



21世纪职业教育立体化精品教材

“互联网+”新形态教材



# 自然科学基础知识

ZIRAN KEXUE JICHU ZHISHI



主 编 常文梅 杨 洋  
副主编 李英祥 尹相昕 李 程



西北工业大学出版社

西 安

**【内容提要】** 本书为学前教育专业学生文化基础理论课程用书，将物理学、化学、生物学、地学等基础知识及其应用加以综合，旨在让学生掌握必要的自然科学基础知识，培养学生的科学态度、科学素养、科学思维和科学精神。

全书前七章分别从自然科学的发展历史及研究方法、自然界的物质性、运动、电与磁、化学、生命与自然、科技进步对人类生活的影响等方面讲解自然科学基础知识，第八章系统讲解幼儿科学教育活动设计方案的理论基础及过程要素，各部分内容相对比较独立。本书内容浅显易懂、生动形象、图文并茂，体现了科学性、创新性和实用性。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

自然科学基础知识/常文梅，杨洋主编。—西安：

西北工业大学出版社，2020.12

ISBN 978-7-5612-7529-0

I. ①自… II. ①常… ②杨… III. ①自然科学-幼儿师范学校-教材 IV. ①N43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 270224 号

ZIRAN KEXUE JICHU ZHISHI

自然科学基础知识

---

责任编辑：张 潼

策划编辑：李 萌

责任校对：田晶晶

装帧设计：易 帅

出版发行：西北工业大学出版社

通信地址：西安市友谊西路 127 号

邮编：710072

电 话：(029)88491757，88493844

网 址：www.nwpup.com

印 刷 者：天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本：787 mm×1 092 mm 1/16

印 张：12.5

字 数：266 千字

版 次：2020 年 12 月第 1 版

2020 年 12 月第 1 次印刷

定 价：39.80 元

---

如有印装问题请与出版社联系调换



## 前 言

为了落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》，深化教师教育改革，全面提高教师培养质量，规范和引导教师教育课程与教学，培养造就高素质的专业化教师队伍，教育部在2011年10月发布了《教育部关于大力推进教师教育课程改革的意见》和《教师教育课程标准（试行）》，对中小学教师和幼儿教师的培养提出了全新的要求：通过创新教师教育课程理念、优化教师教育课程结构、改革课程教学内容、改进教学方法和手段、强化教育实践环节、建设高水平师资队伍等方面的措施，推进教师教育课程改革，全面实施《教师教育课程标准（试行）》。2012年，教育部出台《幼儿园教师专业标准（试行）》〔2012〕1号文件，提出了“师德为先、幼儿为本、能力为重、终身学习”的基本理念。因此，我们经过充分酝酿、精心准备，组织了一批专家学者和一线教师，按《幼儿园教师专业标准（试行）》编写学前专业系列通用教材，旨在培养合格幼儿教师。

随着社会的进步与科学水平的不断提高，人们的生活已与自然科学融为一体，科学为人们创造了更好的生活，而社会对科学型人才的需求量也越来越高。在幼儿阶段，孩子具有很强的好奇心和求知探索欲望，是开展自然科学启蒙教育的最佳时期。因此，幼儿教师应当思索如何对幼儿进行自然科学启蒙教育，以提高自然科学启蒙教育水平，提高幼儿的自然科学能力。为培养幼儿教师的自然科学启蒙教育水平，一是要增强幼儿教师自身的自然科学素养，普及自然科学常识；二是要增强幼儿教师传授自然科学知识的能力——幼儿科学教育活动的设计能力。以此为f目标，本书共分为八章，前七章分别从自然科学发展的历史轨迹和基本研究方法、自然界的物



质性、运动、电与磁、化学、生命与自然、科技进步对人类生活的影响等方面讲解自然科学基础知识，以提高幼儿教师自身的自然科学素养；第八章系统讲解幼儿科学教育活动设计的理论基础和过程要素，起到提高幼儿教师设计幼儿科学教育活动方案水平和能力的作用。

全书从初稿到定稿历经数次反复修改，尤其是各位主编与编委反复进行严密推敲、仔细斟酌，目的就是使本书成为一本经得起时间检验的全国一流教材。本书在编写过程中，也得到了各参编人员所在学校领导和同事的大力支持，同时借鉴了网络、专业教材、书籍及刊物上同行的学术资料和研究成果，在此向原作者表示衷心的感谢！

由于任务繁重，加之笔者水平所限，书中遗漏和瑕疵难以避免，恳请大家批评指正。

编者

2020年12月



## 目 录

<b>第一章 自然科学的探索</b> .....	1
第一节 自然科学发展的历史轨迹 .....	2
第二节 自然科学的基本研究方法 .....	23
<b>第二章 自然界的物质性</b> .....	31
第一节 宇宙 .....	32
第二节 太阳和太阳系 .....	38
第三节 认识地球 .....	46
第四节 物质的组成和分类 .....	50
<b>第三章 自然界的运动</b> .....	55
第一节 物体最简单的运动方式 .....	56
第二节 运动和力 .....	59
第三节 天体运动 .....	64
<b>第四章 电与磁的基础知识</b> .....	73
第一节 磁现象 .....	74
第二节 电生磁——电流的磁效应 .....	77
第三节 磁生电——电磁感应现象 .....	81
<b>第五章 奇妙的化学</b> .....	89
第一节 元素性质及其周期性变化 .....	90
第二节 水和溶液 .....	103
第三节 生活中的化学 .....	111





<b>第六章 生命与自然</b> .....	119
第一节 生命的起源和基本特征 .....	120
第二节 生命的基本结构——细胞 .....	123
第三节 地球上的生物 .....	133
第四节 地球生态系统 .....	148
<b>第七章 科技进步对人类生活的影响</b> .....	157
第一节 生物技术 .....	158
第二节 无线通信网络 .....	163
第三节 材料科学 .....	167
第四节 激光科学 .....	170
第五节 航空航天 .....	175
<b>第八章 幼儿科学教育活动设计方案</b> .....	183
第一节 幼儿科学教育活动设计的理论基础 .....	184
第二节 幼儿科学教育活动设计的过程要素 .....	186
<b>参考文献</b> .....	194





# 第一章 自然科学的探索

## 📖 本章导读

本章介绍自然科学发展的历史轨迹和自然科学的研究方法,使读者初步认识到自然科学是怎么产生的,它的研究对象是什么,它的研究成果有哪些,它的研究方法有哪些,使学生对自然科学有一个初步的认识和概念,对培养学生的自然科学基础素养有极大的辅助作用。

### 🎯 学习目标

1. 了解自然科学发展的历史轨迹;了解现代科技发展趋势;了解观察、实验方法;了解实验结果的整理和总结。
2. 理解并掌握自然科学的基本研究方法。



## 第一节 自然科学发展的历史轨迹

自然科学是研究自然界的物质形态、结构、性质和运动规律的科学,它包括数学、物理学、化学、生物学、天文学等基础科学和医学、农学、气象学、材料学等应用科学,它是人类改造自然的实践经验,即生产斗争经验的总结。它的发展取决于生产的发展。自然科学根据其发展的阶段大致可分为古代自然科学、近代自然科学和现代自然科学。



### 一、古代自然科学

原始社会、奴隶社会和封建社会早期,朴素、萌芽状态的自然科学被称为古代自然科学。在原始社会中,因生产工具简单、粗笨并且受到原始宗教及封建思想的影响,所以自然科学的发展是缓慢的。不过,人类取得的每一次科技进步,都推动了生产的发展,同时又促进了自然科学知识的不断积累,预示着科技的新突破。因此,尽管当时的人们尚处于蒙昧与野蛮状态,但他们在与自然界相处的过程中,以辛勤的劳动与无穷的智慧,不断地推动着科学技术的发展。

#### (一) 古希腊的科学

在公元前 3000—公元前 2000 年,人类社会进入奴隶社会,由于脑力劳动与体力劳动的分工,仅少数人有条件从事文化学术工作。在这个阶段,世界各地形成了几个文明中心:尼罗河下游的古埃及、幼发拉底河与底格里斯河流域的古巴比伦、印度河与恒河流域的古印度和黄河流域的古中国。它们在天文学、数学、物理学、化学、医学以及建筑、水利、冶金等方面取得了许多成就。

古代科学的典范是在古希腊产生的。从公元前 12 世纪到公元前 9 世纪,古希腊开始从原始社会向奴隶社会过渡,到公元前 8 世纪,城邦制度在古希腊兴起。这种带有一定民主气氛的城邦制度给文化及学术的发展提供了较为宽松的社会环境,再加上地理、经济条件的支持,使古希腊在公元前 6 世纪—公元 146 年达到文化的鼎盛时期,成为后来西方文明的发源地。

在文化与学术发展的大背景下,古代科学也在古希腊得以发展,成为近代科学的“摇篮”。古希腊的自然哲学是现代自然科学的前身,而古希腊的科学主要体现在天文学、数学、物理学和医学之中。

##### 1. 自然哲学

古希腊人最初最主要的哲学研究对象是自然,研究自然的哲学叫作“自然哲学”。古希腊人看待自然时,不同于神学家的地方就在于,他们不是以幻想和想象的方式,而是以理性认识的方式看待自然,他们试图以自然的东西说明自然,这就形成了古希腊哲学的早期形态,即“自然哲学”,也称为“宇宙论”或“宇宙生成论”,其研究的核心问题是宇宙万物的本源



和生成演变过程。在古希腊哲学中,自然哲学占有十分重要的地位,即使是在宇宙论衰落之后,自然哲学仍然是构成古希腊哲学的重要内容。例如,在亚里士多德留下的著作中,有80%是自然哲学方面的著作。

在古希腊,求知精神鼓舞人们去探求。原子论是古希腊自然哲学中最大的成就之一。这个派别的创始人是留基伯(Leucippus,约公元前500—公元前440年),主要阐述者是德谟克里特(Democritus,约公元前460—公元前370年)和伊壁鸠鲁(Epicurus,公元前341—公元前270年),该派别认为世界万物都是由原子组成的,原子是肉眼所不能看见的物质微粒,永恒运动是原子的本性,自然界变化的实质是原子的聚散及其运动,整个世界由原子和虚空所构成。古代原子论是欧洲最早、最完备、最接近于近代自然科学的物质结构的哲学猜测。



古希腊原子论的出现,也是自然哲学的重大成果,它还是在直观经验基础上理性的思辨与天才的猜测,对后世的哲学和科学的影响极为深远。它不但是近代原子论的起源,而且对牛顿科学的建立也产生了一定的影响。

总之,古希腊早期的自然哲学,将自然界看作一个相互联系的整体,通过观察、感觉进行猜测,来解释世界的本源问题,承认万物都处于千变万化之中,完成了古代人对运动的最一般认识,并且在争论中求得前进,但要彻底说明世界却仍然存在困难。古希腊的自然哲学在很多方面为现代科学与现代哲学铺设了道路。从早期穆斯林哲学到文艺复兴,再到启蒙运动和现代的科学,早期古希腊哲学家对后世产生的影响从未间断。

