

自然科学概论

北京大学图书馆学系函授部



* 自然 科学 概 论 *

(初 稿)

徐克敏 庞景安 编



北京大学图书馆学系

函授部

1986 年 七 月

自然科学概论

	目次	页 数
第一章	自然科学概论	1 — 32
第二章	数 学	33 — 59
第三章	天 文 学	⑥60 — 92
第四章	物 理 学	93 — 140
第五章	化 学	141 — 188
第六章	地 学	189 — 233
第七章	生 物 学	234 — 294
第八章	综合性科学技术问题	295
	1. 环境科学	295 — 303
	2. 材料'和材料科学	304 — 309
	3. 海洋科学技术	310 — 324
	4. 空间科学技术	325 — 350
	5. 能源科学技术	351

⑥注 意：天文学部分的页码，因打印疏忽误为 54 — 86 页，
请改为 60 — 92 页，特予更正。

第一章 概 论

自然科学通常是指数学、天文学、物理学、化学、生物学和地学这六大学科，在我国又把它们统称为基础科学，其含意是这些学科是科学技术各个学科的基础，我们常说的基础研究也是指在上述六大领域中进行的科学研究工作。值得注意的是，1985年联合国教科文组织公布的学科分类目录，将基础科学分成七个大类，它们分别是：

1) 数学：代数学、几何学、运筹学、泛函分析、计算机科学、统计学、拓扑学等

2) 逻辑学：一般逻辑、归纳逻辑、演绎逻辑、逻辑的运用、方法论等

3) 天文学和天体物理学：宇宙学和宇宙起源学、天星学、射电天文学、太阳系等

4) 地球科学和空间科学：大气物理学、大地测量、水文学、海洋学、土地学、空间科学等

5) 物理学：声学、电磁学、电子学、核物理学等

6) 化学：无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、核化学等

7) 生命科学：动物学、自然人类学、生物化学、生物数学、生物测量学、生态学、遗传学等。

应当说，这个分类与我们对自然科学的划分基本是一致的，只是增加了一个逻辑学，它属于科学方法论的范畴。我们强调科学工作者努力学习自然辩证法，正是包含了方法论的问题，但我

们没有把逻辑学作为一门基础学科单独划分出来。

我们从以下几个方面对自然科学做一概括的介绍

(一) 自然科学的发生与发展。

自然科学是人类对于自然界的现象及其变化规律的反映，是关于自然界的完整的知识体系，同时也包含着方法论的内容。人类的这种认识成果直接来源于人类认识自然和改造自然的各种实践活动，它们不外乎两大类，一类是生产实践，一类是科学实验。这两种实践活动是自然科学的来源和赖以产生和发展的基础。此外，自然科学也来源于对自然现象的观察。

我们知道，人类社会的生存和发展首先要靠物质生产，所以生产实践乃是人类最基本的实践活动。它推动着人类去认识自然，并为认识自然提供了条件，提供了感性知识。例如，大约在五十万年以前，人类开始知道使用火。两万年前，知道驯养动物、栽培作物、烧制陶器、构筑简单的房屋，并通过观察植物的生长、河水汛期和星象位置的变化来掌握农作物种植的季节。这些都属于科学技术的萌芽，但它们又都是在人类生产活动的实践中取得的直观的经验认识。

古代的希腊是欧洲科学的中心，也是世界科学的主要发源地之一。它代表了奴隶社会科技发展的高峰。在公元前七世纪到公元前二世纪末，希腊出现了一批自然哲学家，他们冲破宗教迷信的束缚，自由探讨各种自然现象，提出了朴素的物质观——原始的元素说和原子论。如当时的亚里士多德，除在哲学上的成就外，

他在动物分类、解剖、胚胎发育方面都有贡献。欧几里得的《几何原本》则是当时科学的最高成就。其后，托勒玫的地心说和盖伦的医学体系可以说是古希腊天文学和医学成就的结晶。

