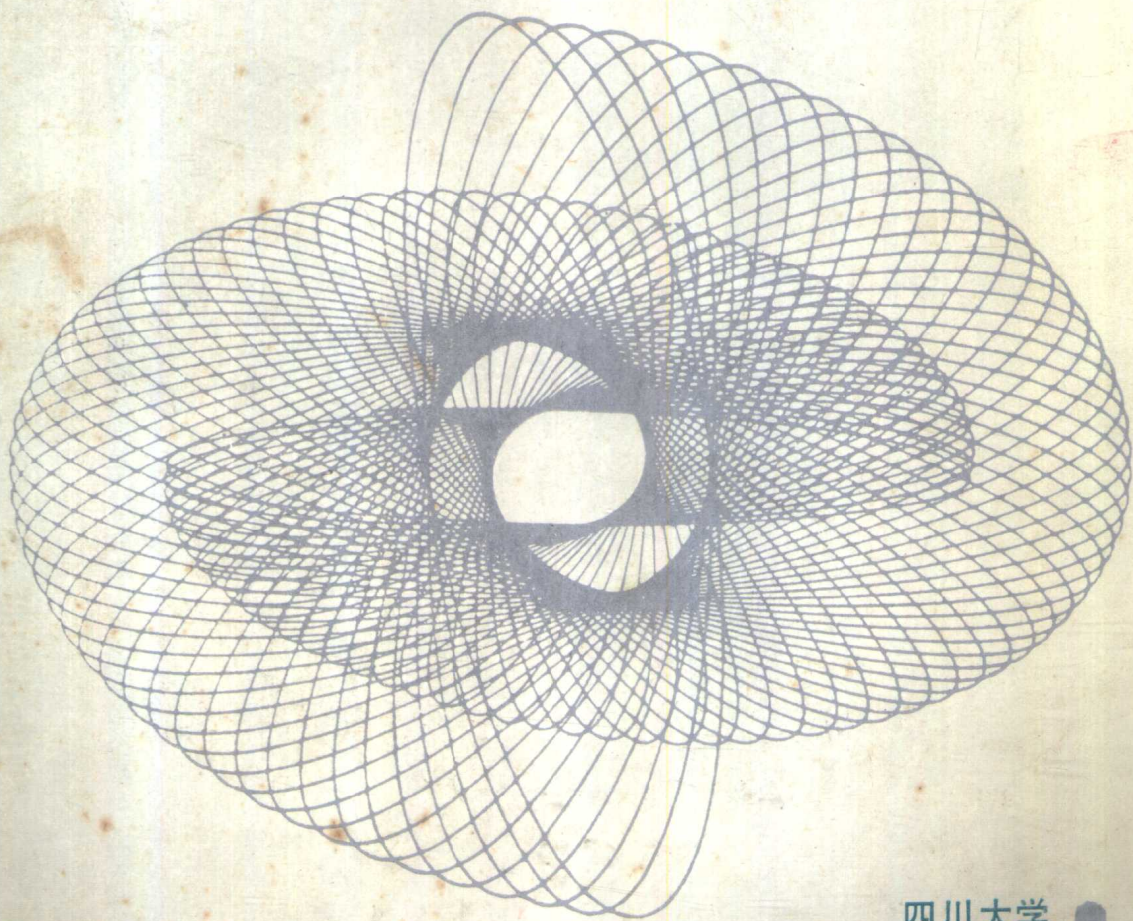


● 文科高等教育用书 ●

# 自然科学基础知识 教程



四川大学 ●

主 编 刘光玉 ●

副主编 胡良贵 ●

四川科学技术出版社 ●

文科高等教育用书

# 自然科学基础知识教程

---

四川大学 刘光玉 主 编  
胡良贵 副主编

四川科学技术出版社

1987·成都

责任编辑：刘阳青  
封面设计：李勤  
版面设计：刘阳青

文科高等教育用书  
**自然科学基础知识教程**  
四川大学 刘光玉主编 胡良贵副主编  
四川科学技术出版社出版  
(成都盐道街三号)  
四川省新华书店发行  
七二三四工厂印刷  
1987年5月第一版 开本 787×1092 1/16  
1987年5月第一次印刷 字数500千  
印数1—15,000册 印张20.25插页  
统一书号：13298·109  
ISBN 7—5364—0105—1/N·1  
定 价：3.70元

# 序

一百多年前，革命导师马克思就指出：“自然科学是一切知识的基础”（《马克思恩格斯全集》第47卷，第572页），他还预言：“正象关于人的科学将包括自然科学，自然科学往后也将包括关于人的科学；这将是一门科学。”（《1844年经济学—哲学手稿》，人民出版社1979年版第82页）如果说马克思这一论断在百多年前还仅仅是科学的预言，那么在今天，它已变成了活生生的现实：“从自然科学奔向社会科学的强大潮流”（列宁语）从来没有象今天这样汹涌澎湃、势不可挡！自然科学的概念、理论和方法是如此广泛、深刻地渗透到、影响着社会科学的每一领域、每一分支，以致于我们可以说：在今天，如果社会科学工作者不学习自然科学的基础知识、不了解其最新成就，那就很难在研究中打开局面，做出开创性的第一流工作来。正是在这个意义上，几年来，我一直提倡和支持在我校的文科各系中普遍开设《自然科学基础知识课》。