所以,恩格斯曾经指出:“在希腊哲学的多种多样的形式中,差不多可以找到以后各种观点的胚胎、萌芽。因此,如果理论自然科学想要追溯自己今天的一般原理发生和发展的历史,它也不得不回到希腊人那里去。”

## 2. 古希腊的天文学

古希腊在天文学上成就斐然,与其他文明古国相比,它的理论性最强,体系也最为完整、科学,方法上也达到了古代的高峰,它的影响也具有深远意义。

被誉为“古代的哥白尼”的天文学家阿里斯塔克(Aristarchus,约公元前310—公元前230年):第一个尝试测量地球和太阳之间的距离,正确提出地球的面积小于太阳,并提出太阳中心说,认识到地球和行星围绕太阳旋转并进行自转。

埃拉托色尼(Eratosthenēs,约公元前276—公元前194年):在历史上第一个用正确的数学方法准确测出地球圆周长和直径,用经纬网绘制地图;最早把物理学的原理与数学方法相结合,创立了数理地理学。

“方位天文学之父”喜帕恰斯(Hipparchus,约公元前190—公元前125年):发明了“天文数”概念,发现了岁差现象,编制了西方历史上第一个记载恒星的星表,测定了上千座恒星的位置并划出亮度,算出月球直径及其与地球距离的近似值。

后世最负名望的天文学家托勒密(Ptolemaeus,约公元90—公元168年):创立了地球中心说,主张地球处于宇宙中心且静止不动,日、月、行星和恒星均环绕地球运行。托勒密这个不反映宇宙实际结构的数学图景,却较为完满地解释了当时观测到的行星运动情况,并取得

了航海上的实用价值,代表古希腊天文学和宇宙学思想的顶峰。托勒密的名著《天文学大成》,在欧洲天文史上产生了重大的影响。

### 3. 古希腊的数学

毕达哥拉斯学派在数学上最卓越的贡献有毕达哥拉斯定理及无理数的发现。如图 1-1 所示,毕达哥拉斯定理即勾股定理,对于一个直角三角形,两直角边长的平方和等于斜边的平方。

毕达哥拉斯学派认为数是万物的本原,事物的性质是由某种数量关系决定的,万物按照一定的数量比例而构成和谐的秩序;由此他们提出了“美是和谐”的观点,认为音乐的和谐是由高低、长短、轻重不同的音调按照一定的数量比例组成。

毕达哥拉斯学派认为天体的运行秩序也是一种和谐,各个星球保持着和谐的距离,沿着各自的轨道,以严格固定的速度运行,产生各种和谐的音调和旋律,即“诸天音乐”或“天体音乐”。

毕达哥拉斯学派关于数的重要性及数是万物的本原的思想,在西方科学界有深刻而长远的影响。

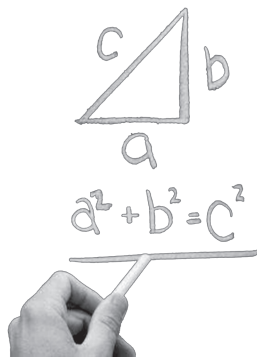


图 1-1 毕达哥拉斯定理

### 知识链接

#### 勾股定理的证明方法

勾股定理是一个基本的几何定理,指直角三角形的两条直角边的平方和等于斜边的平方。中国古代称直角三角形为勾股形,并且直角边中较小者为勾,另一长直角边为股,斜边为弦,所以称这个定理为勾股定理,也有人称商高定理。勾股定理现约有 500 种证明方法,是数学定理中证明方法最多的定理之一。下面我们介绍一种比较简捷的证明方法:加菲尔德证法变式。

如图 1-2 所示,大正方形的面积等于中间正方形的面积加上 4 个三角形的面积,即:

$$4ab \times \frac{1}{2} + c^2 = (a+b)^2$$

$$2ab + c^2 = a^2 + b^2 + 2ab$$

$$c^2 = a^2 + b^2$$

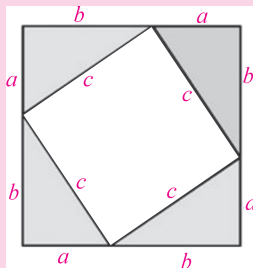


图 1-2 加菲尔德证法变式

#### 4. 亚里士多德的物理学

亚里士多德(Aristotle,公元前384—公元前322年)关于物理学的思想深刻地影响了中世纪的学术思想,其影响力延伸到文艺复兴时期,后来被牛顿物理学取代。图1-3为亚里士多德雕像。

在亚里士多德看来,宇宙是一个以地球为中心的层次结构,在这种宇宙之中,各种物体都有其固有位置。物体如果处于固有位置,它将保持静止状态,只有受到外力作用时,才会移动其位置。一旦外力消失,这种物体将朝着固有位置做返回运动。这样的运动叫作自然运动。非自然运动或在外力不断作用下的运动,称为强迫运动。

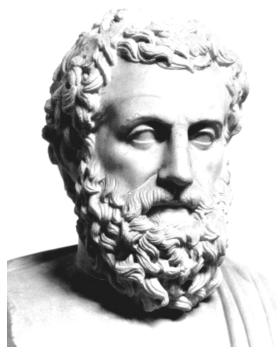


图1-3 亚里士多德雕像

#### 5. 古希腊的医学

古希腊医学是后来罗马以及全欧洲医学发展的基础。直到现在,欧洲人所用的医学符号(手杖和蛇)即源自古希腊医神阿斯克勒庇俄斯,许多古希腊的医学词汇仍沿用至今。古希腊医学的代表人物为希波克拉底(Hippocrates,约公元前460—公元前377年)。希波克拉底学派倾向于从统一的整体来认识机体的生理过程。他强调用观察和实验的方法来研究疾病,对许多疾病做了较为准确的描述,指出了适当的治病方法。以他名字为名的著作《希波克拉底文集》是现在研究古希腊医学最重要的典籍。

## (二)古代中国科技

中国是一个具有5000年文化历史的文明古国。在人类历史上,封建社会科学文化的最高成就是由中国创造的。其中农学、医学、数学、天文学是我国古代的四大自然科学。殷墟“龙骨”的发现证明,最迟到公元前1600年,我国就有了甲骨文字,青铜得到了广泛使用,不但用作祭祀,而且用于战争,以及用作奢侈品和带轮乘具的金属部件。从商周时期,历经春秋战国、秦汉南北朝、隋唐时期的发展,到宋朝臻至鼎盛,古代中国科技都在不断地发展与进步当中。

### 1. 春秋战国时期

春秋战国时期是我国古代文化繁荣的一个重要阶段。在这个时期,代表各阶级、阶层利益的不同思想学说纷起,大量的思想家、哲学家各持主张,到处游说,互相争辩,形成了“百家争鸣”的局面,也促进了科学的发展。

农业方面:这一时期农业进入了新的发展阶段,铁农具广泛使用。在耕作制度上开始出现复种轮作制。出现农家学派和农业专书,“神农之学”的农家学派以楚国人许行为首。战国时期的农家著作有《神农》和《野老》两书。现存最古老的农书就是《吕氏春秋》(公元前239年)一书中的《上农》《任地》《辩土》《审时》四篇论著。

医学方面:这一时期中国独特的医学理论初步建立。医学方面出现专门的医学著作。之前的《扁鹊内经》《扁鹊外经》已经佚失。现存最早的医学文献就是《黄帝内经》,它以论述人体解剖、生理、病理、病因、诊断等作为重点,并包括针灸、经络、卫生保健等方面的内容。

数学方面:商代人已使用十进位法,有了画圆和直角的工具。春秋末期的《孙子兵法》里有关于分数的记载,战国时期《荀子·大略》等书中记载了乘法九九表。《墨经》中提到了几何学中的点、线、面、方、圆乃至极限和变数的概念。

## 2. 秦汉到南北朝

从秦汉经三国、两晋到南北朝,这一阶段是我国古代科技发展中又一个重要的时期。秦汉时期,秦统一了全国,文字、度量衡的统一对科学技术的发展产生了重要的影响。汉承秦制,使封建制度进一步巩固。全国的统一,不仅促进了科学技术的交流,而且能集中人力、物力,从而更好地进行科学技术的研究。

三国、两晋和南北朝时期,各对峙政权为了巩固自己的统治,大都采取发展生产的措施,促进了生产技术和实用科学的发展。民族大融合促进了科技的交流和发展。

农业方面:出现了一系列的农书,比较著名的有西汉时期的《汜胜之书》,该著作把农作物的栽培过程当作一个有机整体来研究,总结了我国北方的耕作制度。北魏贾思勰的《齐民要术》是我国现存最早的一部完整的农书,该书对古代农学的发展有巨大的影响,它的出现标志着我国农业实用科学体系的形成。

医学方面:中国独特的医学体系在这一时期形成并迅速发展。从战国到三国是中医医学体系的形成时期。在这一时期,出现了以张仲景的《伤寒杂病论》为代表的医学著作,还出现了以《神农本草经》为代表的药学著作。《伤寒杂病论》提出了包括理、法、方、药的辨证施治原则,使医学理论与医疗实践相结合。三国、两晋和南北朝时期,出现了大量的医药学著作,特别是在脉学、针灸学、本草学、方剂学方面,著作颇丰。如王叔和的《脉经》、皇甫谧的《针灸甲乙经》、陶弘景的《神农本草经集注》、葛洪的《肘后备急方》等,使我国医药学体系臻于完善。

数学方面:数学在这一时期也取得了辉煌的成就,算经十书在这一时期出现,其中最重要的是《九章算术》,该书的出现标志着中国古代数学体系的形成。该书还流传到朝鲜和日本,对朝鲜和日本古代数学的发展也有很大影响。《周髀算经》包括了应用勾股定理进行测量方面的计算,还使用了相当繁复的分数算法和开平方法。这一时期也出现了刘徽、祖冲之等数学家。刘徽对《九章算术》的全部问题做了理论说明,并且发明了“割圆术”,开创了古代计算圆周率的途径。割圆术图解如图 1-4 所示。祖冲之在数学方面取得的最大成果之一就是关于圆周率的计算。

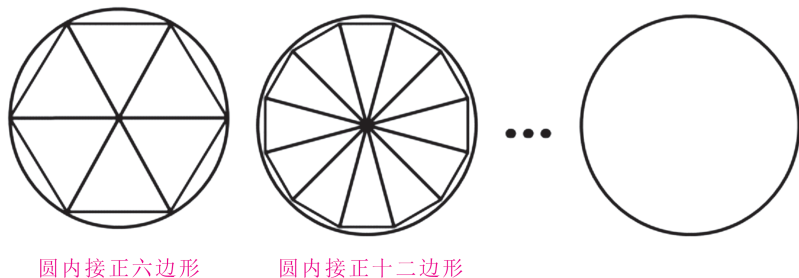


图 1-4 割圆术图解

### 3. 隋唐到元代

中国古代的科学技术在形成了自己的独特风格和体系之后,到唐宋时期达到了高峰,成为科技史上更加光辉灿烂的一章。唐朝在经济文化上进入了封建社会的鼎盛时期,宋代科学技术取得了很大发展。总之,不管是在技术上还是在科学上,中国在上世界上均处于领先地位。隋代到元代的社会虽然动荡,但总体上是比较稳定的,农业取得了较好的发展。国内各民族间和中国与外国间的科技交流有所加强。

