

高等教育 干部培训教学用书



现代 科学技术 简明教程

申先甲 李艳平 主编

申先甲 王士平 徐军齐 李艳平 编著

首都师范大学出版社



高等教育 干部培训教学用书

现代科学技术 简明教程

申先甲 李艳平 主编

申先甲 王士平 编著
徐军齐 李艳平

首都师范大学出版社

(京)新208号

图书在版编目 (CIP) 数据

现代科学技术简明教程/申先甲主编。-北京：首都师范大学出版社，1994.10

ISBN 7-81039-347-2

I. 现… II. 申… III. 现代科学-概论 IV. N1

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第02981号

首都师范大学出版社

(北京西三环北路105号	邮政编码100037)
北京昌平兴华印刷厂印刷	全国新华书店经销
1994年10月第1版	1994年10月第1次印刷
开本：850×1168 1/32	印 张：12.625
字数：319千	印 数：0,001—2,000册
定价：10.80元	

内 容 简 介

《现代科学技术简明教程》是为高等学校文理科学学生学习现代自然科学知识和为从事社会管理工作的各级干部了解现代科学技术发展的状况及前景而编写的一部通用简明教材。本书阐述了现代数学、物理学、化学、生物学、地学和天文学等各部门基础学科的最新知识，介绍了能源、空间、激光和电子计算机等现代技术的基本内容和开发前景，还对系统论、信息论和控制论等新兴综合性学科作了扼要的论述。这些内容对于读者概括了解飞速发展的现代科学技术的全貌，认识现代科技发展的巨大社会意义，是很有帮助的。在叙述上力求重点突出，条理清晰，深入浅出，通俗易懂。

本书可作为高等学校文理科和各类干部培训班“现代科学技术基本知识”课程的教材和参考书，也可作为大中学校师生、从事科技开发与经营管理的各类人员及一般读者的读物。

目 录

绪 论	(1)
第一章 数学	(15)
第一节 现代数学的进展及其主要特征	(15)
第二节 随机数学与模糊数学	(22)
第三节 数学在科学管理与决策中的应用	(30)
复习思考题	(38)
第二章 物理学	(40)
第一节 狭义相对论	(41)
第二节 广义相对论	(56)
第三节 量子理论	(64)
第四节 物质的微观结构	(76)
复习思考题	(87)
第三章 化学	(88)
第一节 化学运动与化学的分类	(88)
第二节 化学元素理论	(94)
第三节 现代化学的若干前沿领域	(99)
第四节 材料科学技术	(104)
复习思考题	(111)
第四章 生物学	(112)
第一节 生命的物质基础和生命的本质	(112)
第二节 生命的起源和生物的进化	(119)
第三节 遗传理论的发展	(126)
第四节 分子生物学的诞生	(131)
第五节 生物工程	(141)
复习思考题	(149)
第五章 地学	(150)

第一节 地球的基本状况·····	(150)
第二节 全球构造理论·····	(157)
第三节 地球资源的开发和利用·····	(164)
复习思考题·····	(170)
第六章 天文学 ·····	(172)
第一节 天文观测的新时代·····	(172)
第二节 现代天体演化理论·····	(177)
第三节 现代宇宙学简介·····	(190)
复习思考题·····	(201)
第七章 环境科学 ·····	(202)
第一节 环境科学的兴起·····	(202)
第二节 环境的组成和结构·····	(207)
第三节 自然环境的污染和影响·····	(210)
第四节 自然环境的保护和改善·····	(220)
复习思考题·····	(228)
第八章 能源科学技术 ·····	(230)
第一节 能源的利用和能源问题·····	(230)
第二节 原子能的利用·····	(236)
第三节 太阳能的利用·····	(245)
第四节 其它新能源的开发·····	(249)
复习思考题·····	(253)
第九章 空间科学技术 ·····	(254)
第一节 空间科学技术的产生和发展·····	(254)
第二节 空间飞行基本理论·····	(257)
第三节 空间科学技术的应用·····	(261)
第四节 空间技术的未来·····	(271)
复习思考题·····	(276)
第十章 激光科学技术 ·····	(277)
第一节 激光的产生·····	(277)