现在，由我校刘光玉、胡良贵等同志编写的《自然科学基础知识教程》一书，即将由四川科学技术出版社出版。这在我国还是一件很有意义的新事物，我表示热情支持。此书的编写者都是我校长期工作在教学第一线的中年骨干教师，他们了解当前文科大学生的实际，有较丰富的教学经验；加之在成书之前，他们又编写过不少讲稿和辅导材料，并据根校内外的教学实践以及目前自然科学的新动态作了多次反复修改，方能写成此书。因此，我感到，这本书的突出特点是：在力求科学性和系统性的基础上，尽可能地方便教和学。我深信，广大读者在使用了此书后，也会有此同感。

作为一个社会科学工作者，我衷心希望：广大的文科大学生、党政军干部和自学青年，通过对此书的学习而有助于自己成长为既有坚实的社会科学素养、又有广博的自然科学知识的创造型人才，为四化大业作出更大贡献！

四川大学副校长、教授

四川省文史馆馆长



一九八七、二、

## 前 言

本书是作者们为文科大学生、参加高等教育自学考试的党政军干部、以及一切希望学习当代科学技术的基本知识、了解其发展概貌和应用状况的广大读者而编写的。

马克思主义历来认为，科学技术属于生产力范畴，它可以转化为直接的社会生产力，并且还以不同方式通过不同渠道，影响生产关系和上层建筑，带来经济、政治、军事、文化教育以及人们的生活方式、精神面貌等方面的巨大变化，推动人类文明的进步和社会的发展。现代科学技术对于社会的兴衰、国家的存亡、民族的荣辱所具有的重大作用，已是举世公认的了。正因为如此，邓小平同志曾指出：“我们要实现现代化，关键是科学技术要能上去”（《邓小平文选》第37页）。

当代科学技术的发展给传统社会科学领域带来了一系列新问题，自然科学的基础理论和研究方法日益广泛地渗透到社会科学的所有领域之中，可以说，没有起码的自然科学知识，人们就无法深入研究现代的哲学和社会科学中的一些基本问题。通晓当代科技的主要成果，已是当今每一位社会科学工作者、文科大学生以及党政军干部的当务之急。

现代科学技术是一个庞大的理论体系，它包括二千四百多个分支，哪怕是对它作十分粗糙的巡礼，也远非我们这本教程所能胜任。向文科大学生和一般党政军干部讲授自然科学，讲什么内容？讲多少？这些问题一直是编者几年来所热烈争论、探索的一个重大课题。考虑到当前本书读者的实际情况，我们在书中着重介绍对当代社会发展有重大影响的主要科学技术门类的基本知识（基础概念、主要理论以及基本方法）、发展概况和该学科的前沿问题以及今后发展的基本趋势，以使读者通过本书的学习，既能掌握一些必要的常见而有用的自然科学知识，又能对该学科的发展概况有一整体、概略的了解，受到科学思想、科学方法的启迪，以达到更新观念的目的。

本书是编者多年来在四川大学文科各系讲授《自然科学基础知识》、《现代科技概论》，以及担任四川省高等教育自学考试党政干部基础科《自然科学基础知识》主考工作而编写的各种教学讲义的基础上，针对目前高等院校文科教学的时数和自学考试的条件，经反复修改而成的。本书在叙述上力求简明扼要、行文



流畅；在整体结构安排上，用不加和加“\*”号两种形式，区分出两种学时的内容；对于54学时的各专业及自学考试的教学，应讲授不加“\*”号的部分；而高于54学时的各专业应加授“\*”号的有关部分。本书在每章正文后列出了一定数量的习题和复习思考题，它们在一定程度上体现了各章的主题，读者在学习中独立完成，可加深对正文的理解、掌握，也可检查自己是否达到基本要求。

本书可用作全日制和其它形式的高校（函大、电大、夜大等）文科各专业和各级党校、干校的《自然科学基础知识》或《现代科学技术概论》等课程的教材或教学参考书。

本书由刘光玉任主编，胡良贵任副主编；各章的编写者是：“前言”、第一章“导论”刘光玉；第二章“数学”张华安（其中第一节由杨旭编写）；第三章“物理学”曾远文；第四章“化学”孙世荣；第五章“生命科学”石安静（第1—3节）和王喜忠（第4—6节）；第六章“天文学”和第七章“地学”杨旭；第八章“电子技术与通信技术”和第十章“激光科学技术”何月明；第九章“电子计算机科学”梁润民；第十一章至第十四章“空间科学技术”、“材料科学技术”、“能源科学技术”及“系统理论基础”胡良贵。全书由刘光玉、胡良贵统编定稿，曾远文、杨旭参加了修订部分章节的工作。

在本书的编写中，四川大学副校长、四川省文史馆馆长隗瀛涛教授给予了热情的鼓励和支持；本书有关章节得到了四川大学教务处长吴守玉副教授和四川大学计算机科学系副主任杨家沅副教授及唐先余同志的指点；四川大学成人教育办公室负责同志林寿荣、中国人民解放军成都军区自修大学办公室负责人黄辅深同志等对本书的出版给予了热忱的帮助，我们在此一并致谢。