隋唐时期,已经使用牛牵引的铁犁(见图 1-5),唐代已经普遍使用灌溉工具,马钧制造的“龙骨水车”得到了推广。



图 1-5 铁犁

水利工程方面:南北航通大运河开凿成功。封建社会以农业为主,农田水利的兴修在这一时期是最发达的,如浙江的海塘成为抵御海潮侵袭的有效设施。这一时期,我国的科学技术逐渐传入国外。

医学方面:政府十分重视医药学,医疗行政机构已经比较完善。唐代的医药教育制度也已经相当健全。北宋时期,设立了专门的医学教育机构“太医局”。隋唐时期,有巢元方撰的《诸病源候论》问世。宋代政府也组织编修本草和方术,最后修成《开宝本草》。金元时期中医学发展到一个新阶段,形成四大家的医学学说。

天文学方面:皇极历、大衍历都在隋唐时期形成。宋代历法主要体现在一系列天文常数精确度的提高。元代的授时历把我国古代历法推向新高潮。

数学方面:到宋元时期达到高峰,特别是在 13 世纪下半叶出现了秦九韶、李冶、杨辉、朱世杰 4 位数学家。秦九韶的《数书九章》在高次方程的数值解法和一次同余式的解法两个方面取得了卓越成就。

### 知识链接

#### 中国古代四大发明

马克思在《机器、自然力和科学的应用》一书中写道:“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎,指南针打开了世界市场并建立了殖民地,而印刷术则变成了新教的工具,总的来说变成科学复兴的手段,变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”

英国来华传教士、汉学家艾约瑟最先在上述三大发明中加入造纸术,他在《中国宗教》

一书中指出：“我们必须永远记住，他们（指日本）没有如同印刷术、造纸术、指南针和火药那种卓越的发明。”

指南针是用以判别方位的一种简单仪器，它的前身是司南（见图 1-6）。中国是世界上公认的发明指南针的国家。指南针的发明是我国古代劳动人民在长期的实践中对物体磁性认识的结果。

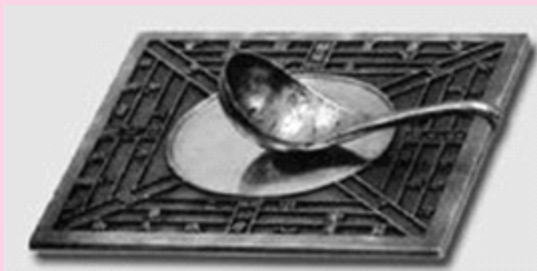


图 1-6 司南

在东汉蔡伦大规模造纸之前，中国人就已经发明了造纸术。蔡伦扩大了造纸原料的范围，破布、渔网、树皮、麻头等都可以造纸，其中，用树皮造纸更是他独特的发明。他的造纸工艺更为精细，造纸术传到他这里，已经摆脱了纺织品附庸的地位——此前都是利用纺织之后抛弃的副产品来造纸的，蔡伦将造纸发展为一种独立的工艺（汉代造纸工艺图如图 1-7 所示）。造纸术在 7 世纪经朝鲜传到日本，8 世纪中叶传到阿拉伯联合酋长国。到 12 世纪，欧洲才仿效中国的方法开始设厂造纸。



图 1-7 汉代造纸工艺图

火药发明于隋唐时期。火药的研究开始于古代道家的炼丹术，古人为了求长生不老而炼制丹药，炼丹术的目的和动机是荒谬和可笑的，但它的实验方法还是有可取之处的。也正因如此，最后导致了火药的发明。

中国是世界上最早发明印刷术的国家。早期的印刷是把图文刻在木板上用水墨印刷的，木版水印画仍用此法，统称“刻板印刷术”（亦称“雕版印刷术”）。刻板印刷的前身是公元前流行的印章捺印和后来出现的拓印碑石等。造纸和制墨等生产技术出现之后，逐渐

发明了刻板印刷技术。根据历史学家邓广铭考证,雕版印刷术发明于唐朝,并在唐朝中后期开始普遍使用。宋代虽然发明了活字印刷术,但是普遍使用的仍然是雕版印刷术。

中国的四大发明在欧洲近代文明产生之前陆续传入西方,对西方科技发展产生了一定影响。火药和火器的采用摧毁了欧洲中世纪天主教的思想枷锁。指南针传到欧洲航海家的手里,使他们有可能发现美洲和实现环球航行,为西方奠定了世界贸易和工场手工业发展的基础。造纸术和印刷术传入欧洲,便利了文化知识的传播,成为新教传播的工具,对欧洲社会、政治、经济的发展起到了巨大的推动作用。



## 二、近代自然科学

### (一) 日心说

#### 1. 地心说对科学进步的阻碍

近代自然科学是以天文学领域的革命为开端的。天文学是一门最古老的科学。同时,天文学与人们的生产和生活密切相关,人们种田靠天、畜牧靠天、航海靠天,观测时间也靠天,这就必然会有力地推动天文学的发展。

然而,天文学在当时又是一门十分敏感的学科。在天文学领域存在两种宇宙观,新旧思想的斗争十分激烈。特别是到了中世纪后期,天主教会还别有用心地为托勒密的地心说披上了一层神秘的面纱,硬说地球处于宇宙中心,证明了上帝的智慧,上帝把人派到地上来统治万物,就一定让人类的住所——地球处于宇宙中心。地心说示意图如图 1-8 所示。这种荒唐的说法被当作权威加以崇信之后,地心说就成为不可怀疑的结果而严重阻碍了天文科学的进步。

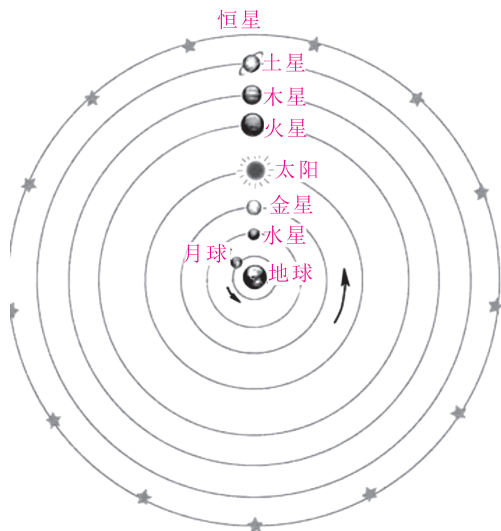


图 1-8 地心说示意图

## 2. 日心说的提出

以地心说为基础产生的儒略历在 325 年被确定为基督教的历法后,它的微小误差经过长时间的积累已经到了不可忽视的地步,同观测资料大相径庭。葡萄牙一位亲王的船长曾说:“尽管我们对有名的托勒密十分敬仰,但我们发现,事事都和他说的相反。”托勒密体系的错误日益暴露,人们急需建立新的理论体系。当时,文艺复兴正蓬勃开展,它不仅大大解放了人们的思想,同时也推动了近代自然科学的产生。

波兰天文学家哥白尼(Copernicus, 1473—1543 年)适应时代的要求,他从 1506 年开始,在弗洛恩堡一所教堂的阁楼上对天象仔细观察了 30 年,从而创立了一种天文学的新理论——日心说。1543 年,哥白尼公开发表《天体运行论》,这是近代自然科学诞生的主要标志。



图 1-9 哥白尼纪念碑

## 3. 日心说的意义

日心说的提出恢复了地球普通行星的本来面貌,猛烈地震撼了科学界和思想界,动摇了封建神学的理论基础,是天文学发展史上一个重要的里程碑。这是科学写给神学的挑战书,也是科学宣布自己独立的宣言书。图 1-9 为哥白尼纪念碑,是 1830 年波兰华沙民众为了纪念伟大的天文学家哥白尼而自行筹款建造的,现已成为华沙的标志。

## (二) 血液循环学说

### 1. 血液循环学说的提出

1543 年是科学史上值得记忆的一年。在这一年里不仅出版了哥白尼的《天体运行论》,而且出版了维萨里(Vesalius, 1514—1564 年)的《人体的构造》一书。

维萨里出生于比利时,18 岁进入巴黎大学学医。他在大学期间就表现出富有革新精神的个性。他对学校中医学教学的保守方法深为不满,竟在深夜里偷回绞刑架上犯人的尸体进行解剖。这在宗教观念仍很盛行的 16 世纪,确实是极其大胆的革命行动。因为“上帝厌恶流血”,所以人体解剖在欧洲许多国家是被禁止的。

维萨里在担任教授之后,仍然坚持进行解剖,他认为“注重实际的解剖结果胜于思辨”。他根据通过解剖进行观察研究的结果,指出了古希腊医学家盖仑(Galen, 约 129—200 年)学说的许多错误。在《人体的构造》这本书里,他详细地记叙了关于人体骨骼、肌肉、血液以及各种器官的解剖结果,并附有 300 多张精巧的解剖图。他批判了盖仑所说的血液可以通过人的心脏中隔从右心室渗入左心室的错误结论。通过解剖实践证明,人的心脏中隔很厚,并由肌肉组成,血液是不可能通过中隔从右心室流到左心室的。尽管他在当时还不能指明血液是怎样从右心室流到左心室的,但他却开辟了通过解剖研究血液循环理论的道路,并对盖仑医学的错误予以否定。正像托勒密地心说的错误被教会绝对化、宗教化一样,教会也把盖仑学说的错误加以利用,为宗教目的服务。因此,维萨里也遭到了教会的迫害。宗教裁判所以“巫师”“盗尸”等罪名判处他死刑,只因为他是西班牙国王的御医而幸免,但财产被全部没



收。之后教会又逼迫他去耶路撒冷朝圣,以“忏悔罪过”。在朝圣的归途中,他被困死在希腊的一个岛上。

西班牙医生塞尔维特(Servetus,1511—1553年)继承了维萨里关于血液的研究成果。他在匿名出版的《基督教的复兴》一书中指出:人体内只有一种血液,静脉血和动脉血在本质上是同一的。人的血液不是从右心室直接流向左心室,而是经过肺部形成循环,即血液先从右心室被运到肺,暗红色的静脉血在肺里摄取了吸入的空气,变成鲜红色的血液,再通过肺静脉到达左心室成为动脉血。