第二节	激光器和激光的特性	(283)
第三节	激光的应用	(288)
第四节	激光通信和光导纤维技术	(294)
	复习思考题	(300)
第十一章	电子计算机科学技术	(301)
第一节	电子计算机的类型和发展历史	(301)
第二节	电子计算机的工作原理	(306)
第三节	电子计算机的应用	(317)
第四节	人工智能	(322)
第五节	电子计算机与信息革命	(330)
	复习思考题	(337)
第十二章	系统论	(338)
第一节	系统	(338)
第二节	系统方法	(343)
第三节	系统方法的应用	(351)
	复习思考题	(354)
第十三章	信息论	(355)
第一节	信息	(355)
第二节	狭义信息论	(360)
第三节	信息科学	(366)
第四节	信息方法及其应用	(369)
	复习思考题	(373)
第十四章	控制论	(375)
第一节	控制论的几个基本概念	(375)
第二节	控制论中的功能模拟	(379)
第三节	系统的反馈控制	(383)
	复习思考题	(383)
后 记		(394)

结 论

一 科学、技术和自然科学

近几百年来，自然科学的产生和发展，以不同的方式和途径对社会的物质生产、经济体制、精神文明和社会制度产生着日益增长的影响，越来越引起人们广泛的重视。今天的自然科学已经渗透到社会生活的各个领域，成为社会这个大系统中一个极其重要的子系统。目前正在崛起的新的科学技术革命，必将大大改变全世界的未来面貌。所以，学习和掌握现代科学技术知识，了解自然科学发展的趋势与前景，是十分重要的。

什么是科学？这是一个非常复杂的问题，目前尚无一个公认的精确定义。一般地说，“科学”既包括反映自然、社会和思维的客观规律的知识体系，是人们实践经验的总结，同时也是认识世界的一种方式，即获得新知识的活动。从认识过程来看，科学是人类实践活动的一种特殊形式，是一种包含着创造性思维活动的特殊的智力活动，是对实践经验进行加工而生产知识的活动；从认识的结果来看，科学则是不断发展的人类的知识体系，是反映客观世界的本质和规律的系统化、理论化的知识的总和。所以，科学既是对未知世界进行探索的过程，同时也是探索的结果；既是知识的加工过程，又是其真理性由实践所检验了的知识的理论体系，科学是随着人类社会实践的发展而不断发展着的一个复杂的系统。科学劳动就是发现或利用自然规律、社会规律或思维规律来改造自然、改造社会的劳动，是创造知识并把知识有效地转化为生产力的劳动。作为科学劳动的主要形式的科学研究，就是创造、整理和修正知识的探索性工作，是追求客观真理、扩大人

类科学认识的工作。

科学和技术是既有联系又有区别的。技术的原意即“熟练”，熟能生巧，巧就是技术，是人类为实现社会需要而利用已有的科学知识和实际经验创造的手段的总和。它既包括满足社会需要的各种物质手段，如工具、机器、设备等；也包括运用各种物质手段以达到一定的社会目的的知识、技能和技巧，如操纵、控制和运用前述物质手段的方法。其它如进行预测、决策、评价和组织管理的方法也包括在广义的技术概念之中。所以，科学和技术是有区别的，科学的目的是通过智力的探索活动，揭示和认识客观世界的规律，其成果是产生科学知识；技术的目的则是设计和制造用于生产、战争、生活和管理等方面的工具和手段，对客观世界进行控制和改造。

近代以前的技术主要是在人类实践经验的基础上缓慢发展起来的，而现代技术则主要是科学发展的结果，现代科学和技术正在相互渗透、日益紧密地结合起来。广义地说，技术也可以包含在科学之中。现在人们常常把科学和技术作为同类的概念来应用。