为文科大学生和自学者编写的自然科学教材在国内还不多见，可资借鉴者不多，加之时间仓促，编者受水平、经验所限，书中讹误在所难免，恳请广大教师和读者指正。

**编 者**

一九八七年元月

# 目 录

---

<b>第一章 导论</b> .....	( 1 )
第一节 自然科学的发展简况.....	( 1 )
第二节 自然科学的性质与作用.....	( 11 )
第三节 自然科学的来源及其发展动力.....	( 14 )
<b>第二章 数学</b> .....	( 17 )
第一节 数学的概况.....	( 17 )
第二节 微积分.....	( 22 )
* 第三节 概率.....	( 29 )
第四节 $n$ 阶行列式与矩阵.....	( 34 )
* 第五节 线性规划.....	( 39 )
* 第六节 博弈.....	( 44 )
* 第七节 模糊集合.....	( 52 )
<b>第三章 物理学</b> .....	( 57 )
第一节 物理学的研究对象和分类.....	( 57 )
第二节 力学.....	( 58 )
第三节 热力学和统计物理学.....	( 65 )
第四节 电磁场和电磁波.....	( 72 )
第五节 相对论.....	( 85 )
第六节 量子理论.....	( 89 )
第七节 原子核和基本粒子.....	( 95 )
第八节 凝聚态物理.....	( 103 )
<b>第四章 化学</b> .....	( 107 )
第一节 引言.....	( 107 )
第二节 化学反应中量的基本关系.....	( 109 )
第三节 化学反应速度与化学平衡.....	( 115 )
第四节 原子结构和元素周期系.....	( 121 )
第五节 分子结构.....	( 126 )
第六节 主族元素及其化合物.....	( 129 )
第七节 有机化合物概述.....	( 133 )
<b>第五章 生命科学</b> .....	( 138 )
第一节 生命的基本特征与生命的本质.....	( 138 )

第二节	生命的基本单位	(142)
第三节	生命的信息流	(152)
第四节	生命的起源与进化	(160)
第五节	生态系统与自然保护	(167)
第六节	生物科学的发展与展望	(173)
<b>第六章</b>	<b>天文学</b>	(180)
第一节	天文学的演化	(180)
第二节	天体的构造	(182)
第三节	天体演化的理论	(184)
第四节	太阳系的结构	(187)
<b>第七章</b>	<b>地学</b>	(189)
第一节	地学的发展	(189)
第二节	地球的构造	(190)
第三节	地壳的外貌	(192)
第四节	海洋科学	(194)
<b>第八章</b>	<b>电子技术与通信技术</b>	(197)
第一节	无线电电子学的兴起	(197)
第二节	电子管与晶体管	(198)
第三节	微电子技术的兴起和发展	(202)
第四节	通信技术	(207)
<b>第九章</b>	<b>电子计算机科学</b>	(215)
第一节	电子计算机的产生	(215)
第二节	计算机系统	(216)
第三节	计算机的应用	(236)
第四节	计算机科学的研究和发展	(239)
<b>第十章</b>	<b>激光科学技术</b>	(243)
第一节	激光科学技术	(243)
第二节	光纤通信技术	(249)
<b>第十一章</b>	<b>空间科学技术</b>	(254)
第一节	空间科学技术及其发展	(254)
第二节	空间科学的主要研究内容	(256)
第三节	空间技术的主要研究内容	(257)
第四节	空间科学技术的明天	(263)
<b>第十二章</b>	<b>材料科学技术</b>	(265)
第一节	材料及其分类	(265)
第二节	材料科学技术的基本内容	(266)
第三节	常用材料简介	(269)
第四节	材料的发展趋势	(274)
<b>第十三章</b>	<b>能源科学技术</b>	(275)
第一节	能源科学技术和能源开发史	(275)



第二节	能源及其分类	( 276 )
第三节	能源的合理开发与利用	( 277 )
<b>第十四章</b>	<b>系统理论基础</b>	<b>( 283 )</b>
第一节	信息论	( 283 )
第二节	系统论和系统工程学	( 291 )
第三节	控制论	( 304 )
<b>主要参考文献</b>		<b>( 313 )</b>

# 第一章

## 导 论

自然科学研究的对象是自然界。自然界在时间和空间上都是无限的，就一定的历史阶段而言，人类认识自然界所及的时空范围是有限的，而就人类社会发展的长河来讲，这个范围又是不断扩大和永无止境的。自然科学就是人类在探索自然的实践活动中总结出来的、反映自然界的现象、性质和运动规律的知识体系。人们认识自然的目的是不只是为了满足揭开自然奥秘的欲望，而在于要改造自然以满足生产和生活的需要，这就必然形成把经验和科学知识相结合的改造自然的技能和工具，也就是通常所说的技术。不言而喻，科学和技术是有区别的。但也同样清楚，科学和技术是统一的，科学是技术发展的理论基础，技术是科学发展的手段，特别是在现代，科学与技术的紧密结合与互相渗透，更是科学技术发展的明显趋势。本书也正是居于科学与技术的这种统一性，而往往没有把自然科学与通常所说的科学技术这两个术语加以严格区别地使用。

历史已经证明，自然科学是社会发展的—种强大的动力，它极大地改变着社会的生产面貌和人类的生活条件、精神面貌以及相互关系，从而促使人们现在已把自然科学本身作为研究对象，出现了一门叫做科学学的新学科。科学学的研究目的，是要弄清科学技术的性质、社会功能和发展规律，预测科学技术发展的趋势，为科学研究的管理和决策提供理论依据和方法，以保证科学技术事业的顺利发展。本章将在简要介绍科学技术发展概况的基础上，向读者提供有关自然科学的来源、性质、作用、特点及其发展趋势等方面的基本知识。