提出整个人体内血液循环理论的人是英国医生哈维(Harvey,1578—1657年)。当布鲁诺因支持哥白尼学说被烧死在罗马鲜花广场的时候,哈维正在大学读书。得知这一消息,他非常激动,彻夜未眠。他深知在当时的条件下,科学的结论如果违背宗教教义会给自己带来怎样的后果。但是他从读大学开始,就有研究血液循环的机制问题的志向,这一志向并没有因宗教的迫害而改变。他试图用机械的原理来解释人体的血液运动。1628年,他发表了著作《动物心血运动的解剖研究》,论述了他的血液大循环理论。他通过逻辑证明和计算,否定了盖伦所说的血液是在静脉一端被制造出来,又在动脉的末端被消耗干净的观点。哈维指出,如果那样的话,人的心脏1小时内要排出相当于人体三四倍的血液,而肝脏是不可能1小时之内造出这样多的血液的。他根据解剖的事实提出,血液只能在人体中循环。在动脉血与静脉血之间应该有细小的血管(毛细血管),使动脉血回到静脉,再进入心脏。哈维还否定了由于心脏的内在灵气的冲击而推动血液运动的观点,他是第一个把血液循环的动因,归结为心脏肌肉的机械收缩的人。这一观点大大加强了有机体是一种机器的观念。血液循环示意图如图1-10所示。

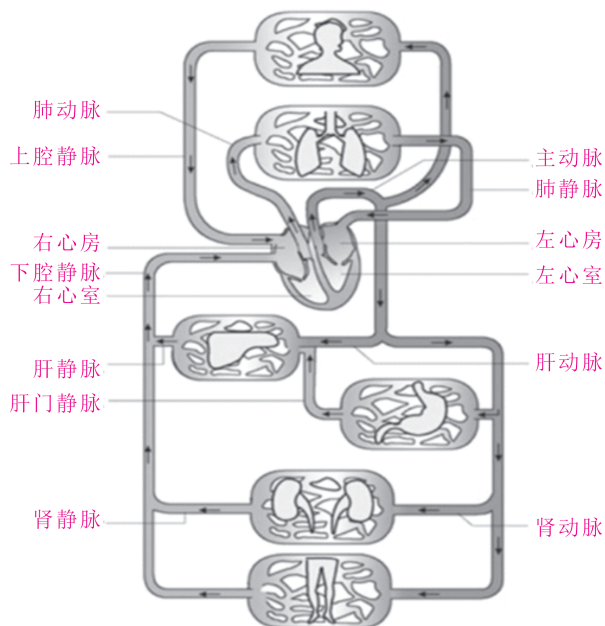


图 1-10 血液循环示意图



## 2. 血液循环学说的意义

血液循环学说理论的建立是近代医学、解剖学和生理学的新发现。在哈维以后,比较解剖学、人体生理学、医学获得了进一步的发展。哈维的血液循环理论与哥白尼的日心说,是近代科学革命中两颗光彩夺目的明珠。哈维曾把自己的理论同哥白尼的日心说做了类比,他指出:正如众星绕太阳循环运行,太阳是世界的心脏那样,人体的血液是通过“小太阳”——心脏做循环运动的。“心脏是生命的开始,它是微型宇宙的太阳”。这就说明了地上和人间也存在着天上的运动,进一步论证了世界的物质统一性。

### (三) 伽利略为近代自然科学开辟道路

早在13世纪时,罗吉尔·培根(Roger Bacon,约1214—1293年)就曾提倡科学实验,但由于时代的限制没有产生太大影响。达·芬奇(Leonardo da Vinci,1452—1519年)在反对教会和经院哲学的斗争中,主张向大自然请教,提倡实验方法,认为科学如果不是从实验中产生并以一种清晰的实验结束,便是毫无用处的,非常荒谬的,因为只有实验才是确实性之母。达·芬奇被称为“近代实验科学的开路先锋”。

近代实验科学的奠基人和主要代表则是伽利略。伽利略·伽利雷(Galileo Galilei,1564—1642年),意大利数学家、物理学家、天文学家,科学革命的先驱。伽利略发明了摆针和温度计,在科学上为人类做出了巨大贡献,是近代实验科学的奠基人之一,被尊称为“近代科学之父”。

#### 1. 天文学方面——为太阳中心学说提供证据

伽利略是利用望远镜观测天体取得大量成果的第一位科学家。1609年,在知道荷兰人已发明了望远镜后,伽利略创制了天文望远镜(后被称为伽利略望远镜),并用来观测天体,发现了许多前所未有的天文现象。他发现,所见恒星的数目随着望远镜倍率的增大而增加;银河是由无数单个的恒星组成的;月球表面有崎岖不平的现象(亲手绘制了第一幅月面图);金星的盈亏现象;木星有四个卫星(其实是众多木卫中最大的四个,现称伽利略卫星)。他还发现了太阳黑子,并且认为黑子是日面上的现象。根据黑子在日面上的自转周期,他得出太阳的自转周期为28天(实际上是27.35天)。1637年,在目力很差的情况下,他还发现了月球的周日和周月天平动,这些发现开辟了天文学的新时代。

这一系列天文发现轰动了当时的欧洲,伽利略在《星际使者》(1610)和《关于太阳黑子的书信》(1613)这两本书中介绍了他的新发现,这两本书都主张哥白尼的日心说。伽利略以观测到的事实,推动了哥白尼学说的传播。当时的意大利仍处于教会的严酷统治之下,许多人不肯承认同《圣经》和亚里士多德著作相违背的新思想、新事物。1613年,哥白尼的《天体运行论》被宗教法庭列为禁书,伽利略也受到警告,要他放弃哥白尼学说。伽利略没有接受警告,继续写作,1632年,他的《关于两种世界体系的对话》出版,激怒了教会。宗教法庭把伽利略传到法庭,并宣判他有罪,责令他忏悔,放弃自己证明了的学说,禁止此书流传。1633年,伽利略被判处终身监禁,指定居住于佛罗伦萨郊区。他在生命的最后几年里仍努力研究。1638年写成一本力学著作——《两种新科学的对话》。

## 2. 力学方面——为经典力学奠定基础

伽利略是第一个把实验引进力学中的科学家,他利用实验和数学相结合的方法确定了一些重要的力学定律。1582年前后,他经过长久的实验观察和数学推算,得到了摆的等时性定律,在1585年因家庭经济困难辍学。离开比萨大学期间,他深入研究古希腊学者欧几里得、阿基米德等人的著作。他根据杠杆原理和浮力原理写出了第一篇题为《天平》的论文。不久又写了论文《论重力》,第一次揭示了重力和重心的实质并给出准确的数学表达式,因此声名大振。与此同时,他对亚里士多德的许多观点提出质疑。

在历史上伽利略是最早对动力学做了定量研究的人。1589—1591年,他对物体的自由下落运动做了细致的观察,从实验和理论上否定了统治2000年的亚里士多德的落体运动观点(重物比轻物下落快),指出如忽略空气阻力,重量不同的物体在下落时同时落地,物体下落的速度和它的重量无关。根据伽利略晚年的学生维维亚尼的记载,落体实验是在比萨斜塔上进行的,但这件事在伽利略的著作中并没有记录,因而人们普遍认为此事不可靠。有历史记载的第一个完成这类实验的人是斯台文(Stevin,1548—1620年),在《自然科学史》中记载,荷兰人斯台文在1586年使用2个重量不同的铅球完成了这个实验,并证明了亚里士多德的理论是错误的。在斯台文实验的几个世纪以后,阿波罗15号的宇航员大卫·斯科特(David Randolph Scott,1932年至今)于1971年8月2日在无空气月球表面上使用一把锤子和一根羽毛重复了这个实验,证明且让地球上的电视观众亲眼看到了两个物体同时掉落在月球表面上。

伽利略对运动的基本概念,包括重心、速度、加速度等都做了详尽研究并给出了严格的数学表达式。尤其是加速度概念的提出,在力学史上是一个里程碑。有了加速度的概念,力学中的动力学部分才能建立在科学基础之上,而在伽利略之前,只有静力学部分有量的描述。伽利略还对物体在斜面上的运动、抛射体的运动等做过实验和观察。在这些研究的基础上,他提出了加速度的概念及其数学表达式。他曾非正式地提出惯性定律和物体在外力作用下运动的规律,提出运动相对性原理(现称伽利略相对性)。相对性原理是为答复对哥白尼体系的责难而提出的,但原理的意义远不止于此,它第一次提出惯性参考系(惯性系)的概念,被爱因斯坦称为伽利略相对性原理,是狭义相对论的先导。这些为牛顿正式提出第一运动定律、第二运动定律奠定了基础。伽利略还提出过合力定律、抛射体运动规律。在经典力学的建立上,可以说伽利略是牛顿的先驱。

伽利略对摆的运动做过长期的观察和研究。在后来的研究中指出单摆的周期与摆长度的平方根成反比。这一规律为后来的计时工具(摆钟)的设计提供了根据。1641年,已失明的伽利略让儿子为他绘制了摆钟设计图。

伽利略在力学方面的贡献是多方面的。这在他晚年的力学著作《两种新科学的对话》中有详细的描述。在这本不朽的著作中,除动力学外,还有不少关于材料力学的内容。例如,他阐述了关于梁的弯曲实验方法和理论分析,正确地断定梁的抗弯能力和几何尺寸的力学相似关系。他指出,对长度相似的圆柱形梁,抗弯力矩和半径立方成比例。他还分析过受集中载荷的简支梁,正确指出最大弯矩在载荷下,且与它到两支点的距离之积成比例。伽利略



还对梁弯曲理论用于实践所应注意的问题进行了分析,指出工程结构的尺寸不能过大,因为它们会在自身重量作用下发生破坏。他根据实验得出,动物形体尺寸减小时,躯体的强度并不按比例减小。他还把这种关系用来说明为什么体格大的动物在负担自身重量方面不如体格小的动物:“一只小狗也许可以在它的背上驮两三只同样大小的狗,但我相信一匹马也许连一匹和它同样大小的马也驮不起。”

### 3. 实验科学方面——近代自然科学的开始

无论在动力学、梁的弯曲还是天文学的研究中,伽利略都十分重视观察和实验的作用。他善于在观测结果的基础上提出假设,运用数学工具进行演绎推理,看是否符合实验或观察结果。如在自由落体的实验中,他让水滴相继地从同一处下落,每两滴时间间隔相同。他观察到任何时刻相继两滴间的距离成等差级数。他运用数学中的抛物线性质,得出下落距离和时间成平方关系。值得注意的是,他对理论推导也很严谨。尽管抛物线的性质早在古希腊那里已有了解,但现存的伽利略手稿表明,他把抛物线的公式又从头推算了一遍。