我国作为古代文明中心之一，在科技方面与古希腊相比，虽然起点较低，但却有自己的特色，在许多方面超过了西方。李约瑟认为：“在公元三世纪到十三世纪之间，（中国）保持一个西方所望尘莫及的科学知识水平……中国的这些发明和发现往往远远超过同时代的欧洲，特别是十五世纪之前更是如此”。（李约瑟：《中国科学技术史》）中国的科学技术曾经在长达一千几百年间居于世界领先地位，可是近代的科学技术为什么没能在中国产生呢？这个问题是复杂的，有多方面的原因，但是比较一致的看法是，中国的小农经济和长期的封建统治，到了后期严重地束缚了生产力的发展，使资本主义的萌芽在中国无法发展，而西方近代科学却是随着资本主义的产生、发展而逐渐发展起来的。当然，中国封建统治者重农抑商、鄙薄技艺、尊经崇古，推行科举取士的制度，这些也都妨碍了中国经济和科技的发展。可见，社会生产力、社会制度以及思想能否冲破封建和宗教的禁锢，对于自然科学的发展起着决定性的影响。

整个自然科学和技术的发展可以划分为近代（十六—十九世纪）和现代（二十世纪）两大发展阶段。

近代自然科学是欧洲文艺复兴运动的产物，而这次运动正是冲破统治欧洲一千年的封建思想的束缚的一次伟大的思想解放运动。结束了不许人们独立思考，只许盲从迷信，把科学和知识沦为神学的奴仆的时代。因此近代自然科学的发展除了当时的生产技术（纺织、钟表制造、磨坊、染色、冶金、酿酒）条件外，思

想的解放也是一个重要因素。

近代自然科学虽然是继承了古代科学的成果发展起来的，但是二者却有质的不同。古代科学局限于对自然现象的描述、经验的总结和猜测性的思辨，而表达的形式则是直觉的和零散记述。而近代的科学（以物理学为代表）则是把系统的观察和实验与严密的逻辑体系结合在一起，形成以科学实验为依据的系统的科学理论。

科学和迷信是对立的，近代科学的出现直接动摇了封建统治的思想基础，所以近代科学的先驱者大多受到统治者的残酷迫害，哥白尼、布鲁诺、维萨留斯和伽利略都受到迫害、监禁，甚至处以火刑。但这一切均未能阻止科学的前进。

伽利略是近代科学的奠基者，他主张实验和观察是科学知识的泉源，同时也是检验理论的标绳。他用自制的望远镜观察天体，发现了许多天文现象，为哥白尼的地动说提供了有力的论据，他还做了许多物体运动的实验，然后用数学形式表述运动的规律。他把数学作为表述实验结果的工具，第一次将科学实验与数学结合起来，创立了一种新的科研方法。

十六、十七世纪是近代科学的建立时期，这时期物理学和天文学都达到了高峰，代表人物是刻卜勒和牛顿。此外，在数学（微积分的创立）、生物学（血液循环的发现和显微镜的发明）、化学（化学元素概念的提出）方面也都有了重大进展。

十八世纪六十年代美国的工业革命和八十年代法国的大革命对于自然科学的发展有着深远的影响。一方面这两次革命显示了科学对于社会的巨大作用，另一方面，社会生产的变革也为科学的进一步发展提供了物质基础。这时期的重要成就有：瓦特改进的

蒸汽机，这是人类发明用火之后在征服自然方面的又一伟大成就。之后，轮船（1807年）、火车（1814年）的出现给交通运输带来革命，于是炼钢和机械工业也得到极大的发展。到了十九世纪六十年代，一种比蒸汽机效率更高的动力机——内燃机问世了。但这两种机械的发明过程是不同的：蒸汽机的发明是先从工艺开始，然后才与科学原理相结合，而内燃机则先从科学实验入手，也就是说，1862年先从理论上提出构想，再进行实验，最后终于在理论的指导下，试制成功（1876年）。这说明生产实践和科学实验是科技创造的源泉，同时从社会角度也表明资产阶级夺取政权以后，一方面解放了生产力，另方面对科学采取保护和奖励政策，使科学更加迅速地发展。在以蒸汽机的广泛采用为标志的第一次技术革命不久，法国的大革命也使法国的科学面目一新，从此一跃而居世界领先地位近五十年。这次革命的中心内容是科学和民主，也就是一面宣传牛顿等人的科学知识，一面宣传自由、平等、民主。从那时到现在，尽管人类社会和人类文明都发生了极大的变化，但是历史的实践却证明了一点：科学和民主是社会发 展赖以发展的内在动力。我们社会主义国家的历史实践同样证明了这个论断的正确性。