### 第一节 自然科学的发展简况

自然科学的产生和发展是一个持续的历史过程，按其本身成熟的程度，可把它分为古代（16世纪以前）、近代（16—19世纪）和现代（20世纪）三个时期，现概述如下。

#### 一、古代的自然科学

大约在300万年以前，地球上出现了人类，从而开始了人类社会的历史。在这300多万年的岁月里，人类99%以上的时间是在原始社会中渡过的。约在公元前4000年，尼罗河流域的埃及、两河流域（底格里斯河和幼发拉底河）的巴比伦，公元前300年印度河流域的印度，公元前2000年黄河、长江流域的中国，先后进入了奴隶制社会，开始了有文字可考察的历史。中国从公元前475年左右（春秋战国之交）已过渡到封建制时代，是世界上进入封建社会最早的国家，一直延续到1840年，而西欧比中国晚一千年（公元5世纪前后）才进入封建社会，但从公元15世纪末却开始了向资本主义社会过渡。我们这里所说的古代，就是指人类社会出

现资本主义形态以前的时期。

人是自然界的产物，并生活于自然界之中，认识自然和改造自然，是人类生存和发展的必需条件。人类认识自然界是从一无所有开始的，一旦有某种偶然的发现能够使人们的生活较为安全和舒适，那末，人们为了改善生活和发展生产，就会主动地去观察自然现象，有意识地去改造自然，并在改造自然的过程中进一步去认识自然界。如此循环往复，人类就积累起了关于自然的知识，提高了自己改造自然的能力。特别是随着文字的发明和脑力劳动与体力劳动的分离，人们不仅有了记录、传播和继承自然知识的手段，而且出现了专门观察和研究自然现象，收集、整理和传授自然知识的人，这就大大地促进了科学技术的发展。但是，由于古代社会生产力的水平不高，人类对自然界认识的深度和广度仍然很有限。整个古代的自然科学，只限于那些与当时人类生产和生活关系最为密切的领域，主要是天文学、数学和力学，此外还有一些生物学和医学方面的研究。就各个国家而言，它们对古代科学技术都作出了自己的贡献，但所处的地位却不同，古希腊是奴隶制社会科学技术的最高峰，中国则在封建社会处于科学技术的领先地位。统观古代自然科学本身的性质和结构，可以发现它具有以下的特点。

#### (一) 在内容上，主要是属于现象的描述和经验的总结。

人类对自然界的认识是一个从简单到复杂，从现象到本质的发展过程，也就是说，整个自然科学的发展必然是从一些最简单的现象开始的。古人正是在长期的生活和生产实践中，逐步认识了多种多样的自然现象，积累起了许多经验知识。这些成就集中反映在被人们称之为古代科学的百科全书式人物的著作之中，例如，古希腊亚里士多德（Aristotle the Stagirite，公元前384—前322）的《动物志》，记述了他对50多种动物的解剖观察和对540种动物所进行的分类；古罗马普林尼（Pliny the Elder，23—79）的共37卷的巨著《自然史》，记载了包括从天文到地理学、生物学、医药学，以至实用工艺等大量的自然科学知识。类似地在中国有贾思勰（约480—550年）的《齐民要术》，沈括（1031—1095）的《梦溪笔谈》，宋应星（1587—约1661）的《天工开物》等。所有这些著作中的自然科学知识，基本上都是描述性的记述，没有提出科学的基本概念和系统的科学理论。

当然，古人也有一些有关自然规律性的认识，如阿基米德（Archimedes，公元前287?—212）发现了杠杆定律和浮力原理，东西方各国的天文历法，也都已总结出一些带有普遍性的自然规律，但一般也都停留在经验定律阶段，没有上升为理论。只有少数学科具有较强的理论形式，如欧几里德（Euclid of Alexandria，公元前323?—235）的《几何原本》，以严密的演绎逻辑，把建立在一些公理之上的初等几何学知识构成了一个严整的体系；张仲景（150—219年）的《伤寒杂病论》，以阴阳五行学说为理论基础、以整体观念为指导思想所形成的一个辨证施治的理论体系。

#### (二) 在研究方法上，主要是依靠感觉直观和猜测思辨。

人的认识是从感觉经验向理性认识发展的过程。在科学不发达的古代，人们对自然界的认识主要就靠感性直观和直接经验来获取材料，并进而对自然现象进行解释，而且这种解释要与人们的直观经验与常识相符合，否则，就不会被人们所接受。也就是说，古代的自然科学是建立在直观基础上的，其任务是要能够解释经验和常识中的道理。那么，当直观材料不够用时又怎样办呢？他们往往用猜测去弥补，而且在古人看来，猜测只要能自圆其说，在逻辑上能自

洽,就可以采用。例如,托勒密(Claudius Ptolemaeos, 85?—168)的地心说,就是根据天文学理论要同天文观测资料相符而提出的。地心说的要点之一是认为地球不动,是宇宙的中心,前者与人们的感受一致而且排除了说地球运动给人们带来的不安全感,后者对于活动范围很狭窄、又只能立足于地球来观察天象的古人来说,也是常识中的事。地心说的另一要点是认为一切天体都作圆周运动,这就是猜测性的了。原来自从古人认定地球是圆球,并把圆球看成是最完美最和谐的物理形状以来,就习惯于以地球的标准去描述其它星体,认为各星体都是圆的,而且所有星体在天空都作匀速圆周运动。还解释说,因为匀速圆周运动是一切运动中最完美、最对称的运动,所以它对天体也是最合适的。但是,只凭一个匀速圆周运动并不能完全解释人们所观察到的行星运动的复杂现象(如行星运动时快时慢,甚至在观察的起初是向东移动,过一段时间又扭头向西移动等等)。于是,托勒密就用一些匀速圆周运动的组合去解释所看到的行星表观上的不规则运动,从而设计出了他的宇宙模型—托勒密地心体系。由于该体系能够解释当时主要凭肉眼观察到的天体视运动的特征,还可以相当好地预测行星的方位,所以它能长期被天文学界所接受。由于该体系带有明显的先验特征(先认定天体必须作完善的圆周运动),这预示它必将为严密的科学理论所取代。但需指出,正由于托勒密主张理论要与观察事实相符,从而也为后来的实验科学的创立提供了一种宝贵的启示。