自然科学是科学知识大厦中一个重要的基本组成部分，它是人类认识自然界的活动以及这种认识活动所产生的关于自然的知识体系。自然界中客观存在着的各类物体、物质的各个层次及其运动形式，都是自然科学的研究对象。这里所说的“自然界”既包括“天然”的自然界，如宇宙空间的各类天体、星际分子、宇宙射线、原始森林、野生动植物等；也包括被人们干预、加工制作过的自然物的总体的“人工”的自然界，如家畜、耕地、机器、人造卫星、合成纤维等。随着科学技术的发展和人类改造自然能力的增强，人工自然界的范围将不断扩大。当然，自然科学作为一个科学门类，是由数学、物理学、化学、生物学、天文学、地理学、材料科学、能源科学、空间科学、农业科学、医学科学等一系列具体学科组成的，每一门具体学科分别以自然界中某种特定的物质运动形式为其研究对象。自然科学所关注的只是自然界中

各种具体事物、现象和各个特定领域的本质和运动规律，并不是对自然界的整体的研究。人类是大自然中的一个组成部分，人类从产生的时候开始就处在不断认识自然与改造自然的实践活动之中，自然科学就是在这种实践活动中产生出来的。

二 自然科学的生产力功能

生产力是人类凭借和应用劳动资料作用于劳动对象而生产出物质资料的能力。人类在改造自然的生产活动中，一方面通过对自然规律的概括和对生产经验的总结而形成科学知识，另一方面又利用这种科学知识改进生产工具和提高劳动技能，从而提高改造自然和支配自然的能力。所以，科学技术是生产力的重要组成部分，属于生产力的范畴，而且是“第一生产力”；科学技术的发展水平，是社会生产力发展水平的重要标志。

同物质形态的生产力相区别，自然科学理论属于知识形态的生产力。它不象生产工具那样直接地被利用，而是渗透在生产力系统之中，通过教育和物化等一系列中间环节改变生产力诸要素的性质，才能转化为物质形态的生产力，使社会的生产力水平不断提高。机器大工业第一次把自然科学大规模地转化为直接生产力，使得生产过程成为科学过程。本世纪以来，由于现代科学技术体系的形成，大大加快了科学转化为生产力的进程，成为推动物质生产各个要素发展和变革的决定性因素，更充分地展示出科学技术的生产力功能。具体地说，科学技术的生产力功能主要表现在下述四个方面表现出来：

第一，通过教育的途径提高劳动者的科学技术知识水平，从而提高劳动者的劳动能力。

生产劳动是一种有目的的活动，是体力劳动和智力劳动的统一，而体力的增强和智力的发展，都与科学技术有关。不过，随着科学技术的发展，在生产劳动中对体力和智力的依赖程度也会变化。自然科学的发展，为保护劳动者的健康、延长劳动者的寿

命创造了愈来愈好的条件，这当然会提高劳动者的劳动能力；但是在现今社会中，劳动者的素质主要表现在知识水平的高低，要求智力或科学技术知识在生产中发挥愈来愈大的作用。一旦劳动者通过文化科学知识的学习和一定的训练，掌握了新的科学技术知识，熟悉了先进的工艺流程和操作方法，运用更为精巧的机器设备，充分行使起调节、控制和监督的职能，就会创造出更加丰富的物质资料。同时，越来越多的科学技术人员参加到劳动者的队伍中，也改变了劳动者的构成和素质，提高了生产过程“科学集约化”的程度。

第二，通过技术发明的途径来革新劳动资料。

劳动资料包括生产工具、机器设备和仪器仪表等，其中生产工具是生产中最活跃、最积极的因素，而生产工具的制造、改进和使用都同科学技术的发展有不可分割的联系，是自然科学知识的物化。历史的回顾表明，从石器到金属工具，从手工工具到机器，从蒸汽机到发电机和电动机，生产工具的根本变革无一不是以自然科学的突破为其背景和依据的。从本世纪初开始，特别是二次世界大战以来相对论、量子力学、数理逻辑、电子学、控制论、系统论、信息论等学科理论的发展和相应的技术部门的崛起，使电子数字计算机被广泛应用到生产中去，引起了机器功能的革命性变化，从根本上改变了生产的面貌。