十九世纪是科学技术全面发展的时期，英国科学家达尔文提出的生物进化的思想和麦克斯韦的电磁学理论是这时期自然科学最伟大的成就。达尔文的进化论从根本上推翻了统治生物学的“神创论”，使整个学术界为之一震，而自十九世纪七十年代开始的以电力的应用为标志的第二次技术革命则是电磁论建立的直接结果。这次技术革命不同于第一次蒸汽机的发明，不是来源于生产，而是来源于对电磁现象的研究，即来源于科学实验。因为，

在此之前，电现象和磁现象都是早已为人所熟知的自然现象，只是没有人能够把二者联系起来，这个问题是通过众多人的实验，最后由麦克斯韦于1864年用数学语言把这种关系表述出来而解决的。十九世纪七十年代先制造出发电机和电动机，八十年代又相继解决了远距离输电问题，同时，爱迪生发明了白炽电灯（1879年），使城市出现了现代化的照明，加上原先的电报（1837年发明）、电话（1876年发明），还有十九世纪末才出现的无线电技术，这样一些现代化的通讯工具，于是使人类进入了一个以电为动力，用电来照明和通讯的电力时代。当然，除电力外，这时期在炼钢和有机合成化学工业上也取得重要的进展。

总结十九世纪自然科学与技术的进步可以看出，科学对于社会生产和人类的生活产生了巨大的推动作用，科学对于生产明显地起着指导的作用，特别表现在电磁学对电力时代的诞生所起的作用上。其次，有些科学部门如生物学、地质学，已经开始从单纯记述经验上升为理论性的概括，形成一个相对独立的统一整体，从而建立了许多新的科学部门；另外，随着学术活动和国与国之间学术交流的开展，民族的隔阂打开了，科学思想、科学精神和科学方法得到广泛的传播。

自然科学进入现代阶段源于本世纪初，发生的物理学的革命，因为在麦克斯韦电磁学理论完成后，许多物理学家认为牛顿建立起来的物理学理论体系，即所谓古典物理学，已发展到完美的程度，后人充其量只能在细节上有所补充而已，不可能再有什么重大发现和突破了。然而，也恰巧正在此时，古典物理学面对黑体辐射现象无法做出解释，出现了危机。

于是普朗克提出了量子假说，认为物体在发射或吸收辐射时，能量的改变不是连续的，而是跳跃式的。坚持量子观点并将其加以推广的正是爱因斯坦，他提出光量子论，认为光同时具有波动性（连续的）和粒子性（不连续的）双重性。波粒二象性被认为是人类首次揭示出微观物质世界的最基本的特征。

爱因斯坦创立的相对论否定了牛顿的绝对时空观，把牛顿力学的理论作为一种特殊情况而概括在他的理论之内，从而揭示了物质、时间、空间、运动之间本质上的统一性。可以说，相对论既是原子内部微观物理学的基础，同时也是天体~~运~~物和宇宙学宏观世界的理论基础，是自然科学理论上的一次重大突破。

现代科学阶段在物理学上的一个基本特点是打破原子这个禁区，使人类的认识深入到原子内部的微观世界，证明原子不仅是可分的，也是可变的，是可以转化的，在这方面，本世纪初涌现了一批卓越的科学家，他们基本上是采用科学推理的方法，通过科学实验，逐步弄清了原子内部结构的奥秘，揭示了微观世界物质运动的基本规律，这就是物质波理论，证明电子以及一切物质粒子都和光一样，都具波粒二重性，表现了波粒二性的对立统一，形成逻辑上完整的量子力学体系。量子力学的建立不仅对于原子物理和分子物理的研究起了很大的推动作用，而且还在化学与物理之间，生物学与物理学之间建立了联系的通道。