作为古人建立在直观经验的基础之上的猜测和思辨的另一重要论断,是古希腊德谟克利特(Democritus of Abdera, 公元前460—370)和中国墨子(公元前478—392)的原子论,认为世界上一切东西都是由原子构成的,而原子是“不可分的坚固实体”,即是最小的,不可分割的物质微粒。如众所周知,原子论在思想上和方法上对后世都有深刻的影响,但在当初,它并不是科学的理论,而只是古人对物质组成和构造的一种直观的天才的猜想和哲理性思辨的结果。它既包含有真知灼见,也有不少穿凿比附,例如,它不仅用原子说明宇宙万物的本源,也用原子来说明人的喜怒哀乐,甚至说甜美的感觉是由圆滑的原子所引起,而苦涩辛辣的感觉则是由带倒钩的原子所引起。这一切都表明,古人依靠不充分的观察事实进行思辨和猜测,即使有所发现和发明,也是零散的,甚至是猜到的,在对自然界现象作理论解释时,在整体上只能是笼统的,而在细节上就很不清楚,甚至是错误的。

总之,古代的自然科学是处于描述现象,总结经验和思辨猜测的阶段,还没有形成各门系统的、近代意义上的自然科学。在西方,自然科学知识与哲学思想交织在一起,结合为自然哲学,除个别学科(如欧几里德几何学)开始相对的独立外,自然科学还没从哲学中分化出来。

## 二、近代自然科学

15世纪下半叶,西欧封建社会内部逐渐出现了资本主义生产方式,开始了人类社会的一个新时代。随着这一新生产方式的出现,人类对于自然界的认识也大踏步地前进了,近代自然科学就是在从15世纪下半叶到19世纪末,资本主义从兴起到昌盛的400年间诞生并发展起来的。

近代自然科学诞生的主要标志,是1543年哥白尼(N.Copernicus, 1473—1543)《天体运行论》的发表。哥白尼是波兰天文学家,他根据新的观测资料和数学计算,提出了日心说,认为太阳是宇宙的中心,地球和行星都围绕太阳作匀速圆周运动,地球本身还有自转运

动，月亮是地球的卫星，围绕地球转动。哥白尼的日心说比托勒密的地心说更能简单和合理地解释以前看来极不协调的种种天象，理应取代地心说。但是，在哥白尼时代地心说符合天主教会的需要，并被披上了一层神秘的面纱，说什么地球居于宇宙的中心，证明了上帝的智慧，上帝把人派到地球上统治万物，就一定让人类的住所（地球）处于宇宙的中心，于是，托勒密的地心说成了不可怀疑的信条，否则，将被视为异端邪说，受到迫害。哥白尼自知他的学说要动摇神学宇宙观的基础，也明白与教会冲突的后果，故在临终前才让他的著作出版，从而免受了皮肉之苦。而因宣传和捍卫哥白尼学说的布鲁诺（G. Bruno, 1548—1600）却不得不为真理而献身，他被教会活活烧死在罗马的鲜花广场。不过，哥白尼著作既已发表，就向封建神权统治发出了挑战书，成了自然科学从神学中解放出来的独立宣言。在为科学争取生存权利的斗争中，人们前赴后继，近代科学终于从血泊中生长了起来。

16、17世纪是近代科学创建阶段。继哥白尼之后，意大利物理学家伽利略（G. Galilei, 1564—1642）不仅用自制的望远镜观察天体运行。为哥白尼的日心说提供了有力的证据，而且进行了一系列的关于物体运动的实验研究，用数学形式表述了物体的运动规律，开创了科学实验同数学相结合的科学方法，被人们誉为近代科学奠基者。与伽利略同时代的德国天文学家开普勒（J. Kepler, 1571—1630），根据他的老师第谷所留下的大量精确的天文观测资料，发现了行星运动三条定律，他摒弃了自古以来关于天体作匀速圆周运动的传统观念，用七个椭圆就把太阳系中七大行星的复杂的视运动全部解释清楚了，而且揭示了行星之间的关系，他被人们尊称为“天空立法者”。接着，英国物理学家牛顿（I. Newton, 1642—1727）于1687年发表《自然哲学的数学原理》，为力学规定了一套基本概念，把物体的运动规律归结为三条运动基本定律和一条万有引力定律，建立起了一个完整的力学理论体系，从而把过去一向认为是截然无关的地球上的物体（属于所谓“世俗”的）运动规律和天体（属于神圣的“天堂”的）运动规律概括在一个严密的统一理论中，实现了人类认识自然的历史中第一次理论的大综合。除天文学和力学取得如此辉煌的成绩外，在这一时期，由于微积分的创立，血液循环的发现，显微镜的发明，化学元素概念的确立，数学、生物学和化学也都取得了重大的进展。

18世纪是近代自然科学进一步搜集材料和发展相对缓慢的阶段。这时，继上述科学革命的高潮之后，出现了以蒸汽机的广泛使用为主要标志的第一次技术革命，显示了科学对社会的巨大影响，同时也为科学的进一步发展提供了新的事实材料和新的实验工具。当然，这一时期各门学科在从观察和实验入手积累大量材料的同时，在理论上也取得了一些重要成就。例如：在天文学方面，1755年，德国的哲学家康德（I. Kant, 1724—1804）发表了《自然通史和天体论》一书，提出了关于天体形成的星云假说，认为宇宙是由原始的云雾状的星云逐渐冷却演化而来的；在生物学方面，瑞典生物学家林奈（C. von Linne, 1707—1778）对上万种的植物，提出了一个科学的分类系统；在化学方面，法国化学家拉瓦锡（A. L. Lavoisier, 1743—1794）建立了科学的燃烧理论—氧化学说。

