点上。

开普勒第二定律：太阳到行星的径矢在相等的时间内扫过的面积相等。

开普勒第三定律：行星绕太阳运动椭圆轨道的半长轴 a 的立方与周期 T 的平方成正比，即

$$\frac{a^3}{T^2}=k,$$

式中，k 与行星的任何性质无关，是太阳系的常数。

开普勒是天体力学的真正奠基人，标志着新的科学思想方法正在形成，充分显示了理性思维的巨大威力。开普勒对行星运动的发现为后来牛顿的万有引力概念的诞生奠定了基石。

4. 惠更斯

惠更斯(C. Huygens，1629—1695，图 1-23)，荷兰物理学家，他探讨了碰撞(图 1-24)理论，得出了动量守恒原理；研究了单摆并求解出单摆的半周期为

$$T=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}。$$



图 1-23　惠更斯

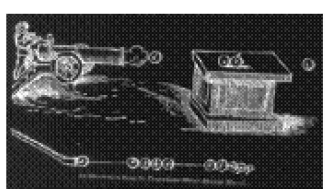


图 1-24　碰　撞

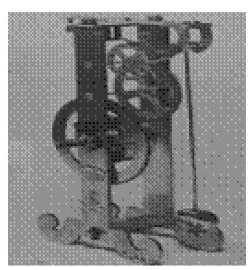


图 1-25　摆　钟

他制造了摆钟(图 1-25),测定了重力加速度的值,得出向心力公式,并得出结论:一物体在地球表面不同地点其重力是不同的。使人们认识到重量与质量是不同的概念。他在光学研究中提出了惠更斯(波动)原理,建立了光的波动理论。

1.2.3 其他几位关联人物

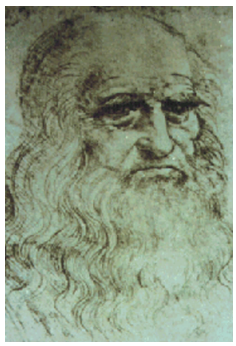


图 1-26 达·芬奇

除了前述几位"巨人",我们这里再介绍几位对牛顿经典力学的建立有着密切关联的人物。

1. 达·芬奇

达·芬奇(da Vinci, 1452—1519,图 1-26),文艺复兴时代的巨人。在力学方面他用虚速度的方法首次证明了杠杆原理,其中已包含了能量守恒和功率的思想雏形。他讨论自由落体问题,认为落体速度与下落时间成正比;他研究过抛体问题,提出运动合成的概念;他观察过冲击问题,初步得出惯性原理。此外,他还在摩擦和物体重心等问题的研究中做出贡献。总之,他也是一位杰出的科学家前辈。

2. 马 赫

马赫(E. Mach, 1838—1916),奥地利物理学家。他对牛顿的质量定义提出批评,认为这样定义"没有可操作性";他对牛顿的"绝对时空观"提出批评,特别对牛顿的"水桶实验"进行详细评说,他把惯性归结于宇宙中物体之间的相互作用。这些深邃的思想曾给爱因斯坦极大的启发,引导爱因斯坦于 1915 年创立广义相对论。

3. 莱布尼茨

莱布尼茨(G. W. Leibniz, 1646—1716),德国数学家,唯心主义哲学家,与牛顿共同创立微积分。他还是数理逻辑学的前驱,二进制的创导者。

1.3 电与磁

1.3.1 电磁学的发展

有记载的"电"现象最早始于公元前 5 世纪古希腊的玉石工匠。他们用毛皮打磨琥珀等玉器时发现,从裘皮上散落下来的毛并没有散开而是被吸附在玉器上。人们把这种现象叫做"电(electricity)",而这个词的来源就是希腊文的"琥珀"(elektron)。到近代,英国皇室医生、物理学家吉尔伯特(Gilbert, 1544—1603,图 1-27)对摩擦起电、互吸互斥现象、电对人的刺激及如何保存电荷向伊丽莎白女王和路易十五作了演示,引起英国皇室的极大兴趣(图 1-28),进而