从放射性的发现到原子能的利用先后经历了四十多年的历史，这是微观物理学研究的一项划时代的成果，因为在本世纪的五十年代前后，由于原子能（1942年）、电子计算机（1946年）和空间技术（1957年）的出现，揭开了人类第三次技术革命的帷幕，这是一次影响深远，涉及各个部门的一次技术革命，

它正在向深度和广度方向发展。值得提出的是，这次原子时代的到来，又一次证明科学研究走在生产的前面，对生产起着指导的作用。

本世纪五十年代以来，由于有现代技术的装备和现代物理理论的支援，化学、生物学、地学、天文学都有了进一步的发展，产生了大量的边缘科学和综合性科学，于是，自然科学正朝向整体化的方向发展，日益形成一个有机的统一整体，较深刻地揭示出各个不同层次的物质之间的统一性。

与其他学科相比，生物学在本世纪中取得的进展是最为惊人的了。由于实验手段和方法上的变化，特别是现代化学和物理学向生物学的渗透，使生物学的研究由细胞水平上升到分子水平。其中最为活跃的分支要算生物化学和遗传学。自从作为生命重要特征的遗传的本质被揭开之后，就象当年物理学革命那样，在生物学中引起一场革命。遗传工程的兴起，对于癌症及其他疑难病和遗传病病理的研究以及农作物新品种的培育都是这场生物学革命带来的影响。

这次技术革命都远比前两次革命的内容更加丰富，影响也一定更为深远。它除了涉及上述部门外，还包括微电子技术、自动控制、遥感技术、激光技术、海洋科学和合成材料科学等。

根据我们对自然科学发生发展的简单回顾，我们清楚看出，科学对于生产技术的指导作用。当前科学的应用往往直接导致全新工业的建立，例如原子核物理学的研究成果直接导致原子能工业的建立，同样，数理逻辑和电子学产生了现代计算机工业；固体物理和化学产生了半导体电子技术；材料科学、流体力学和电子学直接产生了空间技术。

（二）自然科学的性质和作用

首先，自然科学研究的对象是整个自然界，而自然界的现象和规律是客观存在，它不以任何人或任何阶级的意志为转移，在这一点上，自然科学与社会科学不同，它是没有阶级性的。我们在相当一段时期内，往往无端地给某种理论或某个学说，扣上“资产阶级”“反动”等政治帽子，这种做法不仅妨碍了我们向别人学习借鉴，而且也是一种无知的表现。其次，自然科学是全人类共同创造的精神财富，它本身是没有国界的，是可以和应该相互交流，相互学习。科学的成果应当共同享受，谁都可以利用，所不同的在于是不是善于利用以及利用它达到什么目的。第三，自然科学上的是非问题，属于学术问题，只能通过讨论和争论求得解决，不应从其他方面乱加干预，应当记住，政治上的民主和学术上的百家争鸣是科学繁荣的根本条件。第四，自然科学本身虽然是知识形态的东西，但是它的成果对于生产起着直接指导作用，因而历史上，资产阶级把科学技术成果掌握在自己手中，使生产力“以前所未闻的速度和前所未闻的规模发展起来了”（恩格斯：《反杜林论》）。所以，从本质上看，科学是一种生产力。它已经成为当前主要资本主义国家政治、经济实力的一个重要组成部分。第五，科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量。我们从前面的叙述可知，历史上的每一次重大的技术革命，它的先导都是自然科学上的某些重大突破引起的，但是，也应看到，科学并不会自然而然地发展起来的，它除了受生产水平的制约外，还需要一定的社会条件。例如国家对于科技人才能否采取保护、支持、奖励的措施，能否合理地调整发展科学技术的政策，如何处理好科学、技术、生产这三者之间的关系，不同的决策也产生

不同效果。

(三) 现代自然科学发展的特征和趋势

纵观科学发展的全部历史，我们会发现，有两种相互矛盾，相互对立的趋势贯串着历史的全过程，这就是：学科不断分化的趋势和不断综合的趋势。它们是对立的，但又是密切相连的，即相互联系和相互渗透，成为自然科学发展的一个重要方面。