19世纪是近代自然科学全面发展的鼎盛阶段。经过18世纪各方面的准备，到19世纪自然科学已由运用观察，实验、解剖等经验方法搜集材料的阶段，进入到对所获得的经验材料进行综合整理并从理论上加以概括和说明的阶段，出现了科学技术全面发展的鼎盛时期。19世纪在文化史上被称为“科学的世纪”，在科学的发展史上被称为“黄金时代”。这时，除力学外，物理学的热力学、电磁学，以及化学、生物、地质学等研究高级运动形式的学科都相继发展起来，形成了自己的统一整体。其中最大的成就是能量守恒与转化定律的发现。这是19世

纪30到40年代在5个国家、由6、7种不同职业的十几位科学家从蒸汽机效率的研究、人体的新陈代谢等不同的侧面独立发现，并由英国物理学家焦耳（T.P.Joule, 1818—1889）于1847年精确测出热功当量（即427千克米的功相当于1千卡的热）而得到证明的。它揭示了热、机械、电、化学等各种运动形式之间的统一性，被称之为物理学的第二次理论大综合。

1. **电磁学的建立** 1800年意大利物理学家伏打（A.Volta, 1745—1827）发明电池，使人们由静电的研究进入了动电的研究，接着，在1819年，丹麦物理学家奥斯特（H.Ch.Oersted, 1777—1851）发现了电流的磁效应（电流可使磁针偏转）；1831年，英国科学家法拉第（M.Faraday, 1791—1867）发现了电磁感应（磁铁同导线相对运动时，导线中有电流产生）定律；这就为电动机和发电机的出现提供了理论基础，打开了人类进入电力时代的大门。到1864年，英国物理学家麦克斯韦（J.C.Maxwell, 1831—1879）则把全部电磁学归结为一组数学方程，从而建立起了完整的电磁理论体系。麦克斯韦的电磁理论，不仅预言了电磁波的存在，而且揭示了光、电、磁现象的本质统一性，完成了物理学发展中的第三次理论大综合，它是物理学发展的又一里程碑，标志着经典物理学的成熟。在20年后，德国物理学家赫兹（H.R.Hertz, 1857—1894）用实验证实了电磁波的存在，则使人类很快进入了无线电通讯的时代。

2. **细胞的发现** 1838年，德国植物学家施莱登（M.J.Schleiden, 1804—1881）发表的《论植物发生》，论证了一切植物构造的基本单位是细胞。1839年，德国动物学家施旺发表的《动植物结构和生长相似性的显微研究》，论证了不论动物或植物都是由细胞组成的，形成了适用于整个生物界的细胞学说。这一发现，把人们关于生物界统一性的思想提高到了一个新的阶段，为生理学、胚胎学、比较解剖学等提供了理论基础。

3. **进化论的发现** 1859年，英国生物学家达尔文（C.Darwin, 1809—1882）发表了《物种起源》一书，系统地论述了生物界千万种不同的动植物，包括人类，都是由简单到复杂，由低级到高级进化而来的，并且提出了自然选择的学说来解释生物的进化，从而从根本上推翻了长期统治着生物学界的那种“把动植物看成是彼此毫无联系，偶然的、“神创的”、不变的东西的观点，第一次把生物学放在了完全科学的基础上”<sup>①</sup>

总之，从15世纪下半叶到19世纪末，人们已取得了关于宏观世界物质运动的系统化认识，建立了各门自然科学的理论体系。近代自然科学是古代科学的继承和发展，但与古代科学不同，它具有如下的一些特点。

（1）自然科学已从哲学中分化出来，形成了以某一类自然现象（物质运动形式）为研究对象的自然科学的各门学科。

古代科学是把自然界作为一个整体加以考察，只达到了一个笼统说明的水平。近代科学已把自然界划为不同的领域和侧面，例如划分为动物界、植物界和矿物界或者划分为物理运动、化学运动和生命运动等，分门别类地加以研究，从而形成了反映不同对象、不同运动形式的许多科学部门。例如，继天文学、力学和化学之后，有地质学和生物学，还有热力学、分子物理学、电磁学；有机化学、物理化学；生理学、胚胎学等等。

（2）科学实验已成为人类的一种独立的、重要的实践活动。

实验方法在古代虽已出现，但在古代科学中并不居重要地位。而在近代科学中，人们则强调系统的有目的的实验，从实验（包括观察）中获取大量的材料，再进行归纳、分析，从中

<sup>①</sup>《列宁选集》第1卷，人民出版社1972年版，第10页。



得出科学的结论。其中，伽利略通过他设计的斜面实验，发现了自由落体定律和惯性原理，标志着实验方法的成熟。1663年，英国皇家学会宣布它的首要任务是靠实验来改进有关自然界诸事物的知识，这表明人们已深信：实验胜过一切思辨。到18世纪下半叶以后，则在物理学、化学、生物等各领域，出现了实验科学的全面繁荣，并促进了诸如能量守恒和转化定律、电磁理论、化学原子能、氧化燃烧学说、细胞学说、人工合成有机物等一系列科学上的重大突破。所有这一切都表明，在近代科学的发展过程中，科学实验已逐渐从生产活动中分离出来，成了人类探索自然界奥秘的一项独立的、重要的实践活动。