实验和观测要精确,就离不开测量仪器。伽利略往往亲自设计制造仪器。除了望远镜外,他设计和制造的仪器还有流体静力秤、比例规、温度计、摆式脉搏计等。

从伽利略开始的科学研究中,尤其在力学的研究中,科学实验被放到重要的地位。从伽利略开始的实验科学,是近代自然科学的开始。

## (四) 19 世纪自然科学的三大发现

19 世纪中叶,自然科学有了突飞猛进的发展,特别是其中的三大发现具有决定性的意义。

### 1. 细胞学说

细胞学说是 1838—1839 年由德国的植物学家施莱登(Schleiden, 1804—1881 年)和动物学家施旺(Schwann, 1810—1882 年)所提出的,直到 1858 年才较为完善。它是关于生物有机体组成的学说,主要内容有以下几个方面。

(1) 细胞是有机体,一切动植物都是由单细胞发育而来,即生物是由细胞和细胞的产物所组成的。

(2) 所有细胞在结构和组成上基本相似。

(3) 新细胞是由已存在的细胞分裂而来的。

(4) 生物的疾病是因为其细胞机能失常。

(5) 细胞是生物体结构和功能的基本单位。

(6) 生物体是通过细胞的活动来反映其功能的。

细胞学说论证了整个生物界在结构上的统一性以及进化上的共同起源。这一学说的建立推动了生物学的发展,并为辩证唯物论提供了重要的自然科学依据。恩格斯曾把细胞学说誉为 19 世纪最重大的发现之一。

施莱登和施旺的细胞学说为 19 世纪细胞的研究指出了方向。然而,他们虽然正确地指

出新的细胞可以由老的细胞产生,却提出了一个错误的概念,即新细胞在老细胞的核中产生,由非细胞物质产生新细胞,并通过老细胞崩解而完成。这两位科学家的权威,使得这种错误观点统治了生物学界许多年。

细胞学说的中心思想广泛而深刻地影响了后来生物学的发展,任何生物学的重要问题都必须从细胞中寻求最后的解答。

## 2. 生物进化论

生物进化论最早由查理·罗伯特·达尔文(Charles Robert Darwin,1809—1882年)提出,他在1859年出版的《物种起源》一书中系统地阐述了他的进化学说。达尔文把《物种起源》称为“一部长篇争辩”,它论证了以下两个问题。

第一,物种是可变的,生物是进化的。当时绝大部分读了《物种起源》的生物学家都很快地接受了这个事实,进化论从此取代神创论,成为生物学研究的基石。即使是在当时,有关生物是否进化的辩论,也主要是在生物学家和基督教传道士之间,而不是在生物学界内部进行的。

第二,自然选择是生物进化的动力。生物都有繁殖过剩的倾向,而生存空间和食物是有限的,生物必须“为生存而斗争”。在同一种群中的个体存在着变异,那些具有能适应环境的有利变异的个体将存活下来,并繁殖后代,不具有有利变异的个体则会被淘汰。如果自然条件的变化是有方向的,则在历史过程中,经过长期的自然选择,微小的变异就能得到积累而成为显著的变异。由此可能导致亚种和新种的形成。

1859年达尔文生物进化论的创立,进一步证明了整个有机界,包括人类在内,都是某种机体由简单到复杂、由低级到高级长期发展的结果,正如图1-11的人类进化趣图所示。进化论是人类历史上继日心说取代地心说后的第二次重大科学突破,它把人类拉到了与普通生物同样的层面。所有的地球生物都与人类有了或远或近的血缘关系,彻底打破了人类自高自大和“一神之下、众生之上”的愚昧式自尊。

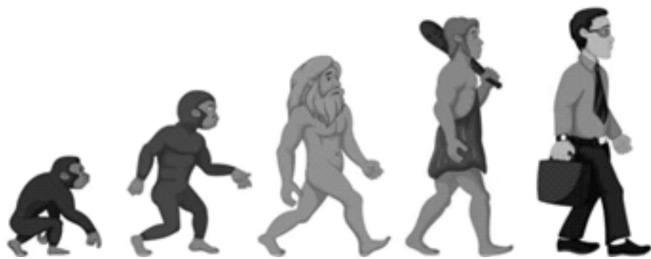


图 1-11 人类进化趣图

## 3. 能量守恒定律

能量既不会凭空产生,也不会凭空消失,它只能从一种形式转化为别的形式,或者从一个物体转移到别的物体,在转化或转移的过程中其总量不变。能量守恒定律如今被人们普遍认同,但是并没有被严格证明。

(1)自然界中不同的能量形式与不同的运动形式相对应:物体运动具有机械能,分子运动具有内能,电荷的运动具有电能,原子核内部的运动具有原子能等。

(2)不同形式的能量之间可以相互转化:“摩擦生热”是通过克服摩擦做功将机械能转化为内能;水壶中的水沸腾时水蒸气对壶盖做功将壶盖顶起,表明内能转化为机械能;电流通过电热丝做功可以将电能转化为内能等。这些实例说明了不同形式的能量之间可以相互转化,且是通过做功来完成的这一转化过程。

(3)某种形式的能量减少,一定有其他形式的能量增加,且减少量和增加量一定相等;某个物体的能量减少,一定存在其他物体的能量增加,且减少量和增加量一定相等。

### 小实验

#### 牛顿摆球

图 1-12 为牛顿摆球实验装置,当摆动最右侧的球并在回摆时碰撞紧密排列的另外四个球时,最左边的球将被弹出,并仅有最左边的球被弹出。这是能量守恒定律的经典演示装置之一。



图 1-12 牛顿摆球

能量守恒定律是自然界最普遍、最重要的基本定律之一。从物理、化学到地质、生物,大到宇宙天体,小到原子核内部,只要有能量转化,就一定会服从能量守恒定律。从日常生活到科学研究、工程技术,这一定律都发挥着重要的作用。人类对各种能量,如煤、石油等燃料以及水能、风能、核能等的利用,都是通过能量转化来实现的。能量守恒定律是人们认识自然和利用自然的有力武器。

细胞学说的建立,证明了除原生质外,一切有机体都是从细胞的繁殖和分化中产生、成长起来的,它们都遵循着共同的关于能量守恒定律的规律;达尔文生物进化论的创立,进一步证明了整个有机界,包括人类在内,都是某种机体由简单到复杂、由低级到高级长期发展的结果。这些重大发现深刻地揭示了自然界各个领域之间的联系,沉重地打击了形而上学自然观。因此,恩格斯非常重视并高度评价了这些重要发现,认为“有了这 3 个大发现,自然界的主要过程就得到了说明,就归结到自然的原因了”。

## (五)近代自然科学发展阶段的其他重大成就

### 1. 万有引力定律

万有引力定律是艾萨克·牛顿(Isaac Newton, 1643—1727年,见图 1-13)于 1687 年在他的著作《自然哲学的数学原理》中提出的。牛顿的普适的万有引力定律表示如下:

任意两个质点之间通过连心线方向上的力相互吸引。该引力的大小与它们质量的乘积成正比,与它们距离的平方成反比,与两物体的化学组成和其间介质种类无关。

万有引力定律的发现,是 17 世纪自然科学最伟大的成果之一。它把地面上物体运动的规律和天体运动的规律统一起来,对以后物理学和天文学的发展具有深远的影响。它第一次解释了一种基本相互作用的规律(自然界中四种相互作用之一),在人类认识自然的历史上树立了一座里程碑。

万有引力定律揭示了天体运动的规律,在天文学上和宇宙航行计算方面有着广泛的应用。它为实际的天文观测提供了一套计算方法,可以只凭少数观测资料,就能算出长周期运行的天体运动轨道,科学史上哈雷彗星、海王星、冥王星的发现,都是应用万有引力定律取得重大成就的例子。利用万有引力公式、开普勒第三定律等还可以计算太阳、地球等无法直接测量的天体的质量。牛顿还解释了月亮和太阳的万有引力引起的潮汐现象。他依据万有引力定律和其他力学定律,对地球两极呈扁平形状的原因和地轴复杂的运动,也成功地做了说明,推翻了古代人类认为的神之引力。

### 2. 牛顿运动定律

牛顿运动定律包括牛顿第一运动定律、牛顿第二运动定律和牛顿第三运动定律三条定律,由艾萨克·牛顿于 1687 年在《自然哲学的数学原理》一书中总结提出。其中,第一定律说明了力的含义,认为力是改变物体运动状态的原因;第二定律指出了力的作用效果,认为力使物体获得加速度;第三定律揭示出力的本质,认为力是物体间的相互作用。

第一定律:一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,直到有外力迫使它改变这种状态为止。

第二定律:物体的加速度跟物体所受的外力的合力(合外力)成正比,跟物体的质量成反比,加速度的方向与合外力的方向相同。

第三定律:两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等、方向相反,并作用在同一条直线上。

牛顿运动定律中的各定律互相独立,且内在逻辑符合自洽一致性。其适用范围是经典力学范围,适用条件是质点、惯性参考系以及宏观、低速运动问题。牛顿运动定律阐释了牛顿力学的完整体系,阐述了经典力学中基本的运动规律,在各领域中应用广泛。



图 1-13 艾萨克·牛顿



### 3. 光的微粒说与波动说

光学是一门最古老的物理学分支之一。光的本性问题一直是人们十分关心和热衷探讨的问题。17世纪以来,随着科学技术的发展,这种争论达到了空前激烈的地步,也就是物理学史上著名的微粒说与波动说之争。

1638年,法国物理学家皮埃尔·伽桑狄(Pierre Gassendi,1592—1655年)提出物体是由大量坚硬粒子组成的,并在他于1660年出版的著作中涉及了他对于光的观点。他认为光也是由大量坚硬粒子组成的。牛顿随后对于伽桑狄的这种观点进行研究,他根据光的直线传播规律、光的色散现象,最终于1675年提出假设,认为光是从光源发出的一种物质微粒,在均匀介质中以一定的速度传播。微粒说很容易解释光的直进性,也很容易解释光的反射,因为粒子与光滑平面发生碰撞的反射定律与光的反射定律相同。然而微粒说在解释一束光射到两种介质分界面处会同时发生反射和折射,以及几束光交叉相遇后彼此毫不妨碍地继续向前传播等现象时,却发生了很大困难。

17世纪60年代,胡克(Hooke,1635—1703年)发表了他的光波动理论。他认为光线在一个名为“发光以太”的介质中以波的形式四射,并且由于波并不受重力影响,他假设光会在进入高密度介质时减速。

### 4. 热力学的建立

1714年华氏温标和1743年摄氏温标的建立,使测温有了公认的标准。随后又发展了量热技术,为科学地观测热现象提供了测试手段,使热学走上了近代实验科学的道路。1798年,朗福德(Rumford,1753—1814年)观察到用钻头钻炮筒时,钻头和筒身都会升温。1799年,英国人戴维(Davy,1778—1829年)用两块冰互相摩擦致使其表面融化,这显然无法由“热质说”得到解释。1842年,迈尔(Meyer,1814—1878年)提出了能量守恒定律,认定热是能的一种形式,可与机械能互相转化,并且从空气的定压比热容与定容比热容之差计算出热功当量。英国物理学家焦耳(Joule,1818—1889年)于1840年建立电热当量的概念,1842年以后用不同方式实测了热功当量。1850年,焦耳的实验结果已使科学界彻底抛弃了“热质说”,公认能量守恒且能量的形式可以互换的热力学第一定律为客观的自然规律。能量单位焦耳(J)就是以他的名字命名的。