我们知道，古代的自然科学是人们对自然界的一种直观的感性认识。因此，当时的科学只能从总体上把握自然界，例如，古代哲学家对物质世界构成的观点就是从整体上看待自然界的一种朴素的唯物论的观点（有代表性的如亚里斯多德的四元素说）。当时有关自然界的各种知识都包括在自然哲学之中，并没有形成对于自然界的分门别类的研究，这样，古代的自然科学实质上是一种直观的、感性的综合科学。

从十五世纪下半叶起，近代自然科学开始发生发展，于是，科学逐步分化的趋势就一直处于主导地位。为了便于认识和研究，完整的自然科学开始被分成多种学科，每个学科只研究自然界的某一个方面。这种分化到十九世纪上半叶已经达到相当细的程度，象力学、物理学、化学、生物学、地质学、天文学和数学等等都已形成。每个学科都可以互不联系地单独向前发展，而自然科学家的工作则是探索和认识自然界里一个小领域中的物质变化的个别情景和细小的特征。他们之间在方法、理论上彼此互不相通，没有联系。因此，根本不存在统一的自然科学图景。从十九世纪中叶开始，自然科学开始表现出各门类的学科有联合成整体的趋向，在发展中，综合的趋势日益明显，到上世纪末和本世纪初，自然科学的分化和综合都加速了步伐。而自那时开始的现代自然

科学，其发展的特点是既高度分化，又高度综合。到了本世纪五十年代，整个科学发展已是综合趋势占主导地位了。从这时起，自然科学在学科上虽然还在继续分化，但实际上它已是综合化的一种表现形式，因为新学科的不断涌现正在消除着各个学科之间传统的界限。人们对自然界的认识和研究日益采用多种学科的研究方法，即综合的认识形式。因此，各门学科之间的联系也更加密切了，这样，已经和正在分化的各门学科，再不是象过去那样，彼此孤立地存在着，而是成为统一的科学这个大整体其中的一个有机的部分。这就是现代自然科学的整体化趋势。

为什么会出现这种整体化的趋势呢？主要的原因是人们对自然界的认识已由宏观领域进入微观领域，对物质的认识已深入到分子、原子、基本粒子的微观层次。这样，自然科学的几个主要学科，象物理学、化学、生物学的研究对象，在本质上就相互联系起来了，例如，现代的分子生物学，已经从分子结构的角度把生命的基本过程与化学和物理学的变化与过程密切地联系起来。这样，科学家认识到物理学和化学中的许多规律在生命活动中也是正确和有效的，从而生命科学与非生命科学的研究工作汇合在一起。自然界统一的整体图景正展现在我们面前。

现代自然科学整体化趋势表明：一方面各门学科日益交叉渗透，形成一个统一的完整的科学体系，另一方面各学科之间正在形成共同的概念和方法，学者之间也有了越来越多的共同语言，我们经常看到，一门学科的成果往往可以很快地被移植到别的学科中去，促进并带动着其他学科的发展。各门学科也都是相互密切的联系中不断地向前发展。过去那种单科独进的发展方式已经越来越困难了。当前每个重大的科技课题都具有高度综合性的特

点，因此，必须综合运用多学科多门类的知识和技术才能解决。例如，美国1961年至1972年组织实施的载人登月工程——“阿波罗”计划，是世界航天史上具有划时代意义的一项成就，同时也是当今各个尖端学科，精密学科和复杂技术的高度综合体，这个计划的成功不仅实现了载人登月飞行和人对月球的实地考察，而且也为载人行星飞行和探测做了充分的技术准备。这是当今科学发展综合化、整体化趋势的生动证明。

我们以上简要地介绍了当今自然科学发展总的趋势，就是综合化、整体化，这反映了人类对自然界认识的全过程——由分到分，由分到合的两种矛盾趋势的辩证运动的全过程，也是一个否定之否定的过程。有了这个总的发展背景，我们就容易分析和理解现代科学发展的特征了。