(3) 自然科学已从经验科学变成了理论科学，不但在各个学科中逐步建立起严密的科学理论体系，而且各学科间的相互联系也已显露出来。

在近代自然科学经历的400年间，先是对自然事物分门别类地加以考察，将所得的大量的科学事实材料经整理和系统化，并作定量的数学分析，从而作出理论上的说明，形成各门学科自己的体系。在后来，由于出现两次生物学的理论综合（细胞理论的建立和进化论的建立）和三次物理学的理论综合（经典力学的建立，能量守恒原理的发现和电磁理论的建立），关于自然界普遍联系和变化、发展的观念已成了以实验科学为依据的结论，而这在古人的认识中曾只是一种天才和直觉的猜测。

### 三、现代自然科学

20世纪，自然科学进入了飞跃发展的崭新阶段——现代自然科学时期。这一时期的自然科学发生了一系列的革命，它在本质上比19世纪末以前有了更加丰富和更加深刻的内容。

到19世纪末，反映低速、宏观物体运动规律的牛顿力学已顺利地推广到了刚体和流体，热现象的理论已被概括在热力学和分子物理学之中，一切电磁现象已被总结为麦克斯韦方程组。加之物理学在科学和技术的各个领域都得到广泛的应用，并取得了巨大的成功，这时，许多人踌躇满志，认为一般物理现象都可以从相应的理论中得到阐释，物理学的理论已似乎最后完成，剩下的工作只是把一些物理常数测得更准确些，把一些基本规律应用到各种具体问题上而已。然而，就在他们陶醉于“尽善尽美”的境界时，却出乎意料之外地发生了经典物理学的危机：在19世纪的最后几十年，随着生产和实验技术的不断发展，人们发现了一系列用经典物理学无法解释的奇异自然现象和实验事实。在解决新的实验事实同旧理论之间矛盾的过程中，一些具有远见卓识的物理学家意识到，只有对原有物理学理论的基础进行根本性的变革不可，从而发生了20世纪的物理学革命。其中主要的是：电子和元素放射性的发现，打破了原子是不可分和永远不变的古老观念，从而提出了原子结构的新理论；在对电磁效应以及空间和时间关系的研究中，德国出生的犹太血统物理学家爱因斯坦（A. Einstein, 1879—1955）于1905年创立了狭义相对论，以后又把引力包括进去，于1915年创立了广义相对论；关于光电、黑体辐射的研究导致了量子论的建立，以后又由德国的海森伯（W. K. Heisenberg, 1901—1976）、奥地利的薛定谔（E. Schrödinger, 1887—1961）发展为量子力学。相对论否定了牛顿的绝对时空观，不仅深刻地揭示了作为物质存在形式的空间和时间在本质上的统一性，揭示了机械运动和电磁运动在运动上的统一性，揭示了物质和运动的统一性（爱因斯坦建立的著名 $E = mc^2$ 的能量质量关系公式，为原子核能的利用提供了理论基础），还揭示了时空、物质、运动和引力之间的统一性，使人们的认识从宏观低速的领域扩展到宏观高速的领域，是物理科学的第四次大综合。量子论促成了人们能量观念的变革，

认识到能量是连续与不连续的统一，是波动性与粒子性的统一，而把量子论引进到对原子结构的研究，则发现一切物质粒子都象光一样，既有波动的性质，也有粒子的性质，都表现为波动性和粒子性的对立统一，并由此建立起一套完整的量子力学体系，成功地揭示了微观粒子运动的基本规律，完成了物理科学的第五次大综合。

相对论和量子力学是现代物理的两大支柱，经过几十年的实践、认识、探索、物理学面貌已经有了根本性的变化。随着原子物理、分子物理、固体物理、核物理、粒子物理和天体物理等的相继诞生，人们所认识到的自然界范围，从空间上看，已远至约200亿光年<sup>①</sup>的宇宙天体，小至半径只有 $10^{-18}$ 米的基本粒子，从时间上看，已可观测到的时间尺度长的达到 $10^{10}$ 年（目前观测到的宇宙年龄），短的只有 $10^{-24}$ 秒（某些粒子的寿命）。自本世纪中期以来，由于原子能、电子计算机和空间技术的出现，开始了近现代科学技术史上的第三次技术革命，其内容之丰富、影响之深远，都远远超过前两次技术革命。现代物理学的发展和新的实验技术以及强大的技术装备的产生，有力地促进着自然科学及其它各部门的迅速发展。

X射线、放射性元素和电子的发现既拉开了物理学革命的序幕，也是现代化学发展的起点。19世纪的化学是以原子论为核心，以原子不可分为依据。它虽已取得很大的成就，但有些基本理论问题却并没得到解决，如元素的性质和原子量之间为什么会有周期关系，原子在分子中又是靠什么力量结合在一起的？20世纪原子结构理论和量子力学的建立，不仅用电子在原子中分布的模型，对化学元素周期律作出了理论的解释，而且由量子力学给出的原子中电子运动的规律，阐明了化学键的本质，并形成了现在还在不断发展的量子化学这门新学科，使化学的研究进入到了以电子化和量子化为特征的理论阶段。这样，在有机化学、高分子化学等化学学科分支的理论研究成果的基础上，20世纪的化学在给社会创造出一大批崭新的高分子材料（以合成纤维、合成橡胶和塑料三大合成材料为代表），为人类作出重大贡献之后，目前又在向“分子设计”进军。“分子设计”所要追求的目标，是希望在掌握物质微观结构与宏观性能间内在联系的基础上，通过理论计算，象设计房屋那样，根据人们的要求“设计”新分子、新材料和新品种，为科学技术的发展提供必要的物质基础。