### 5. 电磁感应定律

法拉第电磁感应定律最初是一条基于观察的实验定律。法拉第(Faraday,1791—1867年)的实验表明,不论用什么方法,只要穿过闭合电路的磁通量发生变化,闭合电路中就会有电流产生。这种现象称为电磁感应现象,所产生的电流称为感应电流。

电磁感应现象是电磁学中最重大的发现之一,它揭示了电、磁现象之间的相互联系,对麦克斯韦电磁场理论的建立具有重大意义。法拉第电磁感应定律的重要意义在于:一方面,依据电磁感应的原理,人们制造出了发电机,电能的大规模生产和远距离输送成为可能;另一方面,电磁感应现象在电工技术、电子技术及电磁测量等方面都有广泛的应用。人类社会从此迈进了电气时代。



## 6. 化学科学的确立

化学史家都把 1661 年作为近代化学的开始年代,因为这一年有一本对化学发展产生重大影响的著作出版问世,这本书就是《怀疑的 chemist》,它的作者是英国化学家罗伯特·波义耳(Robert Boyle,1627—1691 年)。革命导师马克思、恩格斯也同意这一观点,他们誉称“波义耳把化学确立为科学”。

为了确定科学的化学,波义耳考虑到首先要解决化学中一个最基本的概念——元素。最早提出元素这一概念的是古希腊一位著名的唯心主义哲学家亚里士多德,他用元素来表示当时被认为是万物之源的四种基本要素:火、水、气、土。这一学说曾在 2 000 年里被许多人视为真理。后来,医药化学家们提出的硫、汞、盐的三要素理论也风靡一时。波义耳通过一系列实验,对这些传统的元素观产生了怀疑。他指出:这些传统的元素,实际未必就是真正的元素。许多物质,比如黄金就不含这些“元素”,也不能从黄金中分解出硫、汞、盐等任何一种元素。恰恰相反,这些元素中的盐却可被分解。那么,什么是元素?波义耳认为:只有那些不能用化学方法再分解的简单物质才是元素。例如,黄金虽然可以同其他金属一起制成合金,或溶解于王水之中而隐蔽起来,但是仍可设法恢复其原形,重新得到黄金。水银也是如此。

至于自然界元素的数目,波义耳认为:作为万物之源的元素,将不会是亚里士多德所说的四种,也不会是医药化学家所说的三种,而一定会有许多种。现在看来,波义耳的元素概念实质上与单质的概念差不多,元素的定义应是具有相同核电荷数的同一类原子的总称。如今这种科学认识是波义耳之后,又经过 300 多年的发展,直到 20 世纪初才清楚的。波义耳当时能批判四元素说和三要素说而提出科学的元素概念已经很不简单,是认识上一个了不起的突破,使化学第一次明确了自己的研究对象。在《怀疑的 chemist》一书中,在明确地阐述上述两个观点的同时,波义耳还强调了实验方法和对自然界的观察是科学思维的基础,提出了化学发展的科学途径。波义耳深刻地领会了培根重视科学实验的思想,他反复强调:“化学,为了完成其光荣而又庄严的使命,必须抛弃古代传统的思辨方法,而像物理学那样,立足于严密的实验基础之上。”波义耳正是这样身体力行的。波义耳把这些新观点、新思想带进化学,解决了当时化学在理论上所面临的一系列问题,为化学的健康发展扫平了道路。如果把伽利略的《关于两种世界体系的对话》作为经典物理学的开始,那么波义耳的《怀疑的 chemist》就可以作为近代化学的开始。

## 7. 燃烧的氧化学说的确立

1774 年,法国化学家拉瓦锡(Lavoisier,1743—1794 年)在实验中发现:密闭容器内的锡和铅经加热后表面形成了一层金属灰,加热后容器内物体的总重量未改变,但锡和铅的重量增加了,而空气却减少了。他意识到这一现象的本质是金属与空气中某些成分发生了化合反应。此后,拉瓦锡得知并重复了普里斯特利的实验,进而发现与金属化合的空气成分就是氧气。1777 年,拉瓦锡正式提出了氧化学说——燃烧的本质是物体与氧的化合。

## 8. 化学元素命名方法

在欧洲,到 19 世纪初,随着越来越多的化学元素的发现和各国间科学文化交流的日益

扩大,化学家们开始意识到有必要统一化学元素的命名。瑞典化学家贝齐里乌斯(Berzelius, 1779—1848年)首先提出用欧洲各国通用的拉丁文来统一命名元素,从此改变了元素命名上的混乱状况。

### 9. 质量守恒定律

俄国科学家罗蒙诺索夫(Ломоносов, 1711—1765年)于1756年最早提出了质量守恒定律。拉瓦锡通过大量的定量实验,发现了在化学反应前后,参加反应的各物质的质量总和等于反应后生成的各物质的质量总和。这就叫作质量守恒定律(Law of conservation of mass)。化学反应的过程,就是参加反应的各物质(反应物)的分子,破裂后重新组合为新的分子而生成其他物质的过程。在化学反应中,反应前后原子的种类没有改变,数目没有增减,原子的质量也没有改变。在任何与周围隔绝的体系中,不论发生何种变化或过程,其总质量始终保持不变。或者说,任何变化包括化学反应和核反应都不能消除物质,只是改变了物质的原有形态或结构,所以该定律又称物质不灭定律。

### 10. 科学原子论的确立

由道尔顿(Dalton, 1766—1844年)提出的“原子学说”是科学发展史上最重要的里程碑之一。道尔顿使物质由原子组成这一概念成为现实的、有用的假说。他给元素指定符号并将符号结合起来成为化合物。另外,他制作了十四种元素的原子量表。虽然他指定的符号后来为贝齐里乌斯所修正,但是却比炼丹家的形象文字前进了一大步。

按照道尔顿的假说,元素是由原子组成的,同一种元素的所有原子都相同。他还说化合物是由一定数目的某一元素的原子与一定数目的另一元素的原子化合而成(或一般来说是由两种或两种以上元素的原子各按一定数目化合而成)。这样就对物质不灭定律和定比定律做出了简明解释。

### 11. 化学元素周期律的发现

19世纪60年代,化学家已经发现了六十多种元素,并积累了这些元素的原子量数据,为寻找元素间的内在联系创造了必要的条件。俄国著名化学家门捷列夫(Менделѣев, 1834—1907年,见图1-14)和德国化学家迈锡尼等分别根据原子量的大小,将元素进行分类排队,发现元素性质随原子量的递增呈明显的周期变化的规律。



图 1-14 门捷列夫

1868年,门捷列夫经过多年的艰苦探索,发现了自然界中一个极其重要的规律——元素周期规律。这个规律的发现是继原子-分子论之后,近代化学史上的又一座光彩夺目的里程碑。它所蕴藏的丰富和深刻的内涵,对以后整个化学和自然科学的发展都具有普遍的指导意义。1869年,门捷列夫提出第一张元素周期表,根据周期律修正了铟、铀、钷、铯等九种元素的原子量;他还预言了三种新元素及其特性并暂时取名为类铝、类硼、类硅,这就是1871年发现的镓、1880年发现的钪和1886年发现的镨。这些新元素的原子量、密度和物理

化学性质都与门捷列夫的预言惊人相符,周期律的正确性由此得到了举世公认。

## 12. 有机化学的建立

维勒(Wöhler,1800—1882年)自1824年起研究氰酸铵的合成,但是他发现在氰酸中加入氨水后蒸干得到的白色晶体并不是铵盐,1828年,他终于证明出这个实验的产物是尿素。维勒由于偶然地发现了把无机物合成有机物的方法,而被认为是有机化学研究的先锋。在此之前,人们普遍认为:有机物只能依靠一种生命力在动物或植物体内产生,人工只能合成无机物而不能合成有机物。



## 三、现代自然科学

### (一) 物理学的革命

马克思·卡尔·恩斯特·路德维希·普朗克(Max Karl Ernst Ludwig Planck,1858—1947年)于1900年为了解决黑体辐射实验结果同古典理论的矛盾,提出了“量子假说”,认为在辐射的发射或吸收过程中,能量不是无限可分的,而是有一个最小的单元即量子。这是一个大胆的假说,它直接违背了莱布尼茨(Leibniz,1646—1716年)的“自然界无飞跃”的论断。因而在1911年以前,老一辈物理学家几乎全部拒绝接受它,就连普朗克自己也惴惴不安。因此,他曾于1911年和1914年两度提出以古典概念取代“量子假说”的新理论。

第一个认真对待并努力发展量子概念的是年轻的爱因斯坦(Einstein,1879—1955年)。他从认识论的角度意识到,量子概念带来的将是整个物理学理论框架的根本变革,物理学家需要做的工作是建立新的理论基础,而不是局部地修补。他于1905年把量子概念扩充到辐射的传播过程,提出“光量子假说”,认为光既具有波动性又具有粒子性,即波粒二象性,这是人类第一次认识到的微观客体的最基本的特征。随后,他又把量子概念推广到辐射领域以外,用来研究低温固体比热和光化学现象,开创了固体量子论和光化学理论。



## 扩展阅读

### 爱因斯坦的狭义相对论

直接向牛顿力学理论体系发起挑战的是爱因斯坦于1905年创立的狭义相对论。狭义相对论否定了作为牛顿力学理论基础的绝对空间和绝对时间概念,否定了作为一切电磁现象和光学现象载体的“以太”的存在,驱散了由“以太漂移”实验所带来的困扰。

狭义相对论把古典力学定律全部加以改造,使之适合于低速运动的极限情况。作为狭义相对论的推论,运动的尺要缩短,运动的钟要变慢,任何物体的运动速度都不可能超过光速。这些显然都为常识所不容。狭义相对论揭示了作为物质存在形式的空间和时间的统一性,揭示了物质和运动统一性的最本质的形式——质量和能量的相当性。这



★ 微视频  
狭义相对论

不仅发展了物质和运动不可分离的原理,而且为原子能时代的到来开辟了道路。爱因斯坦经过多年的艰苦努力,于1915年进一步建立了广义相对论。广义相对论揭示了空间、时间同物质的统一关系,指出空间、时间不是离开物质独立存在的,时空的结构取决于物质的分布;物理空间不是平坦的,而是弯曲的,空间曲率表现为引力。

1917年,爱因斯坦根据广义相对论考察整个宇宙空间,开创了现代宇宙学。他提出的有限无界的宇宙模型,后来发展成为宇宙膨胀理论和大爆炸理论。这是继哥白尼之后对天文学宇宙观的又一次革命。