第三，通过对自然物属性的认识的深化与扩展，扩大了劳动对象的范围和利用率。

劳动对象包括纳入生产过程的一切原材料和能源，而原材料和能源则是随着科学技术的发展而不断改变的。在科学技术水平低下的古代，人们只能利用容易得到的天然物品。随着化学、冶金技术和地质科学的发展，人们才发现和制造出各种金属材料和非金属材料。19世纪以来有机化学的发展，使人们得到了愈来愈多的人工合成材料，如塑料、合成橡胶和合成纤维等高分子材料以及一系列复合材料。现代材料科学的发展，还为人们提供了具

有特殊物理、化学特性的新材料。随着量子化学、凝聚态物理学和电子计算机技术的发展，使材料的研制达到了“分子设计”的水平，因而按照人们的需要设计制造特定性能和结构的材料已成为可能。相对论、量子力学和核物理的发展，使原子能愈来愈成为最重要的新能源。另外，自然科学的发展还将增加自然物中有用物的数量和用途，提高生产和消费过程中废料的重新利用，化害为利，变废为宝，实现对原材料的充分利用。

最后，科学管理也属于生产力的范畴。组织和管理是一切规模较大的共同劳动所要求的职能，也是一种生产力；这种生产力是由分工和协作的发展而创造出来的一种集体力。现代化的社会大生产，规模大、部门多、设备复杂；劳动者之间、部门之间、人和物之间、物和物之间的关系错综复杂，与社会（如市场）也有密切的联系，因而生产的组织管理的职能就更为重要了。而要实行科学管理，就要靠科学的理论、原理、方法和技术，科学技术可以使管理的手段、组织和方法更加先进，更为有效。例如，把电子计算机用于管理，就可以对生产活动的各个要素（人、物、财、机器、技术、情报、时间等）以及生产管理的内容（计划、组织、人员、指导、控制、协调等）和生产管理的目标（获得最佳的效益）三类信息进行处理。从而提高管理的自动化程度，加快决策速度，保证生产的进度和质量，提高劳动生产率。

三 现代科学技术发展的基本特点

现代科学技术通常是指第二次世界大战以来的科学技术。正确认识现代科学技术发展的特点，对于科学技术事业的加速发展是十分重要的。

第一，科学的整体化与技术的综合化。在自然科学基础理论的研究中，人们总是力求以少数几个简单明了的普遍原理来统一地描述和概括某一领域中繁纷复杂的自然现象；追求普遍性和统一性，从来就是推进科学理论发展的重要路标。现代自然科学发

展的明显趋势之一，就是在内容不断丰富扩展之中寻求理论的统一和整体化。

唯物辩证法指出，自然界的统一性在于它的物质性，这是自然界统一的客观基础，也是自然科学统一和整体化的客观依据。科学史表明，各门自然科学的发展过程就是各门自然科学基础理论趋于统一的过程。

科学的整体化是在科学的高度分化和高度综合这两种相互对立、相互联系的趋势中实现的。从科学发展的历史来看，在近代自然科学的早期发展中，学科的分化占主导地位，各门分支学科不断涌现出来；到目前为止，已形成了由两千多个学科组成的多层次、多分支的知识体系。在现代，分化与综合互相影响、互相促进，使各门学科之间绝对分明的界限日益消失，推动着自然科学整体化的进程。

科学理论的统一在技术上的表现就是技术的综合化。第二次世界大战以来，以电子计算机为代表的新技术革命的重要特点之一就是综合化。18世纪以蒸汽机为代表的技术革命和19世纪以发电机为代表的技术革命，都是以一项重大技术突破带动其它产业部门的发展，引起整个生产劳动状况的变革。而在现代技术革命中，新兴技术不是单项出现的，而是以新兴技术群的形式出现的，多项重大技术突破形成一个新的技术体系，同时作用于社会、经济、军事、教育和科学文化，促进了社会的科学化和科学的社会化。

这种新兴技术群是由物质生产过程中的基本技术组成的，包括人工合成的材料技术，原子能利用的能源技术，电子计算机利用的信息技术，生物工程的生物技术以及管理系统工程的管理技术等。它们的出现，使现代社会生产的整个技术基础发生了深刻的变化，引起了技术系统全部结构的变革，导致了生产力的飞跃发展。