现代自然科学在发展中显露出哪些特征呢？

1、边缘学科和综合学科的不断涌现，加深了学科间的渗透。

由于科学的不断分化和相近学科之间部分地融合，造成在基础学科的接壤区域，产生出一系列的边缘学科，如早期出现的物理化学、生物化学、地球化学，以及本世纪以来出现的化学物理、地球物理、天体物理、生物物理、化学仿生学、射电天文学、地质力学、生物力学、生物地球化学、宇宙生物学、宇宙化学等等。关于这类学科的存在，恩格斯早在上世纪七十年代在分析物质运动的各种形态及其相互转化的时候就曾预言到这一点，他认为，原有学科和邻接领域将是新学科的生长点。

应当指出，这些分化出来的边缘学科，不仅没有加深各门学科间的分离和差异，相反却使得各学科间的关系更加密切起来，并且填充了原来学科分割异立时造成的“无人区”。边缘学科逐

渐地不仅在相邻的学科之间产生，而且会在相差较远的学科或部门之间出现。但是它们有一个共同的特点，就是应用一门学科的理论或方法，去研究另外一门学科的对象，使不同的科学方法，与对象联系起来，使不同的理论和思想方法在同一的对象面前统一起来，结成有机的整体，这又是科学整体化的一种表现。例如，宇宙化学就是研究宇宙物质的化学组成及其演化规律的学科是天文学与化学的边缘科学，天体物理学则是利用物理学的技术，方法和理论，研究天体的形态、结构、化学组成、物理状态和演化规律的学科，而射电天文学则是通过观测天体的无线电波来研究天文现象的一门科学，由于采用了这种崭新的手段，才为天文学开拓了新的园地，六十年代四大天文发现（类星体、脉冲星、星际分子、微波背景辐射）都是通过射电天文的手段取得的，边缘学科对科学发展的作用由此可见一斑。

除了边缘学科之外，还出现了以特定的自然界的客体为对象，利用其他多种学科的理论和方法，对其进行研究的学科。大家熟知的环境科学就是一门新兴的综合性学科。环境科学是研究人类环境质量、环境保护以及如何改善环境的科学。它研究的领域不仅包括各种自然因素，也包括一些社会因素。它的理论来自生态学和地球化学，同时还利用生物学、物理学、化学、医学、地学、工程学等方面的理论和技术，对因人类活动引起的空气、水、土地、生物等环境污染问题进行系统的研究。经过二十多年的发展，目前，环境科学已成为含有环境化学、环境物理、污染生态学、污染土壤学、环境微生物学、环境地质学、大气环境科学、海洋环境科学、环境医学、环境工程等十多个分支学科的一门综合性科学了。那么，类似环境科学这样的综合学科还有哪些呢？如海

洋科学、空间科学、能源科学、材料科学、农业科学等。这类综合性学科的出现和迅速发展表明现代科学已由学科带头的阶段转入课题领先的阶段。

上述情况都表明学科之间相互渗透和相互交叉乃是当今科学发展的特点，也是发展的必然。但在学科渗透中，科学方法的借用或移植，一般是遵从运动形式由低级向高级的方向转移的规律的。

2、数学和数学方法的普遍应用，促使各学科朝定量的和精确化方向发展。客观事物及其运动形式，都有一定的空间形式和数量的规定性。自然事物有量的规定性，社会事物也同样有量的规定性。因此，任何一门学科都可以采用数学和数学方法。不过，由于数学是研究“抽象了事物的自然属性和社会属性之后的量的规定性”的科学，也就是说，它是一种抽象的科学。所以，只有当一门科学的抽象达到一定程度时，才具备运用数学的条件。而且如果现象越复杂，那么描述现象量的规定性的参数也越复杂，对它进行精确的量的分析也就越困难，不过随着各门科学和数学本身的进步，任何事物，任何现象（包括社会现象）都可以从量的角度予以阐明。

各门学科发展的规律告诉我们，开始大多是对事物进行定性的研究和了解，之后，随着认识的深入，才逐步研究事物量的规定性，进而找出规律，把人们的认识引入事物的本质。这样看，一门科学，只有当其充分运用了数学之后，才真正成为一门科学。现代科学已发展到这样的阶段，即不论自然科学、技术科学还是社会科学，都处于从定性描述向定量描述的过渡之中，也就是普遍处于不同程度的数学化的过程之中。当然，电子计算机的广泛