在物理学、化学的影响下，20世纪的生物学出现了一场以分子生物学的诞生为主要标志的深刻革命。分子生物学是通过对生物体的主要物质，如蛋白质、核酸等生物大分子的结构和功能规律的研究，来探索生命现象本质的学科。自它从本世纪50年代出现以来，已取得了许多成果，其中最为引人注目是遗传密码的破译，即发现核酸（一种比细胞还小的生物大分子）是决定遗传的基本物质，遗传的实质是亲代的脱氧核糖核酸（DNA）把生物性状的特征密码（或称基因）复制在子代脱氧核糖核酸上，把遗传信息一代一代相传下去的过程。可以说，这是本世纪下半叶以来，自然科学的一次重大突破，它标志着生物学研究已由19世纪的细胞阶段进入到了分子水平的阶段，人类已敲开了生命科学的大门。由于分子生物学的飞跃发展，人们对基因的结构、功能及其活动规律有了相当深入的了解，从而在70年代出现了一项叫做遗传工程（或称基因工程）的新技术。这项新技术的作用是，用人工的方法把生物体内携带某种遗传信息的脱氧核糖核酸片断组入到另一生物体内，从而使后者获得前者生物体所具有的某种遗传特性，创造出新的生物。目前，遗传工程在工业、农业和医学的应用方面，都已取得了一系列惊人的突破。这一切表明，20世纪的生物学已起了革命性的变化，它的发展前途是无量的。

<sup>①</sup>光年是天文学上表示恒星间距离的单位，1光年就是光传播一年所走过的距离，大约是 $9.5 \times 10^{16}$ m。

总之，20世纪的自然科学发生了一系列的革命，其发展是一日千里，日新月异。除了上面已介绍的外，自本世纪中期以来，随着现代科学革命和技术革命的蓬勃兴起，不仅出现了诸如能源科学、材料科学、环境科学等综合性的科学技术部门，而且产生了系统论、控制论和信息论(简称“三论”)这样一些综合性的新型基础理论学科，从不同侧面揭示了客观物质世界的本质联系和运动规律，为现代科学技术的发展提供了新的概念和方法。目前，自然科学的各个领域还在继续向纵深和横向几个方面发展，基本粒子、天体演化、生命起源是现代自然科学的三大前沿阵地，正酝酿着新的重大突破，一个以微电子技术、电子计算机、光导纤维、生物工程、合成材料、空间技术、海洋开发等为标志的新技术革命正在兴起。我们看到，当代的自然科学出现了如下一些崭新的特点和发展趋势。

### (一) 整个自然科学已形成一个有机的统一体系

我们知道，自然界本来就是一个相互联系和相互影响着的整体。因此，作为关于自然界学问的自然科学，在整体上对自然界统一性反映的深度如何，就成为自然科学成熟程度的一个重要标志。古代科学在缺乏分科知识的情况下，把自然界作为整体考察，只达到一个笼统的、猜测性的说明。近代自然科学把自然界剖析开来分门别类的研究，形成了各门学科自己的理论体系，虽然已显露出了物质世界的统一性，但还是初步的。现代自然科学，则随着对自然界认识领域的扩大，在老学科不断分化，新学科不断产生的同时，出现了尤为明显的相互影响，广泛渗透的特点和高度综合发展的趋势，以致当今的自然科学已形成了一个门类繁多的庞大的科学技术体系。

据统计，现代自然科学约有2400多个分支。人们按其性质和作用，将它们分成基础科学、技术科学和专业技术三个大的部类。

基础科学的任务是，研究自然界各种物质运动形态的基本规律，物质的结构、特性等问题。现有数学、物理学、化学、生物学、天文学、地学六大基础学科。每一基础学科又包含有许多分支学科，分别在物质的不同层次上研究自然界。例如：物理学有凝聚态(包括固体、液体、气体、等离子体、辐射态)物理学、分子原子物理学、原子核物理学、基本粒子物理学等五个层次；生物学有分子、细胞、个体、群体等四个层次，而且，现在每个层次上的分支学科还产生了更深更细的分支学科，从而形成了纵深的体系。基础科学的这种高度分化表明，现代科学理论已深入到了物质世界的一个很广很深的领域，物质世界运动形式的多样性、物质层次和属性的特殊性，已不断地被人们所认识。另一方面，随着人们对自然的认识不断深化，对各种个别的和特殊的现象或过程之间的联系有了愈来愈深的理解，并且在一些本质问题上找到了共同的基础，这就导致了学科间的相互渗透，相互影响，从而产生了许多边缘学科。例如：在物理学与化学之间，出现了物理化学和化学物理学；在物理学与生物学之间，出现了生物物理和分子生物学；在化学与生物学之间，出现了生物化学和化学仿生学；类似地，还有天体物理、地质化学、宇宙生物学、生物地球化学等等。这种高度综合发展的局面表明，学科之间的空白已日益得到填补。加之，还出现了研究包含各个学科共同规律的“三论”，这就使现代的基础科学形成了一个前沿在不断扩大的多层次的、综合形态的科学体系。整个自然界作为统一体，也就在这个纵横交错的现代自然科学总体系中得到了反映。

基础科学理论研究的目的是揭示物质运动的基本规律，其作用在于深化人们对自然界客观规律的认识，指导实践，使我们更加能动地利用自然和改造自然，做自然界的主人。但