第二，科学和技术的渗透与结合。在新的技术革命中，由于

技术的发展愈来愈复杂，离开科学理论的指导，是根本无法进行的。现代技术的发展，必须建立在科学的基础上，这使技术本身愈来愈带有实验科学的特点，趋于“技术的科学化”。众所周知，相对论和量子力学，就是一系列新技术如核技术，激光技术、电子技术、半导体技术的理论基础；分子生物学也广泛应用于酶的人工模拟、蛋白质的人工合成和遗传工程中。现在世界各国的许多工业研究实验室，并不直接从事于应用和开发研究，却完全从事于新的理论探索；在开始新的技术项目研究时，也常常从它所依据的科学原理开始；基础理论上的研究成果，也很快引起技术专家们的注视，努力探寻它们在技术上可能的应用。科学已经成为技术与生产发展的决定性因素。实际上，在一些尖端技术领域中，如原子能、空间技术、计算机、超导体等领域中，科学探索和技术研究之间已不存在什么清晰的界线。

同样，技术也在向科学渗透，不仅科学研究活动日益依赖于各种复杂精密的技术装备，使科学研究愈来愈带上工程技术的特点，趋向于“科学的技术化”，而且工程实践已经成为科学实验活动的一个重要组成部分。技术本身已经发展成为一门科学，即技术科学。战后出现的一系列新学科，如系统科学、信息科学、环境科学、材料科学、能源科学、空间科学、海洋科学、城市科学等，既是科学也是技术，是科学与技术结合的统一体。

科学与技术的日益结合，表现在越来越多的科研与生产联合体的建立，这种新型机构密切了科学与生产的联系，使科学研究成果能够更快地物化为社会劳动生产力，更充分地发挥出科学技术在认识自然、改造自然、推动社会发展中的巨大力量。

第三，科学技术研究进入国家规模，生产技术大型化和小型化并举。科学的发展趋于统一，技术的发展趋于综合，科学技术对社会的发展作用越来越大，从而越来越受到人们的重视。这使科学技术研究的组织管理体制发生了重大变化，进入了国家规模，呈现出“大科学”的特征。从第二次世界大战开始，为适应战争的

需要，德国和英国的科学研究工作首先进入国家规模，美国和苏联也迅速发挥国家规模的科研组织作用，由政府直接组织科学研究所、大学和公司进行国家级的重大科研项目的研制活动。

科学研究进入国家规模，是科学技术发展到目前阶段的必然产物。一方面是因为人类目前面临的许多影响到社会生产和人类发展的重大问题，如五六十年代的钢铁、化工、电子工业的发展，七八十年代的环境、城市、能源、生态等问题，都带有综合性，必须组织各方面的科学家和技术专家通力协作，全面发挥各个企业、公司的技术和生产能力才能解决；另一方面也只有进入国家规模，才能投入更多的资金，扩大科研队伍，为更快地推进科研速度，缩短从科研到实验生产应用的周期，更好地发挥科学研究的效果提供保证。目前工业发达国家的科研经费一般占国民经济总产值的2%以上，有的达到5—6%，并以每年15%的平均速度提高，增长的速度超过国民经济总产值的增长率的四五倍。由于政府十分重视科学技术事业与科学教育事业的发展，科研人员也急剧增长，大体上12年到15年翻一番。战后科研成果也大体上是10年到15年增长一倍。战前重大发明从科研成果到知识商品化的周期都在20—30年以上，而战后由于国家的直接推动，从理论研究、实验研究、应用研究到实际生产的过程大大缩短，连技术十分复杂的原子弹的研制从铀核裂变的发现到原子弹爆炸也只用了七年时间；激光器的研制只用了一年时间。所以，如何从增加科研经费，加强科技教育，扩大科技队伍，实行正确的科技政策，把本国仅有的科技力量组织起来，发挥最大的效用，是当今各国政府都十分重视的重大战略课题。