物理学革命的历程使人们认识到,任何科学理论都不可能一成不变,随着科学实验的发展,理论必须不断发展,甚至要彻底更新。这场革命也带动了其他各门科学的革命,使整个20世纪成为科学技术革命的世纪。

## (二)现代科技发展趋势

物理学的革命使自然科学进入崭新的历史阶段——现代自然科学阶段。现代自然科学的发展突飞猛进,尤其是近二三十年以来,几乎在每一个领域里都有新的重大的突破,创建并迅速发展起来的众多科学技术,从无限小的基本粒子(点粒子)到无限大的宇宙、从宏观到微观、从简单的机械运动到复杂的系统演变,到处都是现代自然科学技术的萌生之地,从而进入了人类认识自然和改造自然的新阶段。

在物理学领域,人类建立了以相对论和量子论为支柱的现代物理学体系,19世纪末20世纪初的物理学革命从原子“实体”破门而入,随之而来的是物质结构的秘密逐层被揭开,给人类展示出微观领域的丰富多彩的自然图景,微观物理学的发展对整个自然科学产生了巨大的影响。20世纪上半叶的各门学科都向自己的小尺度领域进军,并把较深层次的考察同更深层次的探索结合起来,在宏观、微观研究上均有了新的突破。

在化学领域,人类对物质的化学结构有了更深入的认识,原子结构研究的结果首先使元素周期律获得了新的解释。由于化学工业的发展,人类不仅能从天然产物、农产品、煤、煤焦油中提取有机物质,在20世纪里又能用电石、石油等为原料制造出各种有机化合物。而且,人们还能利用简单的有机分子人工制成多种合成染料、合成纤维、合成药物、合成橡胶、合成塑料、合成蛋白质等高分子化合物,形成了研究大分子结构与性能之间相互关系的高分子科学。

在生物学领域,揭示了DNA的结构和遗传密码,遗传工程在新的技术革命中将发挥更巨大的作用。农作物优良品种的定向培育,生物激素的应用,遗传性疾病和肿瘤的诊断、防治与控制,病原菌的抗药性研究等,都要求从理论上做深入的说明和从实践上提供有效的措施,要求生物学从宏观定性考察进入它的微观定量探索领域,从而查明生物进化、遗传和变异的内部机制。

人们的视野在微观和宏观两方面都扩大了10万倍以上,对自然界有了更深入的了解,使生物学与化学、物理学结合得更加密切。越来越多的事实证明,重大科技成果都将是综合

研究的结果。科技成为第一生产力,人类生活发生了巨大的变化。20世纪以后,科技对生活的推动作用越来越显著,对人类历史发展和国家兴衰起着决定作用,人类生活质量提高、寿命延长并追求人与自然的和谐。



## 第二节 自然科学的基本研究方法



### 一、科学实验

科学实验是自然科学发展中极为重要的活动和研究方法。在现代自然科学研究中,任何新的发现、新的发明、新的理论的提出都必须以能够重复的实验结果为依据,否则就不能被他人接受。即便是一个纯粹的理论研究者,他也必须对他所关注的实验结果,甚至实验过程有相当深入的了解才行。

科学实验、生产实践和社会实践并称为人类的三大实践活动。实践不仅是理论的源泉,而且是检验理论正确与否的唯一标准,科学实验就是自然科学理论的源泉和检验标准。

#### (一) 科学实验的种类

科学实验有两种含义:一是指探索性实验,即探索自然规律与创造发明或发现新东西的实验,这类实验往往是对前人或其他人从未做过或还未完成的研究工作所进行的实验;二是指人们为了学习、掌握或教授他人已有科学技术知识所进行的实验,如学校安排的实验课中的实验等。实际上,这两类实验是没有严格界限的,因为有时重复他人的实验,也可能会发现新问题,从而通过解决新问题实现科技创新。但是探索性实验的创新目的明确,因此科技创新主要由这类实验获得。

从另一个角度,又可把科学实验分为以下类型。

##### 1. 定性实验

定性实验是判定研究对象是否具有某种成分、性质或性能,结构是否存在,它的功效、技术经济水平是否达到一定等级的实验。一般来说,定性实验要判定的是“有”或“没有”、“是”或“不是”,要从实验中给出研究对象的一般性质及与其他事物之间的联系等初步知识。定性实验多用于某项探索性实验的初期阶段,把注意力主要集中在了解事物本质特性的方面,它是定量实验的基础和前奏。



#### 小实验

##### 有惊无险

如图 1-15 所示的实验示意图,在盛半杯水的玻璃杯口上放一张硬纸片,再在纸片上放一个鸡蛋,用手或橡胶锤迅速把硬纸片弹出去,鸡蛋会安全地掉进玻璃杯里。

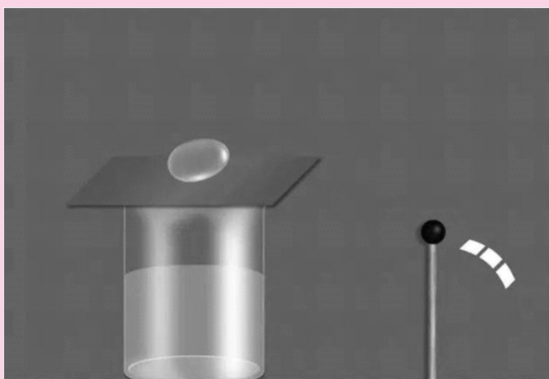


图 1-15 实验示意图

上述小实验就是一个定性实验的典型例子,实验中未涉及任何数据的测量和计算,仅通过鸡蛋的掉落,让实验者初步认识到惯性的存在。

## 2. 定量实验

定量实验是指研究事物的数量关系的实验。这种实验侧重于研究事物的数值,并求出某些因素之间的数量关系,甚至要给出相应的计算公式。这种实验主要是采用物理测量方法来进行,因此可以说,测量是定量实验的重要环节。定量实验一般为定性实验的后续,是为了对事物性质进行深入研究应该采取的手段。事物的变化总是遵循由量变到质变的规律,定量实验也往往用于寻找由量变到质变的关节点,即寻找度的问题。

## 3. 验证性实验

验证性实验是指为掌握(或检验)前人或他人的已有成果,而重复相应的实验或验证某种理论假说所进行的实验。这种实验也是把研究的具体问题向更深层次或更广泛的方面发展的重要探索环节。

## 4. 结构及成分分析实验

结构及成分分析实验是测定物质的化学组分或化合物的原子以及原子团的空间结构的一种实验。实际上成分分析实验在医学上也经常采用,如血、尿、大便的常规化验分析和特种化验分析等。而结构分析实验则常用于有机物的同分异构现象的分析。

## 5. 对照比较实验

对照比较实验是指把所要研究的对象分成两个或两个以上的相似组进行对照比较的实验。其中一个组群是已经确定其结果的事物,作为对照比较的标准,称为“对照组”,让其自然发展。另一个组群是未知其奥秘的事物,作为实验研究对象,称为“实验组”,通过一定的实验步骤,判定研究对象是否具有某种性质。这类实验在生物学和医学研究中是经常采用的,如实验某种新的医疗方案或药物及营养品的作用等。

## 6. 相对比较实验

相对比较实验是为了寻求两种或两种以上研究对象之间的异同、特性等而设计的实验,即将两种或两种以上的实验单元同时进行,并做相对比较。这种方法在农作物杂交育种过程中经常采用,通过对比,选择出优良品种。

## 7. 析因实验

析因实验是指为了由已知的结果去寻求其产生结果的原因而设计和进行的实验。这种实验的目的是由果索因,如果可能是多因的,一般用排除法处理,一个一个因素去排除或确定;如果可能是双因的,则可以用比较实验去确定。这就与谋杀案的侦破类似,把怀疑对象一个一个地排除后,逐渐缩小怀疑对象的范围,最终找到谋杀者或主犯,即产生结果的真正原因或主要原因。

## 8. 判决性实验

判决性实验是指为验证科学假设、科学理论和设计方案等是否正确而设计的一种实验,其目的在于做出最后判决。例如,真空中的自由落体实验就是对亚里士多德错误的落体原理(重物体比轻物体下落得快)的判决性实验。

此外,科学实验还包括中间实验、生产实验、工艺实验、模型实验等类型,这些实验主要与工业生产相关。

## (二) 科学实验的意义和作用

### 1. 科学实验是获取新的、第一手科研资料的重要和有力的手段

人类对自然界认识的不断深化过程,实际是由人类科技创新(或称为知识创新)的长河构成的。科学实验是获取新的、第一手科研资料的重要和有力的手段。大量的、新的、精确的和系统的科技信息资料,往往是通过科学实验获得的。例如,“发明大王”爱迪生(Edison, 1847—1931年),在研制电灯的过程中,他连续13个月进行了2000多次实验,试用了1600多种材料,才发现了白金比较合适。但因白金昂贵,不宜普及,于是他又实验了6000多种材料,最后才发现碳化了的竹丝做灯丝效果最好。这说明,科学实验是探索自然界奥秘和创造发明的必由之路。

### 2. 科学实验是检验科学理论和科学假说正确与否的唯一标准

科学实验是检验科学理论和科学假说正确与否的唯一标准。例如,科学已发现宇宙间存在四种相互作用力,它们之间有没有内在联系呢?爱因斯坦提出“统一场论”,并且从1925年开始研究,一直研究到1955年去世为止,也没有得到结果,因此许多专家怀疑“统一场”的存在。但美国物理学家温伯格(Weinberg, 1933年至今)和巴基斯坦物理学家萨拉姆(Salam, 1926—1996年)由规范场理论提出了弱相互作用和电磁相互作用的“统一场”,并得到了实验证明而被公认。这表明理论正确的标准是实验结果的验证,而不是权威。

### 3. 科学实验是推动自然科学技术发展的强有力手段

科学实验是自然科学技术的生命,是推动自然科学技术发展的强有力手段,自然界的奥



秘是由科学实验不断揭示的,这一过程将永远不会完结。

自然界中的事物和自然现象千姿百态,变化万千,既千差万别,又有着千丝万缕的联系,这就构成了错综复杂的自然界。因此,在探索自然规律时,往往会因为各种因素纠缠在一起而难以分辨。科学实验的特殊作用之一是可以人为地控制研究对象,使研究对象简化和纯化。例如,在真空中所做的自由落体实验,羽毛与铁块同时落下,其中就排除了空气阻力的干扰,从而使研究对象大大地简化了。

科学实验可以凭借人类已经掌握的各种技术手段,创造出地球自然条件下不存在的各种极端条件进行实验,如超高温、超高压、超低温、强磁场、超真空等条件下的实验。从这些实验中可以探索物质变化的特殊规律或制备特殊材料,也可以发生特殊的化学反应。

科学实验具有灵活性,可以选取典型材料进行实验和研究,如选取超纯材料、超微粒(纳米)材料进行实验。生物学中用果蝇的染色体研究遗传问题,同样体现了科学实验的灵活性。

科学实验还具有模拟研究对象的作用,如用小白鼠进行的病理研究等。科学实验可以为生产实践提供新理论、新技术、新方法、新材料、新工艺等。一般情况下,新的工业产品在批量生产前都是在实验室中通过科学实验制成的,晶体管的生产就是如此。