图 1-27 吉尔伯特



图 1-28 演 示

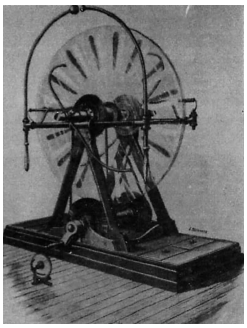


图 1-29　起电器

推动了他于 1712 年著书传世。

1745 年，出现了起电器（图 1-29）和保存电荷的莱顿瓶。

1752 年，美国富兰克林（B. Franklin，1706—1790，图 1-30）用风筝实验（图 1-31）证明天电与地电的一致，并发明了避雷针，又提出了“正电、负电”的概念。

1780 年，意大利科学家伽伐尼（Galvani，1737—1798，图 1-32）通过实验，发现了青蛙具有“动物电”（图 1-33），并认为这是生物电能。

1800 年，意大利物理学家伏打（Volta，1745—1827，图 1-34）利用化学能转变为电能（图 1-35）发明了干电池。



图 1-30　富兰克林



图 1-31　风筝实验



图 1-32　伽伐尼

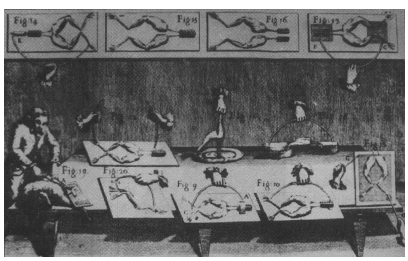


图 1-33　青蛙的“动物电”



图 1-34　伏打

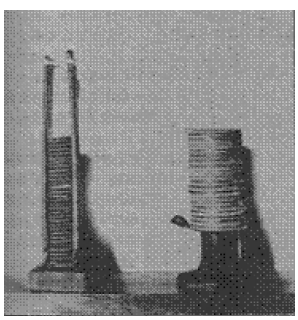


图 1-35　伏打电池

1785 年，法国物理学家库仑（C. A. Coulomb，1736—1806，图 1-36）利用英国物理学家、化学家卡文迪许（H. Cavendish，1731—1810）的扭秤装置做了测定电场力的实验并得出了库仑定律：

$$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}。$$

1820 年，丹麦物理学家奥斯特（H. C. Oersted，1777—1851，图 1-37）在法国科学会堂的一次面对上层社会的众多科技爱好者的讲演中，偶尔发现导线周围的小磁针发生了转动，继而发现了电流的磁效应现象。

1821—1822 年，法国科学家安培（A. M. Ampere，1775—1836，图 1-38）、毕奥（Biot，1774—1862）和萨伐尔（Savart，1791—1841）给出了电流磁效应的计算公式。



图 1-36　库　仑



图 1-37　奥斯特



图 1-38　安　培

1830 年，英国物理学家、化学家法拉第（M. Faraday，1791—1867，图 1-39）通过不懈的努力发明了转磁生电装置（图 1-40），提出了电（磁）力线和“场”的概念以及法拉第电磁感应定律。



图 1-39　法拉第

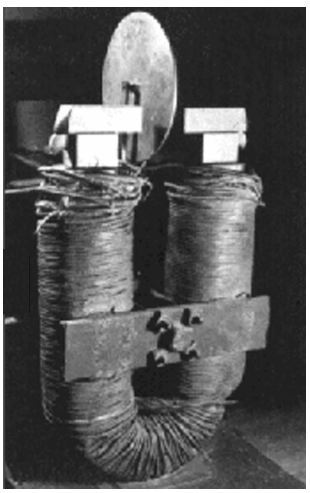


图 1-40　转磁生电

1866 年，在法拉第的实验室和德国西门子公司先后诞生了“第一台”直流发电机。随后美国发明家爱迪生发明了电灯（图 1-41）。

1873 年，英国物理学家麦克斯韦（J. C. Maxwell，1831—1879，图 1-42）提出两个假设：位

需要全本请访问 www.ertongbook.com