四 现代社会的科学化趋势

在马克思主义看来，“科学是一种在历史上起推动作用的革命的力量”。^①作为“知识形态的生产力”的自然科学，一旦转化

^① 《马克思恩格斯选集》，第三卷，第575页。

为直接的生产力，必将引起生产方式的内容和结构的变化，并最终导致社会性质的根本变革。

20世纪以来，相对论、量子力学、控制论、分子生物学等学科的创立，为现代科学技术的发展奠定了坚实的理论基础，开辟了第二次世界大战以来以原子能、电子计算机、航空航天、生物工程等现代技术为主要标志的新技术革命。人们认为，这次新技术革命的技术构成是由电子计算机、光纤通讯、微电子技术、激光、生物技术、新能源技术、新材料技术、机器人技术、海洋开发、航天技术等十项高技术组成的，其基础和核心是微电子技术和电子计算机技术。电子计算机与光纤通讯、卫星通讯的结合，又形成信息社会的技术基础。微电子技术、电子计算机与机器工业技术的结合而产生的机器人技术，将得到广泛应用。

这场新技术革命，不仅影响着每个国家的工农业生产和国防建设，而且影响到政治、经济、文化、教育、生活、思想、道德伦理和宗教信仰。科学知识和科学方法正在向社会生活的一切领域渗透，已经成为社会生活的重要组成部分和社会进步的强大杠杆。人们把这一发展态势称为“第三次浪潮”，“第四次工业革命”。西方一些社会学家宣称这场革命的后果将使工业化社会进入“后工业社会”、“超工业社会”或“信息社会”。

当前各国经济发展的一个重要特点是技术进步的作用日见增强，科学技术在经济增长中逐渐占据了主要地位。当代占主导地位的生产工具、工艺流程和管理体制，主要是以现代科学技术手段为基础而得以实现的。科学技术正创造着巨大的物质财富，产生出巨大的社会经济效益。据统计，在发达国家中，约有60—80%的经济增长是依靠技术进步取得的，远远超过了资本和劳动力的再扩大投入所产生的增长效益。在2万亿美元的世界贸易额中，高技术产品就占1/3以上。把科学技术进步作为经济发展的主要支柱和核心内容，已经成为一种世界性的普遍现象；利用科学技术振兴国家已成为各国的重要国策。下大功夫促进科学技术

的发展，大力提高科学研究与技术开发的费用在国民经济中的比重，已经成为许多国家的重要战略措施。

这场新技术革命也是一次新的产业革命，促使产业结构发生了新的深刻的变化。以往以技术革命为先导而引起的社会生产方式的变革，往往有相当长的孕育期；而这一次以新技术革命为导火线引起的传统产业的深刻变革和新兴产业的勃起，发展势头却十分迅猛，形成一股巨大的世界性浪潮。第二次世界大战以后工业发达国家的一个普遍趋势是，包括农、林、牧、渔的第一产业以及包括矿业、建筑业、钢铁业、制造业的第二产业的产值和就业人数，在整个国民经济中所占的比重相对下降，而金融、商贸、运输、通讯、科研、医疗卫生、文化教育等第三产业和第四产业，即服务业和信息产业的产值和就业人数急剧上升。

这场技术革命，一方面改变着传统工业部门的技术基础，一方面又促使一批知识密集型工业迅速崛起。例如在分子化学和化工技术基础上兴起的现代化学工业；在固体物理学和电子技术基础上兴起的电子工业；在空气动力学、工程热物理学、自动控制 and 材料科学基础上兴起的宇航工业；在核物理学和核化学基础上兴起的原子能工业；在数理逻辑、电子技术、计算技术和控制论基础上兴起的计算机工业，其它还有光导纤维、生物工程等，都得到了迅速的发展。这些工业部门的产品，凝聚着密集的科学知识，提高了其中智能和信息的比重，因而大大降低了材料、能源和劳力的消耗，带来了巨大的经济效益，被称为“朝阳工业”。与此相对应，另外一些传统工业，如钢铁、汽车、造船、橡胶等工业，则被称为“夕阳工业”。

在这一发展势头的推动下，科研成果被迅速推广使用，使得社会产品结构中的知识产品占有越来越大的比重，从而使科学研究活动上升为一种独立的知识产业，知识越来越成为生产力、竞争力、经济决策、经济成就和社会进步的关键和依据；并出现了提供科技知识服务的专门机构，如“科学设计公司”，“技术服务