### (三) 科学实验的基本步骤

科学实验应该包括 6 个重要步骤。

#### 1. 观察

观察即对事实和事件的详细记录。

#### 2. 定义

对问题进行定义。

#### 3. 假设

提出假设是对一种事物或一种关系的暂时性解释。

#### 4. 检验

收集证据和检验假设,一方面要能提供假设所需的客观条件,另一方面要找到方法来测量相关参数。

#### 5. 发表

发表研究结果:科学信息必须公开透明,真正的科学关注的是解决问题。

#### 6. 建构

建构理论。孤立的问题无法建立理论,科学的理论是可以被证伪的。



## 二、数学方法

数学方法有两个不同的概念,在方法论全书中的数学方法指研究和发展数学时的思想



方法,而这里所要阐述的数学方法则是在自然科学研究中经常采用的一种思想方法。它是科学抽象的一种思维方法,其根本特点在于撇开研究对象的其他一切特性,只抽取各种量、量的变化及各种量之间的关系,也就是在符合客观规律的前提下,使科学概念或原理符号化、公式化,利用数学语言(数学工具)对其进行逻辑推导、运算、演算和量的分析,以形成对研究对象的数学解释和预测,从而从量的方面揭示研究对象的规律性。这种特殊的抽象方法,称为数学方法。

### (一) 数学方法的种类

按照自然事物和现象的类型,根据理论计算和解决实际问题的需要,人们创立了许多种数学方法,概括起来主要有以下几种。

#### 1. 常量数学方法

古今初等数学所运用的方法,便是常量数学方法,主要有算术法、代数法、几何法和三角函数法。常量数学方法被用于定量揭示和描述客观事物在发展过程中处于相对静止状态时的数量关系和空间形式(或结构)的规律性。

#### 2. 变量数学方法

变量数学方法是定量揭示和描述客观事物运动、变化、发展过程中的各量的变化与量变之间的关系的一种数学方法。其中最基本的是解析几何法和微积分法。解析几何法由法国数学家笛卡儿(Descartes, 1596—1650年)创立,是用代数方法研究几何图形特征的一种方法。微积分(通常称为高等数学)法是牛顿和莱布尼茨创立的,这种方法主要应用于求某种变化率(如物体运行速率、化学反应速率等)、求曲线(曲面)切线(切平面)、求函数极值、求解振动方程和场方程等问题。

#### 3. 必然性数学方法

必然性数学方法应用于必然性自然事物和现象。描述必然性自然事物和现象的数学工具,一般是方程式或方程组,其中主要有:代数方程、函数方程、常微分方程、偏微分方程和差分方程等。利用方程可以从已知数据,在遵循推理规律和规则的条件下,推算出未知数据,如这种方法可以根据热力学方程计算出炼钢炉各部分的温度分布,因而可通过理论计算,确定和选取炼钢炉的最佳设计方案。

#### 4. 随机性数学方法

随机性数学方法是指定量研究、揭示与描述随机事物和随机现象领域的规律性的一种数学方法。它主要包括概率论方法和数理统计方法。

#### 5. 突变的数学方法

突变的数学方法是指只揭示和描述突变事物和突变现象规律性的一种数学方法。它是20世纪70年代由法国数学家托姆(Thom, 1923—2002年)创立的。托姆用严密的逻辑和数学推导,证明在不超过四个控制因素的条件下,存在七种不连续过程的突变类型,它们分别是折叠型、尖点型、燕尾型、蝴蝶型、双曲脐点型、椭圆脐点型和抛物脐点型。这些突变数学



方法和突变理论,对于解决地质学研究领域中的复杂性突变事件(如地震预测)和现象十分有用。有专家预言:突变的数学方法,可能成为解决地质学领域复杂问题的一种强有力的数学工具。

### 6. 模糊性数学方法

模糊性数学方法是指用定量方法去研究、揭示和描述模糊事物与模糊现象及其规律性的一种数学方法。自然界存在着大量模糊事物、模糊现象和模糊信息,无法用精确数学方法处理。模糊数学方法的创立使人类找到了处理该类问题的有效方法,人们称这种方法的效果是“模糊中见光明”。“模糊数学”并非数学的模糊,这种数学本身仍是逻辑严密的精确数学,只是因用于处理模糊事物而得名。

### 7. 公理化方法

公理化方法指从初始科学概念和一些不证自明的数学公理出发遵循逻辑思维规律和推理规则,运用正确逻辑推理形式,对一些相关问题进行处理,从而建立起数学模型的一种特殊方法。公理化方法由古希腊数学家欧几里得首创,并构成了欧氏几何学理论体系,公理化方法的核心是研究如何把一种科学理论公理化,进而建成一个公理化理论体系。这种体系中首先建立公理,即把某学科中一些初始科学概念公理化,然后由公理推演出定理及其他,从而构成一个公理化理论体系。

## 小贴士

### 公理和定理的定义

在数学中,公理是指依据人类理性的不证自明的基本事实,经过人类长期反复实践的考验,不需要再加证明的基本命题。而定理是指在既有命题的基础上证明出来的命题,这些既有命题可以是别的定理,也可以是广为接受的陈述,比如公理。

简单地说,所有的公理都是用来推导其他命题的起点。一个公理不能被其他公理推导出来,否则它就不是起点本身,而是能够从起点得出的某种结果——可以干脆被归为定理了。

## (二) 数学方法的特点

### 1. 高度的抽象性

各门自然科学乃至社会科学虽然都是抽象的科学,都具有抽象性,可是数学的抽象程度更高,因为在数学中已经没有了事物的其他特征,仅存在数和符号,它只表明符号之间的数量关系和运算关系等。也只有这样才能定量地揭示出研究对象的规律性。

### 2. 高度的精确性

通过数学模型可以进行精确的计算,而且只有精确(近似程度高)的数学模型才是人们最终所需要的数学模型。

### 3. 严密的逻辑性

数学本身就是一门逻辑严谨的科学,同时运用数学方法解决和研究自然规律时,一般总

是在已掌握大量的、充分的和必要的数据(实验信息)的基础上,并运用逻辑推理方法建立物理模型之后才去建立数学模型的。因此,数学模型中必然会包含更加严密的逻辑性。

#### 4. 充满辩证特征

数学模型中的量往往是一个符号,如  $F=ma$  就代表了牛顿第二定律,这其中三个量的大小既是可以变化的,又是相互关联的。因此,数学模型本来就体现了辩证关系的两大主要特征——变化特征和联系特征。

#### 5. 应用的广泛性

华罗庚教授曾指出:“宇宙之大,粒子之微,火箭之速,化工之巧,地球之变,生物之谜,日用之繁,无处不用数学。”这是因为世上万物的变化无不由运动而产生,无不遵从由量变到质变的规律性。因此,只有通过定量研究才能更深刻地揭示自然规律,才能更准确地把握住量变到质变的关键——度的问题。

#### 6. 随机性

随机性是指偶然性中有必然性,实验信息是偶然的,通过数学建模,从多个偶然数据(分立的)中往往可以得出必然的结果(量之间连续变化的关系),即规律性的结论。



### 三、系统科学方法

#### (一) 系统科学方法的内容

系统科学方法是研究关于系统及其演化规律的科学方法。自然界本身是一个无限大、无限复杂的系统,系统是一种普遍存在。自然界包括许许多多不同的系统,一切事物和过程都可以看作组织性程度不同的系统,系统科学的原理具有一般性和较高的普遍性。利用系统科学的原理,研究各种系统的结构、功能及其进化的规律,称为系统科学方法。系统科学方法具有广泛的应用价值,发展十分迅速,现已成为一个包括众多分支的科学领域,特别是在生物生态领域和经济领域中的应用最多。

#### (二) 系统科学方法的特点

系统科学方法有两个基本特点:其一是它与工程技术、经济建设、企业管理、环境科学等联系密切,具有很强的应用性;其二是它的理论基础不仅是系统论,而且还依赖于各有关的专门学科,与现代一些数学分支学科有密切关系,正因如此,人们认为系统科学方法一般是指研究系统的数学模型及系统的结构和设计方法。



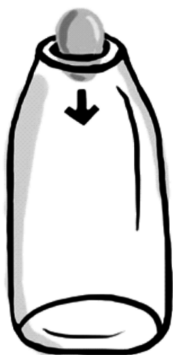
### 知识回顾

自然科学是研究自然界的物质形态、结构、性质和运动规律的科学。它包括数学、物理学、化学、生物学、天文学等基础科学和医学、农学、气象学、材料学等应用科学。

自然科学根据其发展的阶段,大致可分为古代自然科学、近代自然科学和现代自然科学。一般认为,古代自然科学的起源是古希腊的自然科学,在近代自然科学的诞生阶段,发生了三件大事——太阳中心说对神学的挑战、血液循环学说对神学的打击、伽利略为近代自然科学开辟道路。在19世纪中叶,自然科学有了突飞猛进的发展,特别是其中的三大发现具有决定性的意义,它们是细胞学说、达尔文进化论和能量守恒定律。20世纪以后,物理学的革命使自然科学进入崭新的历史阶段——现代自然科学阶段。

自然科学的基本研究方法方括科学实验、数学方法和系统科学方法。

## 实战演练



运用科学实验方法,分析下面“鸡蛋进瓶子”科学小实验(鸡蛋进瓶子小实验示意图如图1-16所示)体现的科学原理。

材料:1个完全熟透的煮鸡蛋、带有瓶颈和瓶口的玻璃瓶子(粗细不能小于鸡蛋横向宽度的一半)、3根火柴。

步骤:

1. 把鸡蛋放到水里煮15分钟,等到从里到外都变硬了,把它泡到冷水里,直到用手摸起来感觉凉了,就可以了。

2. 把鸡蛋皮剥掉,注意不能弄破蛋白。如果能把蛋壳里的那层膜保留完整,那就更好了。

图1-16 鸡蛋进瓶子小实验示意图

- 准备好鸡蛋以后,就可以把其他道具摆放好了。
- 点燃3根火柴,轻轻放到瓶子里面,等待3秒钟。
- 把鸡蛋竖直立瓶子口上,堵住瓶口不留一点缝隙。
- 等瓶子里的火柴熄灭,瓶内空气冷却,鸡蛋就会滑进瓶颈里,然后落到瓶子里面。(煮鸡蛋、冷却和剥皮需要较长的时间,提醒孩子要有耐心。)



## 本章习题

- 自然科学的发展经历了哪几个阶段?
- 为什么说自然科学的起源是古希腊的自然科学?
- 近代自然科学诞生阶段的三件大事是什么?
- 19世纪自然科学的三大发现是什么?
- 自然科学的基本研究方法有哪些?